

**PENGOLAHAN AIR TERPRODUKSI DENGAN
MENGUNAKAN KARBON AKTIF TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT MELALUI PROSES FILTRASI DAN
ADSORBSI**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

MUHAMMAD DERI

153210275



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Muhammad Deri
Npm : 153210275
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Pengolahan Air Terproduksi Dengan Menggunakan Karbon Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit Melalui Proses Filtrasi Dan Absorpsi.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

Dewan penguji

Pembimbing : Idham Khalid, ST., MT ()

Penguji I : Ir. H. Ali Musnal, MT ()

Penguji II : Richa Melysa, ST, MT. ()

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 11 Januari 2021

Disahkan oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK
PERMINYAKAN**

NOVIA RITA, ST., MT

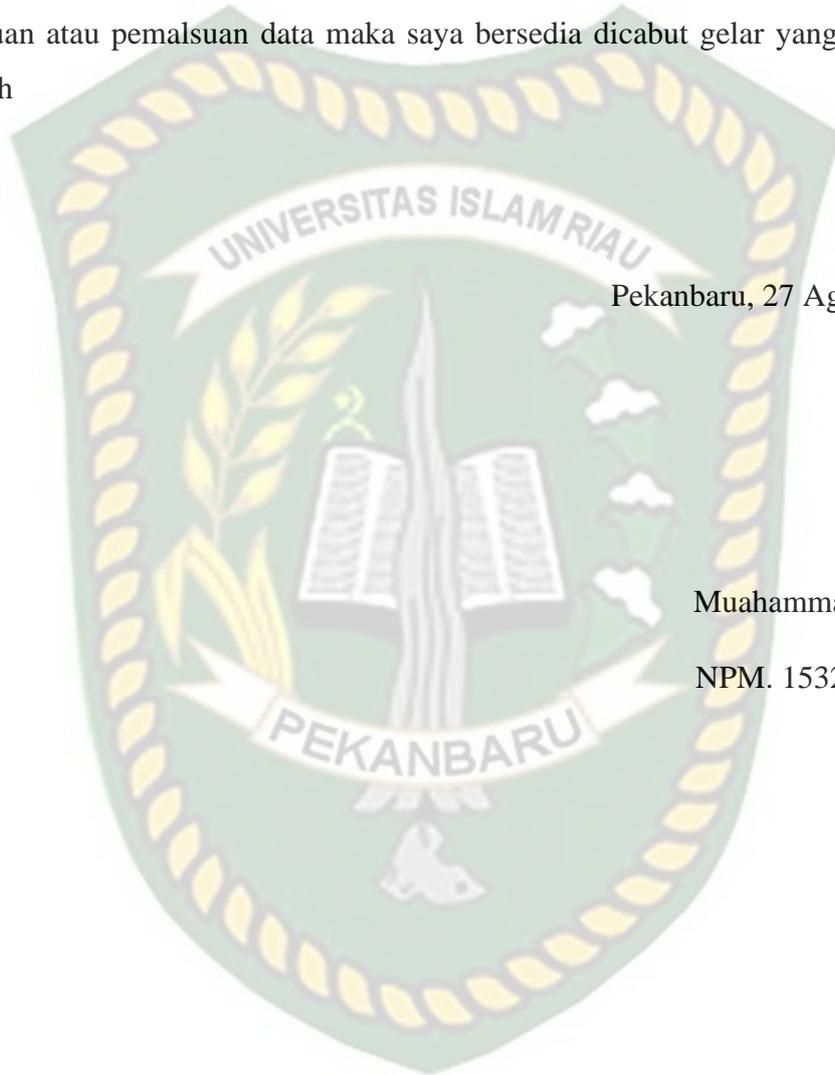
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh

Pekanbaru, 27 Agustus 2020

Muhammad Deri

NPM. 153210275



KATA PENGANTAR

Rasa syukur saya ucapkan kepada Allah Subhannahu wa Ta'ala karena atas rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik program studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama kuliah. Tanpa bantuan mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar sarjana teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Idham Khalid, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk memberi arahan maupun masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ketua Prodi Ibu Novia Rita S.T., M.T dan sekretaris program studi Bapak Tomi Erfando S.T., M.T serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan dukungan yang telah diberikan.
3. Ibu Novia Rita S.T., M.T selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, penyemangat selama menjalankan perkuliahan di Teknik Perminyakan.
4. Terima kasih kepada segenap dosen Teknik Perminyakan dan seluruh staff akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan kepada saya hingga bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua Amadius Mozart (papa) dan Rastita (mama), abang saya Achmad Dhani Syahputra dan adek saya Achmad Dzaky serta keluarga besar saya yang selalu menyemangati dan memberikan dukungan baik berupa moril maupun materil hingga saat ini.
6. Terimakasih kepada teman seperjuangan dikala suka maupun duka. Adhithia Rezky, Alvin Dwi Pangestu, Arief Fandy, Bardan Rahmatan, Bobby Ardi Yolanda, Intan Permata Bunda, Gika Meiwanda, M. Setriya Ramadhan, Muhammad Hidayat, Muhammad Ridho, Putra Deswanto,

Tengku Said, Sylfanny Anugratama, Veni Raffi Yanti, Wahid Aji Pangestu dan Yogi Andrika.

7. Terima kasih kepada seluruh teman-teman Teknik Perminyakan 2015 tekhhusus kelas B dan teman-teman angkatan 2015 yang telah memberi dukungan dan semangat kepada saya dan sama-sama yang telah berjuang dari pertama kuliah hingga sampai saat ini.
8. Terima kasih kepada pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Demikian ucapan terima kasih yang bisa saya sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu saya dalam melaksanakan dan menyelesaikan laporan skripsi. Saya menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, masukan dan saran sangat penulis harapkan untuk mencapai hasil laporan yang jauh lebih baik dan bermanfaat. Saya berharap bahwa skripsi ini bermanfaat bagi banyak orang.

Pekanbaru, 27 Agustus 2020

Muhammad Deri

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.3 MANFAAT PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>STATE OF THE ART</i>	5
2.2 KELAPA SAWIT	7
2.2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	8
2.2.2 Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	8
2.3 ARANG AKTIF (<i>CARBON ACTIVE</i>).....	9
2.4 ADSORPSI	12
2.5 AIR TERPRODUKSI (<i>PRODUCED WATER</i>).....	13
2.5.1 Karakteristik Air Terproduksi	15
2.5.2 Kandungan Air Terproduksi	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	17
3.2 METODOLOGI PENELITIAN	18
3.3 ALAT DAN BAHAN	18
3.3.1 Alat Penelitian	18

3.3.2	Bahan Penelitian.....	22
3.4	PROSEDUR PENELITIAN	22
3.4.1	Proses Pembuatan Karbon Aktif	22
3.5	TEMPAT PENELITIAN	24
3.6	TEMPAT PENGAMBILAN SAMPEL.....	24
3.7	JADWAL KEGIATAN	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4. 1.	PENGARUH PENGGUNAAN FILTER KARBON AKTIF TERHADAP AIR PRODUKSI.....	25
4. 1. 1.	<i>Oil and Grease</i>	26
4. 1. 2.	<i>Total Dissolve Solid (TDS)</i>	27
4. 1. 3.	<i>Power of Hydrogen (pH)</i>	28
4. 1. 4.	Salinitas	28
4. 1. 5.	<i>Turbidity (NTU)</i>	29
4. 1. 6.	Suhu	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		32
5. 1.	KESIMPULAN.....	32
5. 2.	SARAN.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....		34
LAMPIRAN.....		34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penentuan Waktu Kontak Terhadap Logam Merkuri Yang Terjerap	6
Tabel 2.2 Penentuan kesetimbangan massa adsorben terhadap penjerapan logam berat merkuri	7
Tabel 2.3 baku mutu limbah air kegiatan eksplorasi dan produksi migas.....	15
Tabel 2.4 Karakteristik Air Terproduksi (Tiana, 2015)	16
Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan	24
Tabel 4.1 Hasil keseluruhan pengujian pada <i>wash tank</i> dari sebelum proses filtrasi dan sesudah filtrasi dengan menggunakan media tandan kosong kelapa sawit	25
Tabel 4.2 Hasil pengujian <i>oil and grease</i> pada <i>wash tank</i> sebelum di filtrasi dan sesudah di filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit.....	26
Tabel 4.3 Hasil pengujian TDS pada wash tank saat sebelum proses filtrasi dan sesudah filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit	27
Tabel 4.4 Hasil pengujian pH sebelum proses filtrasi dan sesudah proses filtrasi dengan menggunakan media karbon aktif tandan kosong kelapa sawit.....	28
Tabel 4.5 Hasil pengujian salinitas pada saat sebelum proses filtrasi dan sesudah proses filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit.....	29
Tabel 4.6 Hasil pengujian <i>turbidity</i> pada sebelum proses filtrasi dan setelah proses filtrasi dengan menggunakan media tandan kosong kelapa sawit	29
Tabel 4.7 Hasil pengujian suhu air produksi sebelum proses filtrasi dan sesudah proses filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Wadah Tahan panas (Cawan Porselin).....	18
Gambar 3. 3 <i>Furnace</i>	18
Gambar 3. 4 <i>Sieve</i>	19
Gambar 3. 5 Timbangan Digital.....	19
Gambar 3. 6 <i>Cartridge Filters dan Housing Filters</i>	19
Gambar 3. 7 pH meter dan <i>Temperature</i>	20
Gambar 3. 8 Pompa.....	20
Gambar 3. 9 Bak Penampung.....	20
Gambar 3. 10 Botol Sampel.....	21
Gambar 3. 11 Rangkaian Alat.....	21
Gambar 3. 12 <i>Turbidity Meter</i>	21
Gambar 3. 13 <i>Shaker</i>	21
Gambar 3. 14 Corong Pemisah.....	22
Gambar 3. 15 Salinitas Meter.....	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Hasil Data Sampel Pengujian 34
Lampiran 2 Surat Pernyataan Keabsahan Data 35



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

TKKS	Tandan Kosong Kelapa Sawit
pH	<i>Power of Hydrogen</i>
TDS	<i>Total Dissolve Solid</i>
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
CPO	<i>Crude Palm Oil</i>
PKO	<i>Palm Kernel Oil</i>
PERMEN LH	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup
PERMENKES	Peraturan Menteri Kesehatan



DAFTAR SIMBOL

mg/g	mili gram per gram
m ² /gr	meter persegi per gram
gr	gram
nm	nanometer
Å	Amstrong
°C	derajat celcius
ml/g	mili gram per gram
mg/L	mili gram per liter
ppt	parts-per-thousand
ppm	parts-per-million



**PENGOLAHAN AIR TERPRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN
KARBON AKTIF TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MELALUI
PROSES FILTRASI DAN ADSORBSI**

MUHAMMAD DERI

153210275

ABSTRAK

Penggunaan karbon aktif tandan dari tandan kosong kelapa sawit yang berfungsi sebagai media filtrasi pada proses suatu air produksi. Dengan penggunaan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dapat membuat kadar air terproduksi semakin membaik dengan melakukan beberapa pengujian dari *Oil and grease*, *Total Dissolve Solid (TDS)*, *Power Of Hydrogen (pH)*, *Turbidity*, *Salinity*, dan Suhu.

Pada penelitian ini menggunakan metode *experiment* dan tahapan metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan studi literatur. Penelitian ini menggunakan karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit yang telah dilakukan aktivasi kimia dengan menggunakan larutan H_3PO_4 15%. Setelah dilakukannya aktivasi pada tandan kosong kelapa sawit kemudian dimasukkan kedalam *catridge filter* dan *housing filter*. Proses penelitian filtrasi karbon aktif tandan kosong kelapa sawit ini terbagi dari 3 rangkaian yang terdiri dari pasir silika, karbon aktif tandan kosong kelapa sawit, dan walnut yang kemdian dialirkan air produksi yang didapat dari *wash tank* dengan pengujian skala kecil.

Berdasarkan hasil pengujian dari suatu proses filtrasi dari karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dapat menurunkan beberapa dari pengujian yang dilakukan *Oil and grease* dari proses sebelum filtrasi sebesar 9 mg/L turun menjadi 6 mg/L pada saat sesudah proses filtrasi, kemudian *Total Dissolve Solid (TDS)* yang awalnya 1,300 mg/L turun menjadi 1,289 mg/L, lalu *Power of Hydrogen (pH)* yang semulanya 7,15 turun menjadi 6,89, kemudian salinitas yang sebelum proses filtrasi 1400 ppm turun menjadi 1300 ppm, lalu kemudian *Turbidity* yang pada awalnya 166 NTU turun menjadi 68,2 NTU, dan pengukuran Suhu yang awalnya 27,1°C meningkat sedikit menjadi 27,8°C.

Kata Kunci: Pasir Silika, Walnut, Karbon Aktif, Air Terproduksi

**PRODUCED WATER TREATMENT USING ACTIVATED CARBON PALM
OIL EMPTY BUNCHES THROUGH THE FILTRATION AND
ADSORPTION PROCESS**

MUHAMMAD DERI

153210275

ABSTRACT

The use of activated carbon from the empty bunch oil palm which functions as a filtration medium in the process of produced water. With the use of activated carbon, oil palm empty fruit bunches can make the produced water quality better by carrying out several test from oil and grease, total dissolve solid (TDS), power of hydrogen (pH), turbidity, salinity, and temperature.

This study used an experimental method, and the stages of the research method carried out is literature study. This research used activated carbon from the empty bunches of oil palm fruit which had been chemically activated 15% H_3PO_4 solution. After activating the empty oil palm fruit bunches, they were then put into the cartridge filter and housing filter. The research process for filtration of activated carbon for the empty bunch of oil palm empty fruit bunches, and walnuts, which then flow the produced water obtained from the was tank with small-scale testing.

Based on result, the test of filtration process of activated carbon of oil palm empty bunches can reduce slightly in the test carried out oil and grease from the pre-filtration by 9 mg/L down to 6 mg/L after filtration process, then total dissolve solid (TDS) which initially falls to 1,300 mg/L to 1,289 mg/L, then the power of hydrogen (pH) which is originally 7,15 decrease to 6,89. Then the salinity which was before the filtration 1400 ppt fall to 1300 ppt. Turbidity which is originally 166 NTU fall to 68,2 NTU, and the measurement the temperature that is originally 27,1°C increased slightly to 27,8°C.

Keywords: Silica Sand, Walnuts, Activated Carbon, Produced Water

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Operasi minyak dan gas lepas pantai menghasilkan berbagai macam limbah padat dan cair. Beberapa ini dihasilkan dalam kegiatan eksplorasi dan produksi (E&P) (limbah pengeboran, air yang dihasilkan, perawatan dan cairan *workover*) dan pasokan kapal, sementara yang lain disebabkan oleh kehadiran manusia (limbah sanitasi, limbah makanan) atau operasi generik (sampah, besi tua, cat yang digunakan dan pelarut). Limbah ini harus dibuang, daur ulang, atau dikelola (Scorzelli et al., 2015)

Karbon aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung selulosa tinggi, salah satunya tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang memiliki kandungan selulosa sebesar 45,95% sehingga TKKS dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Selain itu, ketersediaan bahan biomassa dari TKKS cukup berlimpah, pada tahun 2013 tercatat luas lahan sawit di Provinsi Riau sekitar 2,19 juta Ha. Persentase berat TKKS untuk setiap tandan buah segar sebesar 20-23% (Taer et al., 2016)

Pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit dapat menghasilkan beberapa jenis limbah, diantaranya yaitu tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Tandan kosong kelapa sawit yang tidak dapat tertanangi lagi bisa membuat bau busuk dan tempat bersarangnya lalat, kumbang, dan serangga yang dapat mencemari lingkungan dan menyebabkan bibit penyakit. Bagian utama yang terdapat pada limbah kelapa sawit terdiri dari liginin dan selulosa, sehingga dikenal dengan istilah lignoselulosa (Maslahat, 2019)

Karbon aktif yaitu karbon yang bebas dan mempunyai permukaan yang dalam (*internal surface*) sehingga memiliki daya serap yang bagus. Penyerapan karbon aktif ini tergantung pada beberapa komponen yang terdiri dari: hidrogen 0,6-7,8%, karbon yang bebas 85-95%, senyawa organik 0,04-0,45% dan senyawa anorganik 1,2-3,3% (Utomo, 2014).

Pembentukan dari karbon aktif merupakan sebuah proses penggabungan antara fisika dan kimia dengan melakukan perendaman aktivator dan melakukan pemanasan dengan melakukan injeksi nitrogen pada suhu yang tinggi dengan tujuan untuk menambah pori-pori dan membentuk porositas yang baru sehingga karbon aktif tersebut memiliki daya penyerapan yang tinggi. Karbon aktif dapat dipergunakan sebagai bahan obat-obatan, penjernihan air (pengolahan air), makanan, minuman, dan sebagainya. Hampir dari 70% bahan yang dihasilkan dari karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai pemurnian pada bagian minyak kelapa, kimia dan farmasi (Pambayun et al., 2013)

Karbon aktif merupakan suatu bahan kimia yang paling banyak digunakan pada suatu industri dengan menggunakan proses purifikasi dan absorpsi. Pemilihan suatu jenis dari aktivator sangat berpengaruh pada kualitas suatu karbon aktif. Ada beberapa jenis senyawa kimia yang selalu digunakan dalam industri pembuatan suatu karbon aktif dan diantaranya yaitu KOH, H₂SO₄, ZnCl₂, dan HCL. Beberapa jenis dari aktivator tersebut memberi pengaruh yang berbeda terhadap luas permukaan maupun volume pori-pori karbon aktif yang telah dihasilkan (Gumelar et al., 2015)

Pembuatan karbon aktif berbahan baku tandan kosong kelapa sawit telah dilakukan dengan menggunakan *activating agent* KOH dibawah aliran nitrogen murni selama 15 menit. Hasil yang diperoleh adalah karbon aktif adalah karbon aktif yang memiliki luas permukaan 807,54 m²/gram. Hasil ini menunjukkan bahwa dapat diperoleh karbon aktif yang memiliki kualitas setara karbon aktif baku batu bara dengan menggunakan tandan kelapa sawit (Rachmani, 2014)

Dalam industri pengolahan dari CPO (*Crude Palm Oil*) atau yang dikenal dengan istilah minyak kelapa sawit akan menghasilkan suatu limbah industri. Beberapa limbah tersebut digolongkan menjadi limbah padat, limbah cair, maupun limbah gas. Limbah padat terdiri dari tempurung kelapa sawit dan tandan kosong kelapa sawit. Limbah tempurung kelapa sawit merupakan salah satu dari limbah yang jumlahnya mencapai 60% dari PKO (*Palm Kernel Oil*) atau minyak inti. Tempurung dari kelapa sawit ini memiliki limbah yang berwarna hitam keabuan dan memiliki bentuk yang tidak beraturan serta memiliki kekerasan

cukup tinggi. Tandan kosong kelapa sawit memiliki kadar karbon sebesar 48,79% (Rachmani, 2014), sedangkan kadar karbon yang dihasilkan dari tempurung kelapa sebesar 76,32% (Budi et al., 2012) dan kadar karbon yang dihasilkan dari cangkang kelapa sawit sebesar 49,79% (Nasution & Limbong, 2019). Dari beberapa bahan baku di atas terdapat kadar karbon yang berbeda hasilnya, ini disebabkan karena tekstur dari tempurung kelapa memiliki tekstur yang keras dan sama dengan kayu, sedangkan tandan kosong kelapa sawit dan cangkang kelapa sawit memiliki tekstur yang berserat. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mencari suatu alternatif pemanfaatan dari limbah tempurung kelapa sawit untuk arang aktif serta menentukan waktu dan suhu pengarangan yang tepat sehingga dapat menghasilkan kualitas arang yang sangat baik (Purwanto, 2011)

Salah satu cara pengolahan air yaitu dengan teknik adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu proses pemisahan dimana komponen dari suatu *fluida* berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Adsorben merupakan suatu zat padat yang menyerap pada komponen dari suatu fase *fluida*. Pada umumnya adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi bergantung pada dinding-dinding pori atau memiliki letak tertentu didalam partikel tersebut (Rahmayani & Siswarni, 2013)

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan dari latar belakang penelitian ini, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui tingkat keberhasilan dan mengukur efektivitas penggunaan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dalam proses adsorpsi minyak terproduksi dari stasiun pengumpul minyak dan gas bumi.
2. Mengukur kualitas air terproduksi yang telah melalui proses filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian agar hasil dari permurnian dari limbah cair yaitu minyak terproduksi pada stasiun pengumpul minyak dapat menjadi suatu yang

bermanfaat untuk lingkungan sekitar lapangan produksi minyak dan mengurangi pencemaran yang terhasilkan dari kegiatan produksi sumur minyak

1.4 BATASAN MASALAH

Untuk mendapatkan hasil yang lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang dimaksud maka dalam penulisan hanya membatasi pada beberapa hal yang menyangkut tentang penggunaan karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit pada pengolahan limbah air formasi terproduksi pada sumur produksi minyak. Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data uji laboratorium maka penelitian ini hanya dibatasi pada beberapa hal yang mengenai :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada tingkat kesuksesan penggunaan karbon aktif dalam pengolahan limbah minyak terproduksi pada stasiun pengumpul produksi minyak dengan menggunakan tandan kosong kelapa sawit.
2. Proses karbonasi hanya dengan menggunakan metode pembakaran dan pengaktivasi karbon dengan aktivator secara kimia.
3. Sisi keekonomian dari penggunaan karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit tidak perhitungkan dan diterapkan langsung di lapangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sumber daya alam adalah sesuatu yang diciptakan oleh Allah SWT di muka bumi yang bisa dimanfaatkan oleh semua umat manusia agar seluruh kebutuhannya tercukupi dan sejahtera. Sebagaimana yang telah Allah SWT firmankan di dalam al-qur'an dalam surat Al-An'am ayat 41 yang artinya: "Dialah Allah yang menciptakan keanekaragaman flora sebagai sumber energi bagimu, manfaatkan secara wajar jangan dieksplorasi secara berlebihan. Tuhan sendiri tidak suka berlebihan." Dari arti surat diatas maka kita bias ambil kesimpulan bahwa kita harus bias memanfaatkan sumber daya alam yang telah diciptakan allah swt dengan sebaik-baiknya.

2.1 STATE OF THE ART

Penelitian mengenai pengolahan air terproduksi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit melalui proses filtrasi dan adsorpsi yang dijadikan fungsi untuk menganalisa pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan. Pada penelitian ini disertai beberapa jurnal yang ada berkaitan dengan penggunaan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dalam pengolahan air terproduksi, antara lain:

1. Berdasarkan penelitan dari (Gova & Oktasari, 2019) yang berjudul Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Logam Berat Merkuri (Hg) yang menjelaskan tentang Optimasi Waktu Kontak Logam Berat Merkuri (Hg) pada Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Optimasi Massa Adsorben Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Penyerapan Logam Berat Merkuri.
 - a. Pada Optimasi Waktu Kontak Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit merupakan salah satu parameter yang penting dalam melakukan suatu proses adsorpsi karena waktu interaksi yang cukup diperlukan arang aktif agar dapat mengadsorpsi logam secara optimal. Semakin lama waktu interaksi, maka semakin banyak logam yang teradsorpsi karena semakin banyak suatu partikel

arang aktif untuk bersinggungan dengan logam. Dalam hal ini proses adsorpsi dengan variasi waktu kontak logam merkuri dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Tabel 2. 1 Penentuan Waktu Kontak Terhadap Logam Merkuri Yang Terjerap

Waktu kontak (menit)	(Hg) teradsorp (mg/g adsorben)
10	599,958
50	599,879
100	599,875
150	599,881
200	599,889

Optimasi waktu adsorpsi logam suatu merkuri ditentukan dengan melakukan suatu variasi waktu kontak sebagai berikut: 10, 50, 100, 150, dan 200 menit. Waktu kontak yang divariasikan menunjukkan waktu yang dibutuhkan pada saat melakukan kesetimbangan adsorpsi dan untuk mengetahui adsorpsi arang aktif TKKS. Pada gambar 2.1 menunjukkan bahwa adsorpsi suatu logam merkuri yang terbaik didapatkan pada menit ke 10 dengan nilai penyerapan sebesar 599,958 mg/g, sedangkan pada waktu 50 hingga 200 menit tidak mengalami peningkatan penyerapan yang signifikan dikarenakan suatu adsorben telah mencapai titik jenuh yang tidak dapat mengadsorpsi suatu logam berat lagi. Pada penelitian ini waktu optimum terdapat pada waktu kontak pada 10 menit. Penurunan adsorpsi terjadi pada waktu kontak disebabkan karena pori dari arang aktif sudah terisi penuh sehingga permukaan arang aktif menjadi jenuh dan kemampuan adsorpsinya menurun.

- b. Pada Optimasi Massa Adsorben Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Penyerapan Logam Berat Merkuri (Hg), massa adsorben dari arang aktif tkks sangat berpengaruh pada proses penyerapan, karena

semakin banyak jumlah adsorben maka semakin meningkat jumlah pori sehingga logam berat merkuri akan semakin banyak terjerap. Dalam hal ini terdapat beberapa variasi massa adsorben tkks pada suatu proses adsorpsi logam merkuri dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Tabel 2. 2 Penentuan kesetimbangan massa adsorben terhadap penjerapan logam berat merkuri

Massa (gram)	(Hg) teradsorp (mg/g adsorben)
3	599,930
6	599,944
9	599,885
12	599,805
15	599,770

Optimasi suatu arang aktif tandan kosong kelapa sawit untuk menjerap logam merkuri ditentukan dengan beberapa variasi massa yang terdiri dari 3, 6, 9, 12, 15 gram dan pada gambar diatas maka ditentukan bahwa adanya suatu peningkatan adsorpsi dari massa 3 gram ke 6 gram terhadap logam merkuri. pada variasi massa dari 3 gram hingga 15 gram massa yang paling baik di dapatkan pada massa 6 gram dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 599,94 mg/g. tetapi pada massa 9 gram hingga 15 gram terjadi penurunan kapasitas adsorpsi dikarenakan kapasitas dari logam merkuri yang teradsorpsi telah mencapai kesetimbangan dan jumlah dari molekul logam berat merkuri sebagai adsorbat yang berikatan dengan adsorben semakin sedikit.

2.2 KELAPA SAWIT

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan sebuah tanaman dari hutan hujan tropis yang berasal dari daerah Afrika Barat yang terdiri dari daerah Pantai Gading, Nigeria, Sirea Lione, Angola, Togo, Kamerun, dan Kongo. Pohon kelapa sawit ditemukan oleh Nicholaas Jacquin pada tahun 1763. Hampir seluruh bagian

dari pohon kelapa sawit dapat dimanfaatkan untuk bahan kimia turunan, papan partikel, sumber energi, pembuatan *pulp*, dan bahan konstruksi (Ayustaningwarno, 2012)

Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar yang kedua di dunia setelah Malaysia. Pada industri pengolahan dari CPO (*Crude Palm Oil*) atau minyak kelapa sawit akan memperoleh sebuah limbah industri. Limbah industri tersebut digolongkan sebagai limbah cair, padat, dan gas. Limbah padat tersebut terdiri dari tempurung kelapa sawit dan tandan kosong kelapa sawit (Purwanto, 2011)

2.2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pengolahan industri dari sebuah kelapa sawit dapat menghasilkan limbah padat dengan jumlah yang sangat banyak. Beberapa jenis limbah padat yang dapat dihasilkan diantaranya yaitu cangkang kelapa sawit, sabut, tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dan lain-lain. Tandan kosong kelapa sawit merupakan sebuah limbah padat yang besar tetapi tidak mempunyai nilai keekonomisannya dan belum bisa dimanfaatkan dengan baik. Rata-rata produksi dari tandan kosong kelapa sawit berkisar diantara 22% sampai dengan 24% dari total berat tandan segar yang dapat diproduksi pada sebuah pabrik kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit memiliki komposisi kimia yang mengandung Liginin 22,60%, α -selulosa 45,80, Pentosan 25,90%, Holoselulosa 71,88%, Pektin 12,85%, abu 1,6%, dan memiliki kelarutan dalam dari 1% NaOH 19,50%, Air dingin 13,89%, Air panas 2,50%, serta Alkohol-benzen 4,20%. Sehingga dapat kita bayangkan bahwa tandan kosong kelapa sawit yaitu memiliki kumpulan jutaan serat organik yang dapat dimanfaatkan pada dunia industri (Gaol et al., 2013)

2.2.2 Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Komponen utama dari kelapa sawit adalah liginin dan selulosa, sehingga limbah dari kelapa sawit disebut sebagai limbah lignoselulosa. Selulosa ialah senyawa karbon yang memiliki lebih dari 1000 unit glukosa yang terikan dengan ikatan beta 1,4 glikosida. Sedangkan liginin merupakan sebuah komponen dari limbah tandan kosong kelapa sawit yang relatif sulit untuk didegradasi. Senyawa

ini merupakan senyawa polimer struktural yang berasosiasi dengan hemiselulosa dan selulosa (Widiastuti, 2016)

Tandan kosong kelapa sawit memiliki beberapa kandungan-kandungan holoselulosa yang cukup baik yaitu mencapai 65,45% dengan selulosa sebesar 38,76% dan hemiselulosa sebesar 38,76% dan hemiselulosa sebesar 26,69%. Holoselulosa ialah bagian dari sebuah serat yang babas terdiri dari zat ekstraktif dan liginin. Kadar liginin yang terdapat pada tandan kosong kelapa sawit yaitu sebesar 22,23% (Zuidar et al., 2014)

2.3 ARANG AKTIF (*CARBON ACTIVE*)

Karbon aktif ialah suatu karbon *amorf* yang terdiri dari pelat-pelat datar yang disusun dengan suatu atom-atom C yang telah terikat secara kovalen dengan suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C dan disetiap sudutnya memiliki luas permukaan berkisar antara 300 m²/g sampai dengan 3500 m²/g dan bisa berhubungan dengan struktur pori internal yang memiliki sifat adsorben. Proses suatu aktivasi merupakan salah satu perlakuan terhadap arang aktif yang memiliki tujuan untuk memperbesar suatu pori-pori yaitu dengan cara mengoksidasi suatu molekul-molekul permukaan atau memecahkan suatu ikatan hidrokarbon sehingga arang aktif tersebut mengalami perubahan sifat, baik sifat kimia maupun sifat fisika yang memiliki luas permukaannya bertambah banyak dan memiliki pengaruh terhadap daya adsorpsi (Hartanto & Ratnawati, 2010)

Industri pembuatan suatu karbon aktif di Indonesia telah mengalami kemajuan yang sangat signifikan dan cukup pesat. Hal ini disebabkan karena semakin meningkatnya suatu permintaan pasar, baik yang dari dalam negeri maupun yang untuk dikirim keluar negeri (ekspor). Peningkatan kebutuhan dari karbon aktif ini dikarenakan banyaknya suatu aplikasi karbon aktif bagi industri dan berbagai alat bantu untuk manusia. Karbon aktif dapat dimanfaatkan untuk berbagai industri diantaranya yaitu, makanan, minuman, pengolahan air, industri obat-obatan, dan lain-lain. Hampir dari 70% produk dari karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai farmasi, kimia, dan untuk pemurnian pada sektor minyak kelapa sawit (Pambayun et al., 2013)

Karbon aktif ialah salah satu padatan berpori dengan memiliki kandungan karbon sekitar 85-95% yang dihasilkan dari bahan-bahan mengandung karbon dengan pemanasan suhu yang sangat tinggi dan dengan menggunakan uap air, gas, dan bahan-bahan kimia hingga pori-porinya tetap terbuka. Karbon aktif merupakan suatu absorben yang sangat baik dan banyak digunakan karena luas permukaannya dan volume mikroporinya yang sangat besar dan sangat mudah diregenerasi, dengan demikian daya adsorbsinya menjadi lebih tinggi terhadap zat bau dan zat warna (Maulinda et al., 2017)

Arang aktif atau karbon aktif yang telah dihasilkan melalui proses karbonisasi bahan baku, sebagian hidrokarbonnya masih tertutup oleh pori-porinya, komponen lain seperti air nitrogen, sulfur, dan abu tersebut memiliki keaktifan dan daya serapnya yang rendah. Pada saat pengaktifan daya serap arang aktif, bahan yang sudah didapatkan dapat kita ubah menjadi arang aktif melalui suatu proses aktivasi, dan pada prinsipnya arang aktif dapat dibuat dengan berbagai cara, yaitu secara fisika dan kimia. Kualitas dari arang aktif yang telah dihasilkan sangat bergantung dari bahan baku yang telah digunakan dari suhu, cara pengaktifan, dan bahan pengaktifannya (Lempang, 2014)

Menurut (Lempang, 2014), arang aktif memiliki ukuran pori berkisar antara 10 Å hingga lebih besar dari 250 Å, dan ukuran pori dari arang aktif tersebut dibagi menjadi 3 bagian:

1. Makropori

Berukuran diameter lebih besar dari 250 Å atau 25 nm dengan volume 0,8 ml/g dan memiliki permukaan spesifik diantara 0,5-2 m²/g

2. Mesopori

Berukuran diameter berkisar diantara 50-250 Å atau 5-25 nm dengan volume 0,1 ml/g dan memiliki permukaan spesifik diantara 20-70 m²/g

3. Mikropori

Berukuran diameter lebih kecil dari 50 Å atau 5 nm.

Pada umumnya, ada beberapa jenis karbon aktif yakni karbon aktif fasa gas dan karbon aktif fasa cair. Karbon aktif fasa gas dihasilkan dari suatu material dengan berat jenis yang tinggi, sedangkan karbon aktif fasa cair yang dihasilkan

dari material dengan berat jenis yang rendah. Seperti halnya arang bambu kuning yang memiliki bentuk butiran (*powder*) dan rapuh (mudah hancur), memiliki kadar abu yang tinggi berupa silika dan umumnya bisa digunakan untuk menghilangkan rasa, warna, bau, dan kontaminan organiknya (Ramdja et al., 2008)

Secara umum, terdapat 3 tahapan pembuatan arang aktif atau karbon aktif, yaitu:

1. Proses Dehidrasi

Suatu proses penghilangan air yang terdapat pada bahan baku. Bahan baku tersebut dipanaskan hingga mencapai suhu temperatur 170°C.

2. Proses Karbonisasi

Suatu proses pembakaran yang terdapat pada bahan baku dengan menggunakan udara yang sangat terbatas dan memiliki temperatur udara diantara 300°C. hingga mencapai 900°C. sesuai dengan tingkat kekerasan bahan baku yang telah digunakan.

3. Proses aktivasi

Proses aktivasi dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

- a. Proses Aktivasi Kimia

Pada proses aktivasi kimia ini merujuk kepada penyertaan bahan-bahan kimia dengan reagen pengaktifannya. Pada saat melakukan pemanasan, senyawa kontaminan yang berada di dalam pori menjadi sangat mudah untuk terlepas. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan aktif yang bertambah besar dan dapat meningkatkan daya serap karbon aktif.

- b. Proses Aktivasi Fisika

Pada proses aktivasi fisika ini, karbon aktif biasanya dipanaskan terlebih dahulu kedalam *furnace* pada temperatur suhu 800 hingga 900°C. Ada beberapa bahan baku yang lebih mudah untuk diaktivasi dan diklorinasi terlebih dahulu. Selanjutnya melanjutkan tahap karbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang telah terklorinasi sehingga melakukan pengaktifasian dengan uap.

Pada penelitian yang saya lakukan, pembuatan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit menggunakan aktivasi secara kimia, bahan kimia yang di gunakan sebagai aktivator adalah H_3PO_4 . Adapun reaksi kimia yang terjadi yaitu, $10\text{C} + 4\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 10\text{CO} + \text{P}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$.

2.4 ADSORPSI

Adsorpsi merupakan salah satu cara efektif untuk menyerap kandungan berbahaya yang terdapat pada limbah cair dan sering dilakukan dalam proses penanganan limbah cair industri (Haura et al., 2017). Suatu karbon aktif mempunyai sifat penting yaitu adsorpsi atau daya serap. Adsorpsi ialah suatu peristiwa kimia atau fisika terhadap permukaan yang dipengaruhi dengan suatu reaksi kimia diantara zat terserap dan zat penyerap. Beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap yaitu jumlah serapan, pH, temperatur, sifat adsorben, waktu, dan tingkat keasaman. Pada umumnya untuk mengetahui daya serap suatu karbon aktif terhadap larutan dapat dilihat berdasarkan daya serapnya terhadap larutan iodin atau bilangan iodin terhadap daya serap larutan metilen biru (Noer et al., 2014)

Menurut (Auliah, 2012) adsorpsi ialah suatu peristiwa penyerapan zat pada permukaan zat lain. Zat yang dapat diserap disebut dengan adsorbat (fase terserap), sedangkan zat yang dapat menyerap disebut adsorber. Berdasarkan pada interaksi yang terjadi diantara adsorbat dengan adsorber. Adsorpsi dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

1. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia dapat disebabkan karena adanya suatu reaksi antara absorber dengan zat yang terserap. Lapisan suatu molekul terhadap absorber hanya terdapat satu lapis dan panas dari suatu adsorpsi yang dapat menyertai adsorpsi kimia relative cukup tinggi. Adsorpsi ini pada umumnya terjadi secara *irreversible*.

2. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika dapat disebabkan oleh gaya Van Der Walls yang terdapat pada permukaan adsorben. Panas dari adsropsi biasanya lebih rendah dan

lapisan yang terjadi pada suatu permukaan adsorben dan biasanya lebih dari satu molekul.

3. Adsorpsi Pertukaran

Adsorpsi pertukaran ialah suatu adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya tarik listrik antara permukaan adsorben dan adsorbat. Adsorpsi pertukaran anion dan pertukaran kation termasuk pada kelompok ini. Adsorpsi pertukaran ini bersifat selektif, karena yang diadsorpsi oleh adsorber bergantung pada konsentrasi zat terlarut.

Adsorpsi adalah termasuk salah satu alternatif untuk mengatasi pencemaran udara. Langkah utama untuk mendapatkan suatu proses adsorpsi yang sangat efektif adalah dengan cara memilih adsorben yang memiliki kapasitas dan selektivitas yang tinggi sehingga bisa digunakan secara berulang-ulang. Salah satu adsorben yang paling sering digunakan ialah karbon aktif (Holle et al., 2013)

2.5 AIR TERPRODUKSI (*PRODUCED WATER*)

Air terproduksi merupakan hasil sekunder dari proses separasi di dalam industri migas. Pada keadaan normal minyak dan air tidak saling menyatu, tetapi pada kondisi tertentu minyak dan air menyatu menjadi satu fasa, maka kondisi ini disebut sebagai emulsi. Jika emulsi terbentuk maka dapat mempengaruhi kualitas dari suatu air yang sudah di produksi. Pada proses produksi minyak bumi, emulsi adalah salah satu tantangan yang harus dihadapi (Erfando et al., 2013). Pada penelitian yang saya lakukan, saya menggunakan filtrasi air terproduksi secara adsorpsi komponen organik terlarut dengan karbon aktif. Jumlah limbah air terproduksi cukup banyak karena pada saat proses pengambilan minyak mentah dan gas alam dari dasar bumi, komposisi antara air dan minyak bumi atau gas alam lebih besar komposisi airnya. Air terproduksi berpotensi mengandung zat bersifat toksik dan masih banyak mengandung minyak-lemak, senyawa-senyawa hidrokarbon (PAH), logam berat, klorida dan anion-anion, senyawa fenol, senyawa ammonia, dan lain-lain. Air terproduksi dapat diolah melalui berbagai metode baik secara fisika, kimia maupun biologi (Dwimerti & Handajani, 2010)

Pada air terproduksi banyak mengandung zat berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup, beberapa zat berbahaya tersebut yaitu, Benzene, toluene, etilbenzena, xylen, ammonia, phenol dan merkuri (Safitri & Aryanti, 2013). Sebagai produk sampingan, air terproduksi yang dihasilkan biasanya diolah dengan *water disposal treatment* berupa injeksi air atau instalasi pengolahan sebelum dibuang ke badan air. Pengolahan kimia dan fisika seringkali masih menyisakan lapisan minyak, warna dan bau pada efluen sehingga diperlukan instalasi pengolahan air limbah yang mampu menyisihkan parameter-parameter buangan air terproduksi (Dwimerti & Handajani, 2010)

Limbah dari suatu eksplorasi minyak dan gas bumi disebut sebagai *produced water* (air terproduksi) yang memiliki sebuah kandungan organik dan anorganik yang bisa berpotensi sebagai limbah B3 (Bahan beracun dan berbahaya) yang sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia dan pencemaran lingkungan. Pada saat melakukan kegiatan eksploitasi, 80 juta barrel/hari suatu minyak mentah akan menghasilkan sekitar 250 juta barrel/hari *produced water* (air terproduksi) dengan kadar COD 1220 mg/L, ammonia 10-300 mg/L, phenol 0,009-32 mg/L, dan sulfide terlarut 2 mg/L (Safitri & Aryanti, 2013)

Minyak adalah sumber utama energi dan pendapatan bagi berbagai negara saat ini, dan produksinya telah menjadi salah satu kegiatan industri yang paling penting dalam abad ke-21 ini. Permintaan dunia akan minyak pun semakin lama semakin meningkat. Namun, minyak diproduksi dengan volume limbah yang besar dan 80% dari limbah cair yang dihasilkan adalah air, yang disebut sebagai air terproduksi (*produced water*) (Ivory, 2015)

Menurut peraturan Menteri negara lingkungan hidup republik Indonesia nomor 19 tahun 2010 baku mutu air limbah dari kegiatan minyak dan gas bumi memiliki kadar maksimum yang telah ditetapkan. Berikut standar baku mutu air limbah pada kegiatan minyak dan gas bumi:

Tabel 2. 3 baku mutu limbah air kegiatan eksplorasi dan produksi migas

No	Jenis air limbah	parameter	Kadar maksimum
1	Air Terproduksi	minyak	25 mg/L
2		pH	6 – 9
3		Temperatur	45°C

Menurut (Ivory, 2015), perusahaan *oil and gas* melakukan hal-hal berikut dalam penanganan air terproduksi:

1. Menghindari produksi air
Air dihalangi dengan gel polimer atau lubang pemisah air, tetapi cara ini tidak selalu digunakan.
2. Diinjeksi ke formasi
Air terproduksi dapat kembali diinjeksikan keformasi asalnya atau formasi lain.
3. Dilepaskan ke lingkungan
Air terproduksi dapat dibuang ke lingkungan dengan syarat air tersebut memenuhi persyaratan sesuai aturan yang berlaku.
4. Penggunaan ulang dalam industri perminyakan
Air terproduksi akan diolah terlebih dahulu sehingga dapat digunakan untuk pengeboran dan operasi lainnya dalam industri perminyakan.
5. Pemanfaatan air terproduksi
Air terproduksi dapat digunakan untuk irigasi, untuk dikonsumsi hewan liar, dipakai sebagai air untuk industri, dan bahkan sebagai air minum. Namun, pemanfaatan ini harus melibatkan penanganan signifikan pada air terproduksi.

2.5.1 Karakteristik Air Terproduksi

Karakteristik dari air terproduksi bergantung pada sumbernya, bahan kimia, dan kondisi operasi yang digunakan pada saat melakukan proses pengolahan minyak atau gas alam, serta bentuk keadaan geologi yang dilalui oleh air terproduksi. Air terproduksi dari suatu proses pengolahan minyak dapat mengandung air laut atau air tanah yang dapat diinjeksikan untuk menjaga suatu

tekanan *resservoir* dan menjaga kandungan dari suatu partikel solid dan bakteri. Air terproduksi juga mengandung suatu senyawa kimia yang dapat digunakan pada saat melakukan proses pengeboran dan proses produksi serta melakukan proses pemisahan suatu air dan minyak (Tiana, 2015)

Komponen utama yang terdapat pada air terproduksi yaitu sebagai berikut.

1. Senyawa kimia dari proses produksi.
2. Padatan dari suatu proses produksi.
3. Komponen minyak terdispersi dan terlarut.
4. Gas terlarut.
5. Mineral terlarut.

2.5.2 Kandungan Air Terproduksi

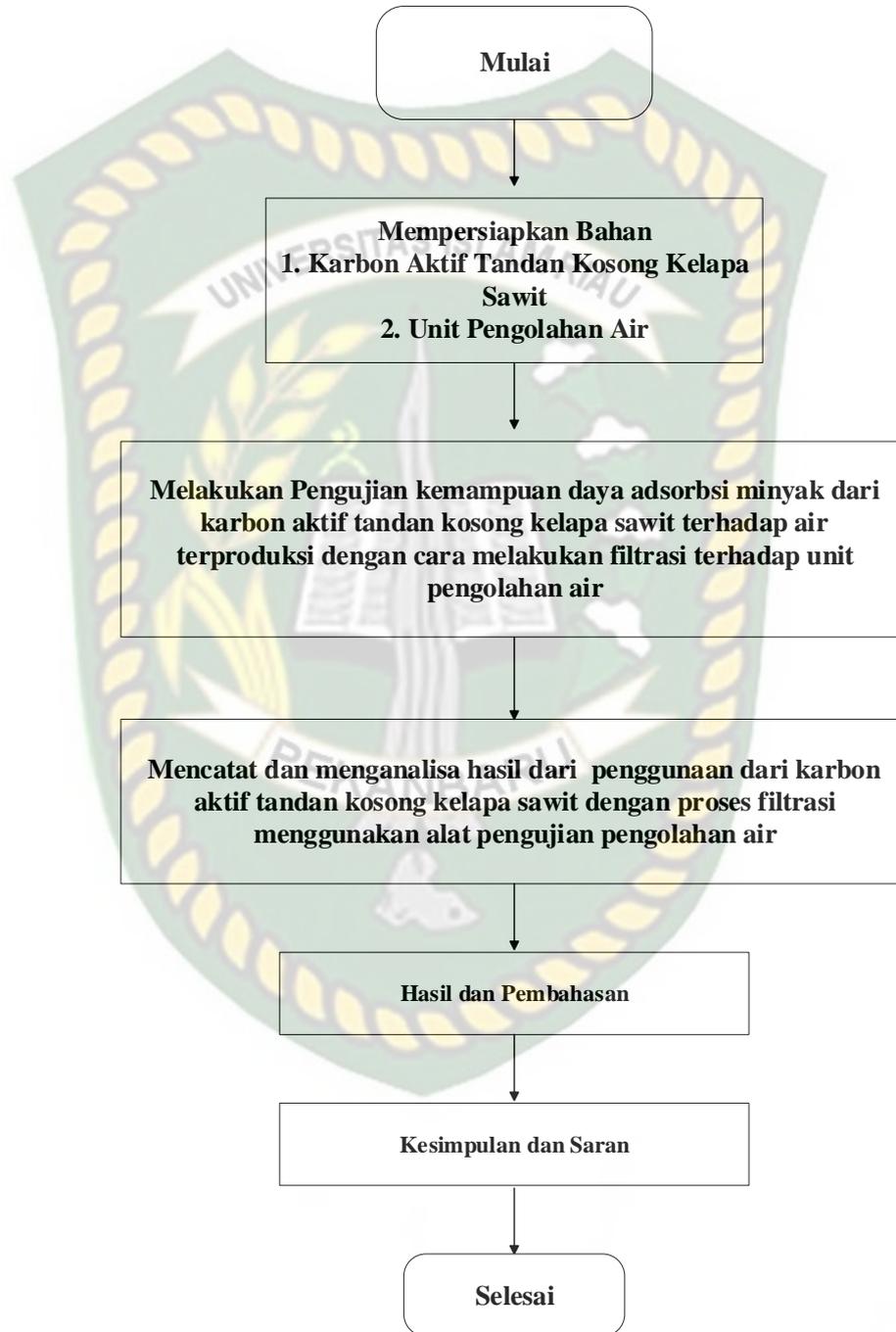
Industri perminyakan salah satu industri di Indonesia yang dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang cukup pesat. Peningkatan suatu produksi minyak dapat diimbangi dengan meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan yang dihasilkan dari eksplorasi minyak bumi. Limbah eksplorasi sering juga disebut dengan *produced water* (air terproduksi) yang memiliki kandungan suatu bahan organik dan anorganik yang berpotensi sebagai limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya) yang tidak baik untuk kesehatan manusia dan lingkungan sekitar. Berikut karakteristik air terproduksi dari sumur Powder River Basin:

Tabel 2. 4 Karakteristik Air Terproduksi (Tiana, 2015)

Unsur	Minimum (mg/L)	Maksimum (mg/L)
TDS	270	2010
SAR	5.7	32
Natrium	110	800
Kalsium	5.9	200
Magnesium	1.6	46
Besi	0.02	15.4
Barium	0.1	8
Klorida	3	119
Sulfat	0.01	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dalam pembuatan penelitian Tugas Akhir ini adalah *Experiment Reseach*. Sedangkan, teknik pengumpulan data yang termasuk data primer seperti data yang didapatkan dari hasil peneltian, buku refresnsi, jurnal, makalah yang sesuai dengan topik penelitian. Setelah hasil didapat, dilakukan evaluasi data yang membawa kepada kesimpulan yang merupakan tujuan dari penelitian.

3.3 ALAT DAN BAHAN

3.3.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif dan penguji sampel air terproduksi, seperti :



Gambar 3. 2 Wadah Tahan panas (Cawan Porselin)



Gambar 3. 3 *Furnace*



Gambar 3. 4 Sieve



Gambar 3. 5 Timbangan Digital



Gambar 3. 6 Cartridge Filters dan Housing Filters



Gambar 3. 7 pH meter dan *Temperature*



Gambar 3. 8 Pompa



Gambar 3. 9 Bak Penampung



Gambar 3. 10 Botol Sampel



Gambar 3. 11 Rangkaian Alat



Gambar 3. 12 *Turbidity Meter*



Gambar 3. 13 *Shaker*



Gambar 3. 14 Corong Pemisah



Gambar 3. 15 Salinitas Meter

3.3.2 Bahan Penelitian

1. *Activated carbon*
2. Kulit kacang kenari
3. Pasir silika
4. Sampel Air Tereproduksi
5. Aquades

3.4 PROSEDUR PENELITIAN

3.4.1 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Sutrisno et al., 2015) untuk prosedur pembuatan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dengan menggunakan beberapa metode aktivasi secara fisika dan kimia, dan pada penelitian ini menggunakan metode aktivasi secara fisika dengan beberapa metode sebagai berikut:

A. Proses Dehidrasi

1. Menyediakan tandan kosong kelapa sawit yang sudah dicuci atau dibersihkan dan ditimbang massa awal dengan timbangan digital lalu catat.

2. Jemur tandan kosong kelapa sawit dibawah sinar matahari selama 2-3 hari untuk menghilangkan kadar air yang terkandung.
 3. Timbang massa dari tandan kosong kelapa sawit yang sudah dijemur, kemudian dicatat
 4. Lakukan kembali cara ke-2 dan ke-3 hingga kadar air pada tandan kosong kelapa sawit benar-benar hilang dan massanya tidak berubah.
- B. Proses Karbonisasi
1. Letakkan tandan kosong kelapa sawit yang sudah didehidrasi kedalam wadah tahan panas
 2. Masukkan wadah kedalam oven dengan temperatur 400°C selama 3 jam.
 3. Hitung massa tandan kosong kelapa sawit sebelum dan sesudah proses karbonisasi.
 4. Haluskan tandan kosong kelapa sawit dan catat masa sebelum dan sesudah dihaluskan.
- C. Proses Aktivasi Karbon
1. Karbon yang sudah dihaluskan direndam dengan larutan H_3PO_4 15% selama 4 jam dengan suhu 600°C .
 2. Selanjutnya lakukan perendaman dengan variasi waktu 12 jam, 18 jam, dan 24 jam dengan suhu kamar.
 3. Karbon disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral 7.
 4. Karbon aktif dikeringkan didalam oven dari suhu kamar hingga 200°C selama 2 jam
- D. Proses Adsorpsi dengan Adsorben karbon aktif tandan kosong kelapa sawit
1. Menyusun media adsorpsi yang terdiri dari pasir, karbon aktif dan walnut kedalam *housing filter*.
 2. Mengisi kolom adsorpsi dengan air suling terlebih dahulu untuk membasahi media penyerap.
 3. Mengukur pH dan kadar oksigen awal air sampel sebelum proses adsorpsi

4. Sampel air terproduksi dimasukan didalam bak penampung lalu dipompakan dengan debit aliran konstan kedalam *housing filter*.
5. Air yang keluar dari *output* diukur kosentrasi dan kesadiahannya
6. Pengambilan sampel dilakukan setiap 10 menit dengan operasi adsorpsi selama 1 jam.
7. Terakhir lakukan pengukuran pH dan kadar oksigen yang terkandung pada sampel air setelah proses adsorpsi

3.5 TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau dan Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau di fakultas Teknik. Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu Januari-Maret 2020

3.6 TEMPAT PENGAMBILAN SAMPEL

Sampel air terproduksi yang akan digunakan berasal dari *Gathering Station X* di Provinsi Riau.

3.7 JADWAL KEGIATAN

Waktu penelitian ini dimulai pada minggu ke-1 Juni 2020 sampai minggu ke-4 Agustus 2020. Dapat dilihat pada *gantt chart* dibawah ini.

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan

Deskripsi Kegiatan	Waktu Pelaksanaan											
	Juni 2020				Juli 2020				Agustus 2020			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengumpulan Referensi	■	■	■	■	■	■	■	■				
Pembuatan Sample Unit							■	■				
Pengolahan Air							■	■				
Pengujian Karbon Aktif							■	■				
Analisis Terhadap Hasil Uji								■	■	■		
Penulisan Tugas Akhir							■	■	■	■	■	■

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian filtrasi dengan menggunakan *housing filter* yang terdiri dari tiga *catridge* yang masing-masing *catridge* sudah diisi dengan pasir silika, karbon aktif, dan walnut. Pada proses kegiatan filtrasi suatu air terproduksi yang diambil dari *wash tank* dan kemudian diukur untuk mengetahui tingkat penurunan dan perubahannya yang diukur dengan beberapa metode yang terdiri dari: *oil and grease*, TDS, pH, *salinity*, *turbidity*, dan *temperature*.

4.1. PENGARUH PENGGUNAAN FILTER KARBON AKTIF TERHADAP AIR PRODUKSI

Tabel 4. 1 Hasil keseluruhan pengujian pada *wash tank* dari sebelum proses filtrasi dan sesudah filtrasi dengan menggunakan media tandan kosong kelapa sawit

No	Parameter	Kode Sampel		
		Sampel Awal	Sampel Akhir	PERMENLH_19_2010
1	pH	7,15	6,89	6-9
2	TDS (<i>Total Dissolve Solid</i>) (mg/L)	1,300	1,289	4000 mg/L
3	Suhu (°C)	27,1	27,8	45 (°C)
4	Salinitas (ppm)	1400	1300	
5	<i>Oil and Grease</i> (mg/L)	9	6	25 mg/L
6	<i>Turbidity</i> (NTU)	166	68,2	25 NTU

Proses pengujian dari penggunaan suatu karbon aktif tandan kosong kelapa sawit sebagai salah satu media filtrasi pada air terproduksi dari suatu *wash tank*. Pada penelitian ini yang berpedoman kepada PERMEN Lingkungan Hidup Republik Indonesia tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan kegiatan minyak dan gas bumi. (PERMENLH, 2010)

Pengujian suatu air terproduksi dengan menggunakan filter karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dan pada penelitian ini menggunakan air produksi memiliki tingkat *turbidity* (NTU) sebesar 68,2 dan *oil and grease* sebesar 6 mg/L dan penggunaan karbon aktif dengan ukuran 200 *mesh*.

4. 1. 1. *Oil and Grease*

Oil and grease atau minyak dan lemak merupakan salah satu senyawa yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran disuatu perairan sehingga konsentrasinya harus dibatasi (Sunardi & Mukimin, 2014). Menurut (Tiana, 2015). Minyak dan lemak adalah salah satu unsur utama dari suatu air terproduksi yang banyak diperhatikan pada saat operasi *onshore* dan *offshore*. Dalam penelitian ini untuk melakukan pengujian kandungan minyak dan lemak yang terdapat di dalam air terproduksi yang sudah dilakukan penyaringan, maka didapatkan dengan hasil.

Tabel 4. 2 Hasil pengujian *oil and grease* pada *wash tank* sebelum di filtrasi dan sesudah di filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit

No	<i>Oil and grease</i> (mg/L)			Efisiensi Penurunan (%)
	Sebelum filtrasi	Sesudah filtrasi	PERMENLH_19_2010	
1	9 (mg/L)	6 (mg/L)	25 mg/L	36,12%

Dari hasil yang telah dilakukan pengujian maka dapat dilihat bahwa dari suatu proses filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit yang dapat menurunkan kadar minyak dan lemaknya. Hasil yang diperoleh sebelum dilakukannya proses filtrasi didapatkan dengan hasil awal sekitar 9 mg/L, kemudian setelah dilakukan proses filtrasi dengan menggunakan media dari tandan kosong kelapa sawit didapatkan hasil sekitar 6 mg/L dan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 6 tahun 2010. Batas maksimal suatu kadar minyak dan lemak (*oil and grease*) sekitar 25 mg/L dan hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil dari suatu filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit mendapatkan hasil yang layak dan dibawah standar yang diatur oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup.

Untuk mengetahui suatu kemampuan daya adsorpsi dari karbon aktif tandan kosong kelapa sawit maka dilakukan pendekatan untuk melakukan teknik analisis data sebagai berikut:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Oil and grease} = \frac{(4,65 \text{ mg/L} - 2,97 \text{ mg/L})}{4,65 \text{ mg/L}} \times 100\% = 36,12\%$$

4. 1. 2. Total Dissolve Solid (TDS)

Kandungan material padatan di suatu perairan dan dapat diukur berdasarkan dengan padatan terlarut dari TDS (*Total Dissolve Solid*) dan TDS tersebut mengandung berbagai zat terlarut (zat organik dan zat anorganik) (Hidayat et al., 2016). Untuk menentukan suatu nilai dari pengujian TDS digunakan alat TDS meter.

Tabel 4. 3 Hasil pengujian TDS pada wash tank saat sebelum proses filtrasi dan sesudah filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit

No	Total Dissolve Solid (TDS) (mg/L)			Efisiensi Penurunan (%)
	Sebelum filtrasi	Sesudah filtrasi	PERMENLH_19_2010	
1	1,300 (mg/L)	1,289 (mg/L)	4000 (mg/L)	0,84%

Dari hasil yang didapatkan setelah pengujian TDS maka dapat dilihat dari suatu proses filtrasi dengan menggunakan filter karbon aktif tandan kosong kelapa sawit didapatkan hasil TDS sebesar 1.289 (mg/L) yang mana pada saat proses sebelum filtrasi pada TDS suatu air terproduksi sebesar 1.300 (mg/L) maka dari itu dapat ditunjukkan bahwa proses filtrasi dengan pengujian TDS dengan media tandan kosong kelapa sawit mengalami penurunan dari kondisi awal dan menurut dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 19 tahun 2010 memiliki batas maksimal sekitar 4000 (mg/L).

Untuk mengetahui suatu kemampuan daya adsorpsi dari karbon aktif tandan kosong kelapa sawit maka dilakukan pendekatan untuk melakukan teknik analisis data sebagai berikut:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Total Dissolve Solid} = \frac{(1.300 \text{ mg/L} - 1.289 \text{ mg/L})}{1.300 \text{ mg/L}} \times 100\% = 0,84\%$$

4. 1. 3. Power of Hydrogen (pH)

Konsentrasi dari suatu ion hidrogen ialah ukuran kualitas dari suatu air maupun dari suatu air limbah apakah air tersebut termasuk dari suatu kategori asam, basa, ataupun netral. Air terproduksi yang tidak netral akan menyulitkan suatu proses penjernihannya (Agustira & Lubis, 2013). Alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi dari ion hidrogen dengan menggunakan alat pH meter dan dari pembacaan tersebut dapat diketahui nilai konstannya. Jika nilai konstannya <7 maka air bersifat asam dan jika konsentrasinya >7 maka bersifat basa.

Tabel 4. 4 Hasil pengujian pH sebelum proses filtrasi dan sesudah proses filtrasi dengan menggunakan media karbon aktif tandan kosong kelapa sawit

No	<i>Power of Hydrogen (pH)</i>		PERMENLH_19_2020
	Sebelum filtrasi	Sesudah filtrasi	
1	7,15	6,89	6-9

Dari hasil yang telah didapatkan dapat dilihat hasil dari pengujian suatu pH dengan proses sebelum filtrasi dan sesudah filtrasi dari media tandan kosong kelapa sawit mengalami penurunan pH sekitar 0,26 yang pada awalnya bernilai 7,15 dan setelah menggunakan filter karbon karbon aktif tandan kosong kelapa sawit mengalami penurunan menjadi 6,89 maka dari itu sudah termasuk pada konsentrasi normal.

4. 1. 4. Salinitas

Salinitas merupakan suatu kadar garam yang terlarut didalam air (Huboyo & Zaman, 2007). Dengan meningkatnya salinitas pada suatu air maka kemampuan suatu air untuk menghantar listrik akan meningkat juga. Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk mengukur salinitas yaitu dengan salinitas meter.

Tabel 4. 5 Hasil pengujian salinitas pada saat sebelum proses filtrasi dan sesudah proses filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit

No	Salinitas (ppm)		
	Sebelum filtrasi	Sesudah filtrasi	Efisiensi Penurunan (%)
1	1400	1300	7,14

Dari hasil yang didapatkan dari pengujian salinitas sebelum proses dan sesudah proses filtrasi dengan menggunakan media karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dapat menurunkan kadar garam atau salinitas pada suatu air terproduksi. Dimana hasil uji salinitas setelah proses filtrasi maka didapatkan hasil sebesar 1400 ppm dan pada hasil sebelum filtrasi didapatkan hasil sebesar 1300 ppm dan dari hasil tersebut menunjukkan bahwa karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dapat menurunkan salinitas dari suatu air terproduksi.

Untuk mengetahui kemampuan daya adsorpsi dari karbon aktif tandan kosong kelapa sawit maka dari itu dilakukan pendekatan untuk melakukan suatu teknik analisis data sebagai berikut:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Salinity} = \frac{(1400 - 1300 \text{ ppm})}{1400 \text{ ppm}} \times 100\% = 7,14\%$$

4. 1. 5. Turbidity (NTU)

Turbidity (kekeruhan) merupakan salah satu sifat optik dari suatu air yang dapat ditentukan dari banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terkandung di dalam air produksi (Ainurrofiq et al., 2016). Satuan kekeruhan yang diukur dapat digunakan dengan alat *turbidity* meter.

Tabel 4. 6 Hasil pengujian *turbidity* pada sebelum proses filtrasi dan setelah proses filtrasi dengan menggunakan media tandan kosong kelapa sawit

No	<i>Turbidity</i> (NTU)			Efisiensi Penurunan (%)
	Sebelum filtrasi	Sesudah filtrasi	PERMENKES	
1	166 (NTU)	68,2 (NTU)	25	58,91%

Dari hasil yang telah didapatkan maka dapat dilihat bahwa pada proses filtrasi menggunakan media karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dapat menurunkan tingkat kekeruhan pada air produksi yang mana didapatkan pada suatu *wash tank* dengan tingkat kekeruhan sebelum proses filtrasi didapatkan nilai sebesar 166 NTU dan setelah proses filtrasi didapatkan nilai sebesar 68,2 NTU. Disini nilai kekeruhan yang didapatkan setelah dilakukan filtrasi melebihi batas yang telah ditentukan oleh PERMENKES yang bisa mengakibatkan banyaknya zat yang tersuspensi pada suatu perairan. Tingkat kekeruhan yang tinggi juga dapat mempengaruhi kemampuan insang ikan menyerap oksigen terlarut dan kekeruhan yang tinggi dapat menghambat dan merusak fungsi insang pada ikan.

Untuk mengetahui kemampuan daya adsorpsi dari karbon aktif tandan kosong kelapa sawit maka dilakukan pendekatan untuk melakukan suatu teknik analisis data sebagai berikut:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Turbidity} = \frac{(166 \text{ NTU} - 68,2 \text{ NTU})}{166 \text{ NTU}} \times 100\% = 58,91\%$$

4. 1. 6. Suhu

Suhu air produksi merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi suatu organisme di perairan dan suhu merupakan salah satu faktor eksternal yang paling mudah diteliti dan ditentukan. Pada umumnya suhu permukaan berkisar diantara 28-31°C (Hamuna et al., 2018).

Tabel 4. 7 Hasil pengujian suhu air produksi sebelum proses filtrasi dan sesudah proses filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit

No	Suhu (°C)		PERMENLH_19_2020
	Sebelum filtrasi	Sesudah filtrasi	
1	27,1°C	27,8°C	45°C

Dari hasil yang telah diperoleh maka dapat dilihat bahwa proses filtrasi menggunakan media karbon aktif tandan kosong kelapa sawit mengalami kenaikan yang tidak terlalu tinggi dikarenakan sudah terkontaminasi dengan suhu

ruangan dan goncangan dan perubahan temperature pada air dapat dipengaruhi oleh udara sekuler dan intensitas. Apabila suhu terlalu tinggi maka akan menyebabkan kematian pada hewan dan tumbuhan serta dapat merusak kesuburan tanah dan mengganggu ekosistem disekelilingnya. Hasil yang didapatkan pada saat sebelum di filtrasi sekitar 27,1°C dan setelah dilakukan proses filtrasi didapatkan hasil sekitar 27,8°C.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Penggunaan dari suatu limbah tandan kosong kelapa sawit yang dapat dijadikan karbon aktif sebagai media filtrasi pada air terproduksi dengan menggunakan H_3PO_4 15% dengan dilakukan perendaman selama 24 jam dan berdasarkan nilai hasil yang diperoleh dari kemampuan daya adsorpsi dari beberapa parameter *oil and grease* 36,12%, *Total Dissolve Solid* 0,846%, *Turbidity* 58,91%, dan Salinitas 7,14%.
2. Berdasarkan hasil dari suatu pengujian penggunaan filter karbon tandan kosong kelapa sawit dapat mengurangi *oil and grease* dari 9 mg/L turun menjadi 6 mg/L, lalu TDS (*Total Dissolve Solid*) yang awalnya 1,300 mg/L turun menjadi 1,289 mg/L, kemudian pH (*Power of Hydrogen*) yang awalnya 7,15 turun menjadi 6,89, lalu salinitas yang awalnya 1400 ppm turun menjadi 1300 ppm, selanjutnya kekeruhan (*Turbidity*) yang pada awalnya 166 NTU turun menjadi 68,2 NTU, dan suhu yang awalnya 27,1°C menjadi 27,8°C.

5.2. SARAN

Adapun saran yang bisa penulis berikan yaitu dengan melakukan suatu pengujian filtrasi pada air terproduksi untuk mengurangi kandungan *oil content* menggunakan *graphene oxide* yang berasal dari tandan kosong kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustira, R., & Lubis, K. S. (2013). Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 1(3), 95191.
- Ainurrofiq, M. N., Purwono, P., & Hadiwidodo, M. (2016). *Studi Penurunan Tss, Turbidity, Dan Cod Dengan Menggunakan Kitosan Dari Limbah Cangkang Keong Sawah (Pila Ampullacea) Sebagai Nano Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair PT. Phapros, Tbk Semarang*. Diponegoro University.
- Auliah, A. (2012). Lempung Aktif Sebagai Adsorben Ion Fosfat Dalam Air. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 10(2), 14–23.
- Ayustaningwarno, F. (2012). Proses pengolahan dan aplikasi minyak sawit merah pada industri pangan. *Journal Vitasphere*, 2(1), 1–11.
- Budi, E., Nasbey, H., Budi, S., Handoko, E., Suharmanto, P., Sinansari, R., & Sunaryo, S. (2012). Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)*, 1, 62–66.
- Dwimerti, K. L., & Handajani, M. (2010). Studi Optimasi Penggunaan Lahan Basah Teraerasi Untuk Penyisihan Padatan Terlarut Pada Air Terproduksi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 16(2), 125–137.
- Erfando, T., Khalid, I., & Safitri, R. (2013). Studi Laboratorium Pembuatan Demulsifier dari Minyak Kelapa dan Lemon untuk Minyak Kelapa dan Lemon untuk Minyak Bumi pada Lapangan x di Provinsi Riau. *TEKNIK*, 40(2), 129–135.
- Gaol, M. R. L. L., Sitorus, R., Yanthi, S., Surya, I., & Manurung, R. (2013). Pembuatan selulosa asetat dari α -selulosa tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3), 33–39.
- Gova, M. A., & Oktasari, A. (2019). Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Logam Berat Merkuri (Hg). *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 2(1).
- Gumelar, D., Hendrawan, Y., & Yulianingsih, R. (2015). Pengaruh aktivator dan waktu kontak terhadap kinerja arang aktif berbahan eceng gondok (eichornia

crossipes) pada penurunan COD limbah cair laundry. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(1), 15–23.

Hamuna, B., Tanjung, R. H. ., Suwito, Maury, H. K., & Alianto. (2018). *Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre , Jayapura*. 16(1), 35–43. <https://doi.org/10.14710/jil.16.135-43>

Hartanto, S., & Ratnawati, R. (2010). Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa sawit dengan metode aktivasi kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*.

Haura, U., Razi, F., & Meilina, H. (2017). Karakterisasi Adsorben dari Kulit Manggis dan Kinerjanya pada Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI)- (Adsorbent Characterization from Mangosteen Peel and Its Adsorption Performance on Pb (II) and Cr (VI)). *Biopropal Industri*, 8(1), 47–54.

Hidayat, D., Suprianto, R., & Dewi, P. S. (2016). PENENTUAN KANDUNGAN ZAT PADAT (TOTAL DISSOLVE SOLID DAN TOTAL SUSPENDED SOLID) DI PERAIRAN TELUK LAMPUNG. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(01), 36–45.

Holle, R. B., Wuntu, A. D., & Sangi, M. S. (2013). Kinetika adsorpsi gas benzena pada karbon aktif tempurung kelapa. *Jurnal MIPA*, 2(2), 100–104.

Huboyo, H. S., & Zaman, B. (2007). Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU-PLTGU Tambak Lorok Semarang). *Jurnal Presipitasi*, 3(2), 40–45.

Ivory, D. (2015). Prospek pemanfaatan air terproduksi. *Teknik Kimia Institut Teknolgi Bandung*, 1–9.

Lempang, M. (2014). Pembuatan Dan Kegunaan Arang Aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65–80.

Maslahat, M. (2019). Optimasi Suhu Aktivasi Pada Pembuatan Arang Aktif Berbahan Dasar Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Lignoselulosa*, 46–51.

Maulinda, L., Nasrul, Z. A., & Sari, D. N. (2017). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11–19.

- Nasution, Z. A., & Limbong, H. P. (2019). KARAKTERISASI ARANG CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN PEMBANTU UNTUK MINGKATKAN KESUBURAN TANAMAN BERDASARKAN KROMATOGRAFI GC-MS. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 14(1), 62–68.
- Noer, A. A., Awitdrus, A., & Malik, U. (2014). *Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator H₂O sebagai Adsorben*. Riau University.
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M., & Putri, E. M. M. (2013). Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), F116–F120.
- PERMENLH. (2010). Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi. *Kementerian Lingkungan Hidup*, 1–12.
- Purwanto, D. (2011). Arang dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(1), 57–66.
- Rachmani, F. K. (2014). Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi karbon aktif dengan aktivasi kimia= Utilization of oil palm empty fruit bunch for the production of activated carbon using chemical activation. *Jurnal Teknik Ui*.
- Rahmayani, F., & Siswarni, M. Z. (2013). Pemanfaatan limbah batang jagung sebagai adsorben alternatif pada pengurangan kadar klorin dalam air olahan (Treated Water). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2), 1–5.
- Ramdja, A. F., Halim, M., & Handi, J. (2008). Pembuatan karbon aktif dari pelepah kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2).
- Safitri, H. I., & Aryanti, N. (2013). Teknologi Ultrafiltrasi Untuk Pengolahan Air Terproduksi (Produced Water). *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 2(4), 205–211.
- Scorzelli, I. B., Costa, C. L. P., & Furio, P. R. (2015). Evaluation of New Technological Routes to Waste Treatment Generated on Oil Platform: Waste-to-Energy. *OTC Brasil*.

- Sunardi, S. H., & Mukimin, A. (2014). Pengembangan Metode Analisis Parameter Minyak dan Lemak Pada Contoh Uji Air. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 5(1), 1–6.
- Sutrisno, J., Asmoro, P., & Sembodo, B. P. (2015). Arang Aktif Ampas Tebu Sebagai Media Adsorpsi Untuk Meningkatkan Kualitas Air Sumur Gali. *Waktu*, 13(2), 9–18.
- Taer, E., Mustika, W. S., & Taslim, R. (2016). Pengaruh Suhu Aktivasi CO₂ Terhadap Kapasitansi Spesifik Elektroda Karbon Superkapasitor Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 5, SNF2016-MPS.
- Tiana, A. N. (2015). Air Terproduksi: Karakteristik dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1), 1–11.
- Utomo, S. (2014). Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Aktivator NaOH. *Sains Dan Teknologi 2014, November*, 1–4.
- Widiastuti, H. (2016). Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sisa jamur merang (*Volvariella volvacea*)(TKSJ) sebagai pupuk organik pada pembibitan kelapa sawit Utilization of spent mushroom (*Volvariella volvacea*) media derived from empty fruit bunches of oil palm (SMEB) as orga. *E-Journal Menara Perkebunan*, 75(2).
- Zuidar, A. S., Hidayati, S., & Pulungan, R. J. A. (2014). Kajian Delignifikasi Pulp Formacell Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) Dalam Media Asam Asetat. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 19(2), 194–204.