

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengenai penanganan tumpahan minyak dari daun glodokan tiang untuk dibuat adsorben. Penelitian Uzwatania dkk, (2023) melakukan pemanfaatan pati singkong dijadikan adsorben yang digunakan untuk penanganan tumpahan minyak. Hasil dari penelitian ini yaitu hidrolisis enzim glikoamilase adalah 80,16% dan kadar gula pereduksi 0,20 g/L setelah 24 jam dan ukuran partikel 377 nm lebih kecil dibandingkan yang diperoleh dari pati.

Beberapa penelitian terdahulu mengenai penanganan pencemaran minyak dari daun glodokan tiang untuk dibuat adsorben. Penelitian yang dilakukan Qiram dkk, (2023) melakukan pemanfaatan serat *cocopeat* dijadikan adsorben yang digunakan untuk penanganan tumpahan minyak di tempat kerja. Hasil dari penelitian ini menunjukkan serat *cocopeat* mempunyai kinerja optimal lebih baik dibandingkan serat bambu sebesar 22% dalam waktu 5 menit.

Penelitian sebelumnya mengenai penanganan tumpahan minyak dari daun glodokan tiang untuk dibuat adsorben. Penelitian Hartutiningrum dkk, (2018) menggunakan pemanfaatan kulit kopi sebagai adsorben yang digunakan untuk mengatasi tumpahan minyak. Berdasarkan hasil penelitian, ini yaitu *degreasing* terbaik (97,83%) adalah *biochar* kulit kopi sebanyak 2,5 gram yang dicampur selama 60 menit.

Beberapa penelitian terdahulu mengenai penanganan tumpahan minyak dari daun glodokan tiang untuk dijadikan adsorben. Penelitian Lv dkk, (2018) menggunakan serat kapas sebagai adsorben dalam penanganan tumpahan minyak yang terjadi di perairan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kapas yang diolah dengan cepat menyerap berbagai minyak lebih dari 25–75 gram beratnya sendiri, dan penyerapan air hampir 0 gram. Serat kapas yang dimodifikasi dapat secara efektif memisahkan campuran minyak/air melalui sistem aliran.

Penelitian terdahulu mengenai penanganan tumpahan minyak dari daun glodokan tiang untuk dibuat adsorben. Menurut penelitian Bramantya dkk, (2023)

menggunakan silika gel sebagai bahan adsorben dalam penanganan tumpahan minyak yang terjadi di perairan. Hasil dari penelitian menunjukkan sampel dengan perbandingan TEOS:heksana 1:2 dan kadar etanol 20% mempunyai serapan terbaik dengan sudut kontak $143,95^\circ$ dan serapan silika gel 13,98 g/g silika.

Tabel 2.1 Ringkasan penelitian terdahulu

No	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	Uzwatania dkk, (2023)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis enzim terhadap sifat pati singkong termodifikasi yang kemudian akan dijadikan sebagai adsorben minyak alami.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat pati termodifikasi berbeda dengan pati asal baik secara fisik maupun kimia. Rendemen pati termodifikasi yang diperoleh dengan <i>hidrolisis enzim glikoamilase (Dextrozyme GA)</i> adalah 80,16% dan kadar gula pereduksi 0,20 g/L setelah 24 jam dan ukuran partikel 377 nm, lebih kecil dibandingkan yang diperoleh dari pati.	Bahan baku yang digunakan, metode modifikasi yang digunakan, variasi saat pengaplikasian, parameter yang digunakan

No	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			<p><i>Brevibacterium sp.</i> Sedangkan <i>enzim glukoamilase (Dextrozyme GA)</i> memiliki tingkat penyerapan minyak yang lebih tinggi dibandingkan <i>Brevibacterium sp.</i> Analisis statistik menunjukkan bahwa jenis enzim mempengaruhi laju <i>adsorpsi</i> minyak.</p>	
2.	Qiram dkk, (2023)	Tujuan dari penelitian ini untuk mengembangkan teknologi adsorben berbahan serat alam (serat <i>cocopeat</i> dan bambu) yang dapat efektif mengatasi tumpahan minyak di bengkel otomotif.	Hasil penelitian menunjukkan kapasitas adsorpsi minyak pada kedua serat alam. Serat <i>cocopeat</i> mempunyai kinerja optimal yang lebih baik dibandingkan serat bambu, dengan efisiensi sebesar 22% pada pemaparan 5 menit. Studi morfologi	Bahan baku yang digunakan, pengaplikasian pada limbah, metode dan variasi bahan yang digunakan

No	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			mengkonfirmasi sifat adsorpsi struktur mikropori serabut kelapa.	
3	Bramantya dkk, (2023)	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh prekursor terhadap modifikasi bahan <i>aerogel silika oleofilik</i> dan <i>hidrofobik</i> .	Pasir laut dengan kandungan silika yang tinggi dapat menjadi bahan utama produksi penyerap silika gel. Sampel dengan perbandingan TEOS (<i>tetraetil ortosilikat</i>):heksana 1:2 dan perbandingan kadar <i>etanol</i> 20% mempunyai serapan terbaik dengan sudut kontak 143,95° dan serapan silika gel 13,98 g/g.	Bahan baku yang digunakan, output dari produk, variasi bahan yang digunakan, parameter yang digunakan.
4.	Noriko dkk, (2022)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis aktivator dan konsentrasi	Dari hasil penelitian bahwa aktivator terbaik adalah NaCl 5% yang hasil kadar	Bahan yang digunakan, metode yang digunakan, modifikasi

No	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		aktivator terbaik pada proses aktivasi karbon aktif kulit singkong.	airnya sesuai SNI 06-3730-1995 (5,68%), kadar abu terendah 11,65%, serapan <i>iodium</i> tertinggi adalah 328,74 mg/g dan penurunan Pb^{2+} tertinggi dibandingkan kedua aktivator lainnya yaitu 99,34%.	bahan, seta parameter yang digunakan.
5.	Sukmawati, (2022)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas penyerapan dan efisiensi serat dan membran biduri terhadap bahan bakar minyak.	Berdasarkan hasil dan pembahasan yang diuraikan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa serat biduri (<i>Calotropis gigantea</i>) dapat digunakan sebagai sorben untuk pengendalian pencemaran limbah minyak. Kandungan minyak	Bahan yang digunakan, bentuk akhir dari produk, variasi waktu saat pengaplikasian,

No	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			<p>pada serat bidur dapat mencapai 43,79 g/g dengan kepadatan serat 0,0143 g/cm³ per 0,5 gram berat, sedangkan komposisi serat membran bidur 44,62 g/g, 95% biduri. Waktu pemaparan optimal membran bitumen adalah 90 menit dan tidak adanya fluktuasi suhu 30-50°C mempengaruhi penyerapan <i>membran bitumen</i> kedalam minyak.</p>	
6.	Jahidkk, (2020)	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bahan penyerap <i>selulosa hidrofobik biodegradable</i> dari Tandan Kosong</p>	<p>Berdasarkan hasil penelitian, selulosa TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) yang dimodifikasi dengan</p>	<p>Bahan yang digunakan, variasi modifikasi, waktu pengaplikasian produk</p>

No	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		<p>Kelapa Sawit (TKKS) untuk menyerap minyak limbah pabrik kelapa sawit (POME).</p>	<p>perbandingan 1:40 menunjukkan serapan minyak maksimal sebesar 95,5% selama 30 menit, menjadikannya sumber serapan minyak alami di POME yang sangat menjanjikan. Keuntungan menggunakan selulosa TKKS sebagai adsorben penelitian ini menekankan pada nilai ekonomi dan merupakan solusi terhadap permasalahan lingkungan akibat selulosa TKKS termodifikasi yang melimpah di wilayah Tenggara khususnya</p>	

No	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			Malaysia dan Indonesia.	
7.	Hanafiah dkk, (2019)	Penelitian ini bertujuan untuk untuk memitigasi dampak negatif deforestasi melalui penggunaan kembali limbah kertas. Perlakuan alkali dan pemutihan digunakan untuk ekstraksi serat selulosa, diikuti dengan hidrolisis asam dalam kondisi terkendali untuk isolasi serat nano selulosa	Analisis pencitraan menggunakan mikroskop optik menunjukkan bahwa selulosa yang diekstraksi memiliki struktur berserat dan seperti batang, sedangkan gambar TEM menunjukkan bahwa selulosa yang diekstraksi berkisar dari ukuran mikro hingga nano hingga ~20-30 nm tergantung pada konsentrasi asam yang digunakan.	Tujuan dari penelitian, bahan baku yang digunakan, variabel penelitian, penerapan produk
8.	Hartutiningrum dkk, (2018)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas <i>biochar</i> kulit kopi dalam menghilangkan	Efisiensi <i>degreasing</i> terbaik (97,83%) adalah <i>biochar</i> kulit kopi sebanyak 2,5 gram dengan	Bahan utama yang digunakan, tidak modifikasi pada proses

No	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		minyak lemak dan surfaktan dari <i>residu</i> pencucian kotoran.	pengadukan selama 60 menit. Namun <i>biochar</i> pada kulit kopi meningkatkan konsentrasi surfaktan atau terjadi regenerasi surfaktan.	pembuatan, proses pengaplikasian produk.
9.	Lv dkk, (2018)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi emisi lingkungan dengan memproduksi serat kapas yang dimodifikasi label perubahan struktur permukaan dan gugus fungsi; penilaian kapasitas adsorpsi serat mentah dan untuk serat termodifikasi dalam sistem campuran minyak murni dan minyak/air; dan menyelidiki	Hasil penelitian ini dibandingkan dengan kapas mentah, serat kapas yang dimodifikasi dapat secara efektif memisahkan minyak/air melalui sistem aliran. Modifikasi dengan amonia:isopropanol :etanol anhidrat perlakuan masih sangat hidrofobik dan adsorpsinya 6 kali lebih tinggi dibandingkan kapas mentah. Transformasi sederhana	Bahan utama yang digunakan, variasi modifikasi bahan yang digunakan, proses pengaplikasian produk

No	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		pemisahan minyak/air dan perolehan kembali kapas yang dimodifikasi.	menghasilkan kapas modifikasi yang murah, sebagai alternatif yang menjanjikan terhadap serat sintetis organik untuk pembersihan tumpahan minyak. Penurunan kadar minyak dan lemak sebanyak 98,5%, serta penurunan kadar polutan yang ada di air limbah. Selain itu untuk daya serap air pada serat kapas yang telah dimodifikasi sebesar 0%.	
10.	Nururrahmah & Rosnita, (2015)	Tujuannya adalah untuk mengetahui kemampuan limbah kulit durian sebagai adsorben terhadap adanya kontaminasi minyak pelumas, berdasarkan waktu	Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit durian mampu menyerap minyak bekas dengan efisiensi penyerapan sebesar	Bahan yang digunakan, modifikasi yang digunakan, terdapat variasi waktu

No	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		optimal dan berat optimal limbah kulit durian yang digunakan.	88,76% dan waktu penyerapan optimal selama 2 jam untuk setiap 4 gram limbah kulit durian.	pengaplikasian produk.

Penelitian-penelitian diatas menunjukkan bahwa *superhydrophobic oil* adsorben dapat menurunkan kadar polutan pada air limbah. Penelitian ini membuat *superhydrophobic oil* adsorben selulosa dari daun glodokan tiang sebagai media untuk menyerap air limbah yang mengandung *marine fuel oil* (MFO). Air limbah yang digunakan pada penelitian ini merupakan air limbah yang mengandung *marine fuel oil* (MFO).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Glodokan Tiang (*Polyalthia longifolia*)

Pohon Glodokan Tiang (*Polyalthia longifolia*) merupakan salah satu jenis tanaman yang akarnya tahan terhadap kerusakan akibat getaran kendaraan yang lewat, mudah tumbuh di daerah panas dan tahan angin sehingga cocok digunakan sebagai pelindung jalan (Saintek, 2023). Tanaman glodokan tiang memiliki kemampuan untuk mengurangi polutan udara, tanaman yang tumbuh di daerah tercemar mengalami stress (Muin dkk, 2020).

Glodokan tiang (*polyalthia longifolia*) tinggi pohon lebih dari 10 meter, glodokan dicirikan oleh bentuk kanopi yang berbentuk seperti kerucut atau tiang. Daun-daun rebah seperti korden. Tanaman ini berasal dari Sri Lanka yang sering sebagai tanaman hias atau disebut glodokan tiang (Mahfuza dkk, 2022).



Gambar 2.1 (a) Daun glodokan tiang kering, (b) pohon glodokan tiang, (c) daun glodokan tiang hijau.

(Sumber: Hartutiningrum dkk, 2018)

Klasifikasi tanaman glodokan tiang (*polyalthia longifolia*)

Kingdom :Plantae
 Division :Magnoliophyta
 Class :Magnoliopsida
 Ordo :Magnoliales
 Familia :Annonaceae
 Genus :*Polyalthia*
 Spesies :*Polyalthia Longifolia*

Daun glodokan tiang memiliki senyawa metabolit sekunder berupa flavonoid, saponin, tanin, fenol dan alkaloid. Flavonoid mempunyai fungsi bakteriostatik dan mekanisme yang kerjanya adalah membentuk senyawa kompleks dengan protein dan zat yang terlarut yang dapat merusak membran sel bakteri. Tanin mempunyai aktifitas antibakteri. Mekanisme kerjanya adalah dinding sel sendiri menyusut, sel tidak mampu lagi melakukan aktivitas, sehingga perkembangannya terlambat bahkan mati. Senyawa alkaloid mempunyai mekanisme penghambatan dengan cara mengganggu komponen peptidoglikan sel bakteri sehingga menyebabkan dinding sel tidak terbentuk sempurna dan menyebabkan kematian sel (Perdanan dkk, 2022). Setiap tanaman memiliki kandungan metabolit sekunder yang berbeda, hal ini karena adanya pengaruh dari faktor lingkungan. Hal tersebut yang membuat daun

glodokan tiang memiliki lapisan pelindung yang bersifat *hydrophobic* (Puspita dkk, 2022). Selain itu, daun glodokan tiang sendiri memiliki sifat takut akan air (*hydrophobic*) hal tersebut dapat dilihat daun yang terdapat pelapis seperti lilin dapat membentuk permukaan seperti bonggolan mikro yang memberikan sifat *hydrophobic* dan kekasaran permukaan (Hassan dkk, 2018).

2.2.2 Superhydrophobic

Hydrophobic adalah suatu permukaan suatu permukaan yang dapat diketahui dengan mengukur besarnya sudut kontak yang terbentuk pada suatu uji. Sudut kontak adalah sudut yang terbentuk dalam suatu permukaan sampel dengan fluida yang diteteskan pada permukaan sampel (Gusrita dkk, 2018). Pada daun glodokan tiang terdapat lilin yang dapat membentuk permukaan seperti bonggolan mikro yang memberikan sifat *hydrophobic* serta kekasaran permukaan (Hassan dkk, 2018). *Hydrophobic oil* merupakan senyawa yang takut akan air tetapi hanya dapat menyerap minyak. *Superhydrophobic* merupakan fungsi utama yang terdapat pada permukaan *hydrofobic* dengan peningkatan kekasaran permukaan karena meminimalisasi area kontak antara permukaan dan air yang terperangkap (Ahmad dkk, 2016). Penyerapan *superhydrophobic* dapat sepenuhnya menolak air dan menyerap minyak, sehingga dapat meningkatkan efektifitas pemisahannya. Tumbuhan yang terdapat sifat *superhydrophobic* dapat menentukan bahwa permukaan *superhydrophobic* dengan sudut kontak lebih besar dari 150° , hal tersebut yang dapat digunakan untuk menghilangkan minyak dari air limbah yang mengandung minyak (Zang dkk, 2015).

2.2.3 Adsorben

Adsorben adalah teknologi yang menyerap zat dari permukaan cairan, sedangkan bioadsorben merupakan adsorben yang berasal dari bahan baku makhluk hidup seperti tumbuhan (Kusumaningrum dkk, 2022). Adsorben adalah bahan yang dapat menyerap cairan atau gas di dalamnya. Sebagai penyerap, adsorben harus selektif, berpori (luas permukaan per satuan massa yang besar) dan mempunyai daya serap yang kuat secara fisik dan kimia dengan zat yang akan diserap (Lianna

dkk, 2014). Pemilihan adsorben dilakukan karena mempunyai beberapa keunggulan yaitu untuk analisis dan aplikasi *preparative*, yang dapat menentukan jumlah komponen campuran dan dapat memisahkan serta purifikasi substansi. Adsorben memiliki sifat utama yang tergantung pada gugus fungsional yang dapat menentukan tingkat kepolaran (Wati, 2016). Adsorben dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia adsorben seperti ukuran partikel, luas permukaan dan komposisi kimia, semakin kecil ukuran partikel maka semakin besar luas permukaan padatan per satuan volume sehingga semakin banyak teradsorpsi (Hasyim dkk, 2019).

2.2.4 Minyak Mentah

Minyak mentah merupakan salah satu benda yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Minyak mentah adalah minyak yang telah dipisahkan dari gas alam setelah proses ekstraksi, karena minyak sebenarnya ditemukan bersama gas alam (Wardhani dkk, 2021). Minyak mentah sendiri salah satunya berasal dari minyak bumi yang merupakan cairan kental kehitaman yang tersusun dari senyawa hidrokarbon secara kompleks. Minyak mentah sendiri memiliki sifat yang sangat berbeda dari minyak lain. Proses dilakukan dengan proses distilasi, yang dapat memisahkan fraksi-fraksi sesuai dengan rentang titik didihnya. Fungsi dari minyak sendiri sangat kompleks tergantung dengan produk yang akan dihasilkan (Pratama dkk, 2019). Senyawa *hidrokarbon* yang terdapat pada penyusunan minyak bumi berupa paraffin, neptena, aromatik, dan aspaltena (Fitria Wati dkk, 2020). Sedangkan untuk minyak mentah mengandung senyawa karbon 83,9-86,8%, hidrogen 11,4-14%, belerang 0,06-8,0%, nitrogen 0,11-1,7%, oksigen 0,5% serta logam (Fe, Cu, Ni) 0,03% (Darza, 2020). Kumpulan dari beberapa unsur karbon dan *hydrogen* dapat terbentuk senyawa hidrokarbon pada minyak. Sedangkan nitrogen, sulfur, oksigen dan logam yang merupakan gabungan dalam senyawa *non-hidrokarbon* (Fitria Wati dkk, 2020). Selain senyawa karbon, nitrogen, belerang dan oksigen minyak mengandung logam meskipun dalam jumlah yang kecil, jumlah logam dalam minyak tergantung pada tempat ditemukannya minyak, kondisi geologi bumi dan

pembentukan minyak tersebut. Kombinasi karbon dan *hydrogen* membentuk senyawa hidrokarbon dalam minyak (Fitria Wati dkk, 2020).

Minyak yang memiliki tingkat densitas yang tinggi atau yang memiliki kandungan yang beragam salah satu contohnya yaitu *marine fuel oil* (MFO). *Marine fuel oil* (MFO) merupakan bahan bakar yang digunakan pada sektor industri. *Marine fuel oil* ini digunakan sebagai bahan bakar pada kapal. Bahan bakar jenis MFO ditandai dengan warnanya yang hitam, mengandung partikel padat dan residu, serta pada suhu rendah sangat kental seperti aspal. Nilai densitas MFO berkisaran antara 0,92 sampai 0,99 kg/L dengan visikositas pasar 180 dan 380 Cst. *Marine fuel oil* (MFO) dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel utama kapal atau *boiler* kapal, namun harus melalui beberapa tahap pengolahan untuk menghilangkan air, residu dan partikel padat yang terbawa (Putranto dkk, 2023).

Menurut Claresya dkk, (2023) kandungan minyak bumi yang begitu banyak, jika terjadi tumpahan minyak dapat menjadi beberapa resiko yang terjadi. Data kuantitatif contoh tingkat pencemaran lingkungan mulai dari ringan, sedang, hingga tinggi yang diakibatkan dari tumpahan minyak berupa:

Tabel 2.2 data kuantitatif tingkat pencemaran minyak

Skenario	Polutan	Estimasi volume	Kemungkinan	Keparahan	Resiko	Keterangan
Pecah/kegagalan <i>hose</i> saat kegiatan pengisian saat pengisian bahan bakar	Diesel	<0,1 m ³	1	1	Ringan	Asumsi perhitungan <i>infra rate</i> 30L/hr
Tumpahan kecil saat	<i>Marine gas oil</i> ,	<0,1 m ³	3	1	Sedang	Tumpahan kecil/cecera

Skenario	Polutan	Estimasi volume	Kemungkinan	Keparahan	Resiko	Keterangan
kegiatan operasional rutin	diesel, <i>lubricant</i>					n selama kegiatan operasional rutin
Pecahnya tangki bahan bakar FSRU/LNG <i>Carrier</i> /armada pendukung kecelakaan kapal	Diesel	20 m ³	2	4	Tinggi	Hilangnya satu kompartemen bahan bakar armada pendukung (<i>tug boat</i>)

2.2.5 Dampak Minyak di Perairan

Tumpahan minyak di laut atau perairan merupakan masalah lingkungan yang serius. Dampaknya sangat terasa dapat berdampak pada seluruh aspek kehidupan yaitu lingkungan hidup, biotik dan abiotik. Tumpahan minyak dapat disebabkan oleh tumpahnya minyak yang disengaja oleh pihak tertentu, tumpahan dari kilang atau sumur minyak di laut, dan keluarnya minyak ke dalam tanah (Dewantoro, 2021).

Pencemaran air berdampak pada rusaknya sumber daya hayati laut di wilayah tersebut. Di banyak tempat, ikan mati mulai mengapung di permukaan laut. Terdapat beberapa tempat di sepanjang pantai di temukan bangkai burung, termasuk belibis, terkontaminasi minyak (Wibowo, 2018). Akibat jangka pendeknya, molekul hidrokarbon merusak membran biota laut dan bahan tersebut menembus sel sehingga menyebabkan penurunan kualitas ikan dan udang yang

selya telah ditembus bahan tersebut. Konsekuensi jangka panjang mengancam organisme muda (Negara, 2020).



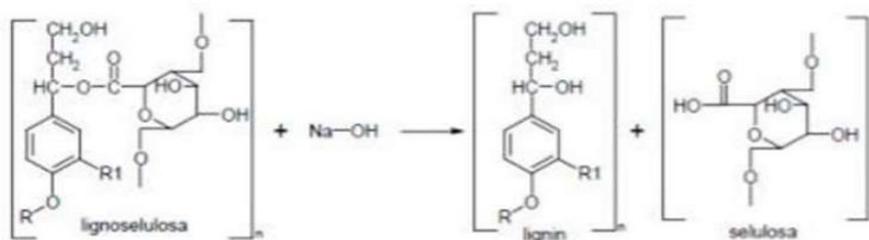
Gambar 2.2 Tumpahan minyak di perairan
(Sumber: Wardhani dkk, 2021)

Minyak mentah dapat diidentifikasi sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena memiliki sifat toksik dan karsinogenik, sehingga dapat membahayakan ekosistem disekitarnya. Berdasarkan kasus tumpahan minyak sendiri dapat diistilahkan (Wardhani dkk, 2021) sebagai pencemaran lingkungan hidup menurut undang-undang No. 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup (Ahyadi dkk, 2021). Salah satu contoh terjadinya tumpahan minyak bisa dikarenakan saat pengisian bahan bakar, hal ini yang dapat menyebabkan terjadinya tumpahan minyak yang ada di perairan. Minyak yang biasanya tumpah pada perairan dan dapat mencemari lingkungan yaitu tumpahnya minyak untuk bahan bakar kapal *marine fuel oil*.

2.2.6 Delignifikasi

Delignifikasi adalah proses kimia untuk menghilangkan kadar hemiselulosa dan lignin (Trisanti dkk, 2018). Hemiselulosa adalah kumpulan polisakarida heterogen dengan berat moleku yang relatif lebih rendah. Sedangkan lignin merupakan gabungan dari senyawa yang berhubungan erat, mengandung karbon, *hydrogen* dan oksigen. Tetapi kandungan karbon lebih banyak dibandingkan dengan karbohidrat (Ismail, 2019). Pada proses delignifikasi, lignin akan terdegradasi oleh larutan pemasak menjadi molekul kecil yang dapat larut (Dewi dkk, 2019). Proses delignifikasi akan melarutkan kandungan lignin pada bahan

yang akan digunakan sehingga dapat mempermudah proses pemisahan lignin dengan serat. Pada proses delignifikasi sendiri dapat menyebabkan rusaknya struktur lignin dan melepas senyawa karbohidrat (Kurniaty, 2017). Proses delignifikasi ini menggunakan larutan NaOH hal tersebut berfungsi untuk merusak struktur lignin pada bagian kristalin dan amorf serta memisahkan sebagian hemiselulosa.



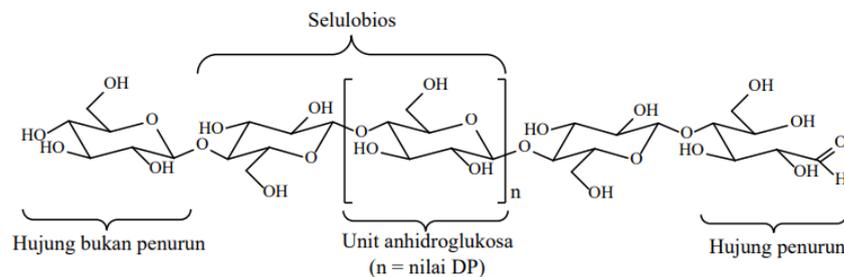
Gambar 2.3 Reaksi proses delignifikasi

(Sumber: Sumiati dkk, 2023)

Reaksi yang dapat terjadi berupa adanya ion OH⁻ berasal dari NaOH yang akan memutuskan ikatan struktur dasar lignoselulosa. Ion Na⁺ dapat sebagai pengikat lignin dan membentuk natrium fenolat. Garam fenolat yang dihasilkan bersifat mudah larut sehingga terpisah dengan alfa selulosa yang tidak larut saat penambahan NaOH (Sumiati dkk, 2023).

Selulosa (C₆H₁₀O₅), merupakan komponen penting yang terdapat pada hampir semua sel tumbuhan. Selulosa terdiri dari rantai polimer panjang yang terbentuk dari monomer glukosa. Selulosa merupakan polimer glukosa yang terbentuk dari rantai linier yang dihubungkan langsung dengan ikatan β-14 glikosidik. Struktur linier dapat menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut (Lismeri dkk, 2016). Selulosa memiliki karakteristik berupa keberadaan struktur kristalin, amorf serta hidrofilik (Makgret dkk, 2021). Selulosa dapat dimanfaatkan dalam berbagai produksi kertas, industri tekstil, pengemasan dan turunannya (Trisanti dkk, 2018).

Struktur molekul selulosa terbuat dari glukosa berulang dengan arsitektur, reaktivitas dan fungsi yang berbeda. Setiap unit glukosa berputar secara sterik sebesar 180° dengan searah, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai glukosa homopolimer sindiotasik. Homopolimer asimetris mempunyai dua ujung yang berbeda, ujung yang tidak mereduksi dan ujung yang mereduksi. Pada ujung non-pereduksi terdapat tambahan gugus ^-OH pada C4, gugus hidroksil pada terminal C1 merupakan hemiasetal dengan fungsi karboksiniil (pereduksi) pada ujung pereduksi (Salleh dkk, 2021).



Gambar 2.4 Struktur molekul selulosa

(Sumber: Salleh dkk, 2021)

2.2.7 Larutan yang Digunakan pada Pembuatan *Superhydrophobic Oil* Adsorben

Larutan ammonia merupakan senyawa yang tidak terionisasi, selain itu ammonia memiliki sifat yang basa lemah karena kemampuannya dalam menerima proton (H^+) dari larutan yang bersifat asam. Larutan ammonia juga memiliki bau yang sangat menyengat, selain itu ammonia dari sifat ammonia yang lainnya. Larutan ammonia memiliki kandungan yang dapat membentuk lapisan plastik. Pembuatan *superhydrophobic oil* adsorben selulosa dengan cara memodifikasi sampel yang bertujuan untuk pelapis. Pelapis tersebut berfungsi untuk melapisi selulosa supaya tahan terhadap air atau *hydrophobic*. Larutan yang digunakan untuk memodifikasi selulosa tersebut yaitu ammonia, isopropanol dan etanol anhidrat (Lv dkk,2018). Selain itu penambahan larutan *tetraethylorthosilicate* (TEOS) bertujuan untuk pembentukan lapisan yang bersifat *hydrophobic* atau tahan terhadap air (Bramantya dkk, 2023).

2.2.8 Parameter Air Limbah Minyak

Parameter air limbah berupa minyak dan lemak, residu klorin, pH, ammonia yang tertera pada Peraturan Daerah Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah usaha dan/atau kegiatan pengilangan *Liquified Natruleum Gases* (LNG) dan *Liquified Petroleum Gases* (LPG) Terpadu (Patty dkk, 2021).

Tabel 2.3 Baku mutu air limbah industri pengolahan minyak bumi*.

No.	Parameter	Kadar Maksimum
1.	TSS	150 mg/L
2.	BOD ₅	50 mg/L
3.	COD	100 mg/L
4.	Sulfida	0,5 mg/L
5.	Ammonia (NH ₃ -N)	8 mg/L
6.	Fenol	0,8 mg/L
7.	Minyak dan lemak	15 mg/L
8.	Residu klorin	2 mg/L
9.	mBAS	10 mg/L
10.	Kadmium	0,1 mg/L
11.	Krom heksavalen (Cr ⁶⁺)	0,5 mg/L
12.	Krom total (Cr)	1 mg/L
13.	Tembaga (Cu)	2 mg/L
14.	Timbal (Pb)	1 mg/L
15.	Nikel (Ni)	0,5 mg/L
16.	Seng (Zn)	10 mg/L
17.	pH	6,0-9,0
18.	Temperature	45°C
19.	Debit maksimum	0,8 L/detik/Ha lahan kawasan terpakai

(*Sumber: PERDA Jateng No. 5 Tahun 2012)

Keterangan:

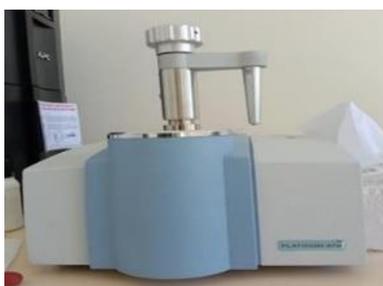


:Parameter yang diuji pada penelitian ini.

2.2.9 Karakterisasi *Superhydrophobic Oil* Adsorben

2.2.9.1 Gugus Fungsi

Karakterisasi gugus fungsi di uji menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dimana adalah suatu metode analisis berdasarkan pada prinsip interaksi suatu senyawa dengan radiasi elektromagnetik yang menghasilkan suatu getaran (vibrasi) dari suatu ikatan kimia poliatomik atau gugus fungsional senyawa kimia. Alat FTIR dengan spesifikasi Bruker Alpha II Platinum-ATR dapat digunakan untuk menganalisis karakterisasi gugus fungsi suatu sampel. Berikut ini gambar 2.5 menunjukkan alat FTIR yang digunakan pada penelitian pembuatan *superhydrophobic oil* adsorben selulosa.



Gambar 2.5 Instrumentasi FTIR spesifikasi Bruker Alpha II Platinum-ATR

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Superhydrophobic oil adsorben selulosa memiliki beberapa gugus fungsi yang berupa gugus OH Hidroksil pada rentang $3000 - 3750 \text{ cm}^{-1}$ (Husni dkk, 2018), gugus C-H pada rentang $2700 - 3000 \text{ cm}^{-1}$ (Husni dkk, 2018), gugus C-H Alkana pada rentang $1300-1500 \text{ cm}^{-1}$ (Hariyanto dkk, 2023), gugus CH₂ Ulur pada rentang $1300-1475 \text{ cm}^{-1}$ (Husni dkk, 2018), gugus C-H Alkil pada rentang $1300-1450 \text{ cm}^{-1}$ (Handayani dkk, 2018), C-O Ulur pada rentang $1000-1500 \text{ cm}^{-1}$ (Husni dkk, 2018), gugus C-H Tekuk pada rentang $1000-1300 \text{ cm}^{-1}$ (Husni dkk, 2018), C-O-C pada rentang $850-1080 \text{ cm}^{-1}$ (Handayani dkk, 2018), gugus Si-O pada rentang $800-900 \text{ cm}^{-1}$ (Handayani dkk, 2018), gugus C-H Alkena pada rentang $700-925 \text{ cm}^{-1}$ (Masindi & Herdyastuti, 2017), C-H Alkana pada rentang $690-900 \text{ cm}^{-1}$ (Masindi & Herdyastuti, 2017), gugus Si-O-Si pada rentang $470-800 \text{ cm}^{-1}$ (Lv dkk, 2018).

Tabel 2.4 Gugus fungsi yang terdapat pada selulosa.

Gugus Fungsi	Rentang Bilangan Gelombang (cm⁻¹)	Sumber
O-H Hidroksil	3000 - 3750	Husni dkk, (2018)
C-H	2700 - 3000	Husni dkk, (2018)
C-H Alkana	1300 - 1500	Hariyanto dkk, (2023)
CH ₂ Ulur	1300 - 1475	Husni dkk, (2018)
C-H Alkil	1300 – 1450	Handayani dkk, (2018)
C-O Ulur	1000 - 1500	Husni dkk, (2018)
C-H Tekuk	1000 - 1300	Husni dkk, (2018)
C-O-C	850 – 1080	Handayani dkk, (2018)
Si-O	800 – 900	Handayani dkk, (2018)
C-H Alkena	700 - 925	Masindi & Herdyastuti, (2017)
C-H Alkana	690 – 900	Masindi dan Herdyastuti, (2017)
Si-O-Si	470 – 800	Lv dkk,(2018)

2.2.10 Parameter Analisis Pengaplikasian *Superhydrophobic Oil* Adsorben

2.2.10.1 Minyak Dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan salah satu sumber pencemar yang belum tertangani dengan baik. Apabila minyak dan lemak tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air, maka akan menimbulkan permasalahan seperti minyak mengapung dan menutupi permukaan air serta mengurangi difusi oksigen dan mengganggu mikroorganisme dalam air. Lapisan minyak dan lemak mengurangi aktivitas pengolahan secara biologis. Hal ini menyebabkan penurunan kadar oksigen sulit menjadi oksidatif bagi mikroba dan menyebabkan kerusakan ekologi pada badan air. Kandungan minyak dan lemak juga berpengaruh pada pencemaran air tanah, bila kita hidup pada kondisi lingkungan yang telah tercemar dan mengkonsumsi sesuatu darinya bisa membahayakan kesehatan tubuh dan berbagai penyakit seperti diare dan disentri dapat timbul di masyarakat (Aniska dkk, 2022).

2.2.10.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman dikenal dengan Lambang pH diambil dari bahasa Perancis “*pouvoir hydrogene*”, artinya tenaga hidrogen menuju eksponensial. pH adalah derajat keasaman yang dapat digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan pada suatu larutan. pH asam merupakan jumlah konsentrasi ion Hidrogen (H^+) sedangkan pH basa merupakan jumlah konsentrasi ion hidroksil (OH^-). Ion hidrogen (H^+) yang tinggi didalam air akan menyebabkan air bersifat asam dan ion hidroksida (OH^-) yang terkandung didalam air akan menyebabkan air bersifat basa. pH merupakan jumlah konsentrasi ion hidrogen (H^+) pada larutan yang menyatakan tingkat keasaman dan kebasaan yang dimiliki. pH merupakan besaran fisis dan diukur pada skala 0 sampai 14 (Basuki, 2021). Bila $pH < 6,5$ larutan bersifat asam, $pH > 7,5$ larutan bersifat basa dan $pH 6,5 - 7,5$ maka larutan bersifat netral.

2.2.10.3 Residu Klorin

Residu klorin merupakan metode yang dilakukan untuk menentukan jumlah kadar klorida (Cl^-) dalam air limbah dengan cara di titrasi pada kisaran kadar 1,5 mg/L sampai dengan 100 mg/L. Kehadiran klor bebas berkemampuan mencegah pertumbuhan mikroba di dalam air. Oleh karena itu perlu untuk diketahui pengaruh residual klorin terhadap kualitas mikrobiologi, untuk menjamin air bersih bebas dari mikroba. Aktivitas klorin dalam membunuh mikroorganisme ialah melalui penghambatan aktifitas pernafasan, yang dapat mengakibatkan kematian sel mikroorganisme. Pada konsentrasi tinggi yaitu 1 mg/L diketahui klorin dapat menurunkan 5 log (siklus) bakteri E. coli dalam waktu 30 detik. Penggunaan klorin yang berlebihan juga dapat berbahaya bagi makhluk hidup lainnya terutama dapat merusak jaringan tubuh manusia (Habibi dkk, 2019).

2.2.10.4 Ammonia

Ammonia (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yg menjadi NH_4^+ di pH rendah yang dianggap dengan ammonium. Ammonia dapat beracun bagi kehidupan akuatik pada konsentrasi tinggi dan menunjukkan tingkat pencemaran nitrogen pada badan air. Ammonia pada air permukaan berasal dari air seni, tinja dan

penguraian zat organik secara mikrobiologis yang dari berasal air alam atau air buangan industri ataupun limbah domestik. Adanya ammonia tergantung pada beberapa faktor yaitu sumber-sumbernya ammonia, tumbuhan air yang menyerap ammonia menjadi nutrisi, konsentrasi oksigen, dan temperatur (Agustiani & Mirwan, 2024).

Kadar ammonia yang tinggi di pada air limbah menunjukkan adanya pencemaran. Ammonia dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan perairan. Konsentrasi tadi tergantung berasal pH serta temperatur yg mempengaruhi air. Nitrogen ammonia berada dalam air sebagai amonium (NH_4^+) berdasarkan reaksi kadar ammonia bebas dalam air meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan temperatur. Mikroorganisme air yang terpengaruh oleh amoniak di konsentrasi 1 mg/l serta dapat mengakibatkan kematian. Kandungan organik serta unsur hara lain pada konsentrasi tinggi terutama nitrogen dalam bentuk ammonia (NH_3) di dalam air akan mempercepat pertumbuhan tumbuhan air, kondisi demikian akan menyebabkan kematian biota dalam air (Palaefolius dkk, 2024).

2.3 Hipotesis

Hipotesis atau jawaban sementara dari penelitian *superhydrophobic oil* adsorben dari daun glodokan tiang untuk menyerap *oil* dalam air limbah industri berupa:

- a. *Superhydrophobic oil* adsorben dari daun glodokan tiang memiliki kadar selulosa 40%-60%, hidrofobisitas yang dapat takut dengan air, morfologi struktur permukaan berserat dan gugus fungsi O-H hidroksil, C-H, C-H alkana, CH_2 ulur, C-H alkil, C-O ulur, C-H tekuk, C-O-C, Si-O, C-H alkana, C-H alkana, Si-O-Si.
- b. Efektifitas *superhydrophobic oil* adsorben dari daun glodokan tiang yang optimal untuk pemisah *oil* dalam air limbah mampu menghasilkan polutan sampai derajat keasaman (pH) 6,0 – 9,0, serta menurunkan minyak dan lemak sampai dibawah < 5 mg/L, ammonia dibawah <8 mg/L, dan residu klorin sampai dibawah < 2 mg/L didasarkan pada perturan Daerah Jateng Nomor 5 Tahun 2012 mengenai baku mutu air limbah industri pengolahan minyak bumi.