

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Industri Tekstil

Industri tekstil ialah manufaktur yang mengolah serat menjadi benang dan kain. Produk tekstil terdiri dari serat, benang, kain, dan pakaian. Industri di bidang ini tumbuh setiap tahunnya sebesar 0,85% serta memegang peranan penting di Indonesia (Rohayati *et al.*, 2017) dan menurut Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, pada tahun 2019 pertumbuhan industri tekstil mencapai 15,35% (Abdurahman dan Kahdar, 2021).

Perkembangan industri tekstil didukung dengan pertumbuhan pesatnya pertumbuhan penduduk sehingga kebutuhan masyarakat terhadap sandang mengalami peningkatan (Wardhani dan Salsabila, 2021). Perkembangan ini diikuti dengan peningkatan risiko kerusakan lingkungan yang terjadi akibat dari pembuangan limbah, hal tersebut karena di dalam prosesnya air dan bahan kimia digunakan cukup besar (Rohayati *et al.*, 2017). *Sizing, desizing, bleaching, mercerizing, dyeing, printing, dan packaging* merupakan proses-proses dalam industri tekstil. Dari semua proses di industri tekstil, prosedur pencelupan dan pencetakan adalah yang paling banyak menghasilkan limbah karena menghasilkan antara 15% hingga 20% dari total air limbah tekstil yang mengandung banyak pewarna (Martina *et al.*, 2018).

2.1.1. Pencemaran Limbah Tekstil

Limbah cair dari sektor tekstil merupakan sumber utama pencemaran lingkungan. Limbah tekstil yang dihasilkan sangat berpotensi mencemari lingkungan (Haryono *et al.*, 2018). Secara volume, limbah cair merupakan penyumbang paling utama pada limbah industri tekstil di perairan maupun selokan di Indonesia (Enrico, 2019). Menurut Rohayati, *et al* (2017) amonia dan bahan kimia organik dapat ditemukan dalam limbah pabrik tekstil. Limbah tekstil sangat sulit untuk diuraikan karena adanya senyawa yang sangat kompleks dalam bentuk garam, pewarna, dan logam berat serta partikel padat yang tidak larut. Ion

logam As, Cd, Cr, Pb, Cu, dan Zn merupakan jenis ion logam yang paling sering ditemukan pada limbah cair industri tekstil (Mahatmanti *et al.*, 2019). Keberadaan zat warna yang hadir dalam berbagai senyawa kimia dengan jumlah yang bervariasi merupakan faktor utama di balik rendahnya kualitas air yang tercemar limbah tekstil (Haryono *et al.*, 2018).

Diketahui bahwa perairan sangat rentan terhadap pencemaran dibandingkan dengan daerah lain, dan sulit untuk menentukan tingkat pencemarannya. Airnya mungkin tampak jernih meskipun polutan telah ada dalam waktu yang lama sehingga membentuk sedimen (Slama *et al.*, 2021). Limbah yang ditimbulkan industri tekstil ada yang bersifat bahan berbahaya dan beracun (Wardhani dan Salsabila, 2021). Hal tersebut dikarenakan beberapa jenis bahan pewarna yang beracun dan dapat menyebabkan kanker serta mutasi pada manusia dan kehidupan di ekosistem perairan. (Haryono *et al.*, 2018). Air limbah berwarna yang dikeluarkan dari industri mengandung antara 10 dan 200 mg/L zat warna dan campuran bahan kimia dan aditif organik dan anorganik lainnya. Bahkan, setelah diolah melalui prosedur standar diketahui sebanyak 90% dari pewarna kandungan kimiawinya masih utuh dan tidak berubah (Jamee dan Siddique, 2019).

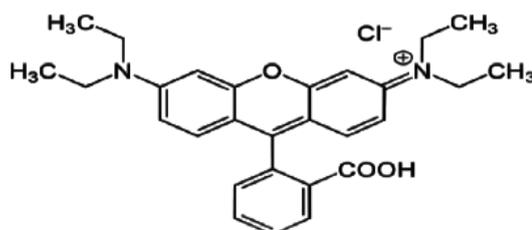
2.1.2. Zat Pewarna Tekstil

Zat warna sintesis memiliki beberapa keunggulan, diantaranya ialah mudah larut di dalam air, mudah diserap, dan sangat cepat dalam pewarnaan dibandingkan dengan pewarna alami dan memberikan fleksibilitas yang besar dalam warna (Jamee dan Siddique, 2019). Sebagian besar pewarna tekstil dibuat dari zat organik *non-biodegradable* yang bisa terurai secara alami secara perlahan oleh sinar ultraviolet dalam jangka waktu lama, sehingga lebih mudah terakumulasi di tanah dan air (Sitanggang, 2017). Selain itu, sebagian besar zat warna diciptakan agar tahan terhadap pengaruh lingkungan termasuk pH, suhu, dan mikroba (Ernawati *et al.*, 2020). Zat warna ialah senyawa organik yang tergolong reaktif, asam, basa, serta menunjukkan kelarutan yang tinggi di dalam air sehingga akan sulit terdegradasi menggunakan metode konvensional (Lellis *et al.*, 2019). Menurut Haryono, *et al.* (2018) hal tersebut disebabkan zat warna

mempunyai 2 tipe gugus kunci dalam satu molekul yaitu kromofor dan auksokrom. Sementara kromofor berkontribusi pada pembentukan warna, auksokrom memberi molekul pewarna kemampuan untuk larut dalam air dan meningkatkan afinitasnya terhadap serat kain. Sebagian besar pewarna sintetis disuplai dalam bentuk cairan, bubuk, pasta, atau butiran dan diproduksi dari senyawa petrokimia (Jamee dan Siddique, 2019). Pewarna sintetis dibuat melalui proses kimia yang melibatkan konstituen tar, arang, batubara, dan minyak bumi, yang terbuat dari molekul hidrokarbon aromatik seperti benzena, naftalena, dan antrasena (Sitanggang, 2017).

2.1.3. *Rhodamine B*

Pewarna sintetis *Rhodamine B* ($C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$) banyak digunakan sebagai pewarna kertas dan tekstil (Riyanti *et al.*, 2018). *Rhodamine B* adalah bubuk kristal yang tidak berbau, mudah larut, hijau atau ungu kemerahan. *tetraethyl rhodamin, D* dan *C Red No.19*, dan *Rhodamine B chloride* merupakan nama lain dari *Rhodamine B*. (Prayoko dan Thristy, 2017). *Rhodamine B* dilaporkan memiliki berat molekul sekitar 479,06 Dalton (BPOM RI, 2008).



Gambar 2. 1. Struktur *Rhodamine B* (Fauzi *et al.*, 2019)

Rhodamine B adalah zat warna basa yang terdiri dari garam-garam klorida atau oksalat (Mahatmanti *et al.*, 2019). *Rhodamine B* bersifat kompleks karena struktur aromatikanya tidak dapat terurai di dalam air karena stabilitas optik, termal, dan fisiknya (Oyekanmi *et al.*, 2019). Berdasarkan strukturnya zat warna ini dapat bersifat sebagai *zwitter ion* (bersifat asam maupun basa). *Rhodamine B* memiliki senyawa pengalkilasi (CH_3-CH_3) dan termasuk bahan kimia halogen reaktif dan berbahaya yang disebut senyawa klorin (Cl). Pada senyawa halogen, atom klorin bersifat sangat reaktif dan merupakan senyawa radikal (Laili *et al.*,

2021). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No.239/Menkes/Per/V/Tahun 1985 tentang zat warna tertentu yang dinyatakan sebagai bahan berbahaya, penggunaan *Rhodamine B* dalam obat-obatan, makanan, dan kosmetik telah dilarang. *Rhodamine B* diizinkan penggunaannya sebagai zat warna untuk kertas, tekstil, wol, sutra, dan sebagai reagensia untuk analisis antimon, kobalt, bismut, dan lain-lain (BPOM RI, 2008). *Rhodamine B* diklasifikasikan sebagai pewarna karsinogenik dan neurotoksik yang menyebabkan infeksi saluran pernapasan, iritasi kulit, iritasi saluran pencernaan dan infeksi mata dengan tingkat toksisitas tinggi pada manusia dan hewan. Penggunaan *Rhodamine B* secara ekstensif bersifat toksik jika terhirup dan tertelan serta menyebabkan kerusakan hati dan tiroid (Al-Gheethi *et al.*, 2022).

2.2. Ekosistem Mangrove di Desa Panipahan

Hutan mangrove merupakan ekosistem utama pendukung aktivitas kehidupan di wilayah pantai dan memegang peran penting dalam menjaga keseimbangan siklus biologis lingkungan (Suharni, 2021). Hutan mangrove memiliki karakteristik yang berbeda jika dibandingkan dengan ekosistem lain karena dibatasi oleh variasi spatio-temporal dalam faktor abiotik seperti suhu, salinitas, nutrisi, eutrofikasi, dan polusi (Mamangkey *et al.*, 2021). Secara ekologis, mangrove berfungsi sebagai tempat bertelur, pembibitan, dan mencari makan berbagai jenis ikan sehingga hal ini yang menjadikan hutan mangrove sebagai produsen utama dalam rantai makanan ekosistem pesisir (Khalwani *et al.*, 2021). Menurut Suharni (2021), di Indonesia, terdapat sumber daya mangrove yang melimpah. Salah satunya terletak di Kabupaten Rokan Hilir yang merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Riau hasil pemekaran dari Kabupaten Bengkalis, sesuai dengan UU No. 53 Tahun 1999. Wilayah Kabupaten Rokan Hilir terletak pada bagian pesisir timur pulau Sumatera antara 10°14'–2°14'LU dan 100°16'–101°21'BT (Widjaya *et al.*, 2020), dengan total luas wilayah yaitu 8.881,59 Km² (TIM IT Diskominfo, 2020). Ekosistem mangrove di Kabupaten Rokan Hilir memiliki luas mencapai 16.726,80 Ha yang terletak di tiga Kecamatan, yaitu Kecamatan Bangko seluas 10.340,40 Ha, Kecamatan Pasir Limau Kapas seluas

3.269,40 Ha dan Kecamatan Sinaboi seluas 2.667,00 Ha (Warningsih *et al.*, 2020). Pada umumnya hutan mangrove di Kabupaten Rokan Hilir tumbuh secara alami yang jika tidak diperhatikan akan mengalami kerusakan (Warningsih *et al.*, 2020). Desa Panipahan merupakan salah satu wilayah potensial ekosistem mangrove sebagai komoditi perikanan di Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau karena wilayahnya didominasi oleh laut dan terletak di perairan malaka (Hendri *et al.*, 2020), serta merupakantempat bertemunya dua massa air yaitu massa air tawar dan massa air laut yang landai dan berlumpur (Constina *et al.*, 2017).

2.3. Tumbuhan Mangrove *Avicennia marina*

Avicennia marina merupakan spesies pionir dalam ekosistem mangrove (Li *et al.*, 2020) dengan distribusi terluas yang ditandai dengan kehadirannya di berbagai gradien lingkungan misalnya, suhu, air tawar, sedimen, dan suplai nutrisi, salinitas, kisaran pasang surut dan pengaturan spasial misalnya, garis pantai terbuka, laguna pantai, muara, delta, pinggiran karang (Friis *et al.*, 2021). Penyebaran tumbuhan *Avicennia marina* sangat luas, diketahui *Avicennia marina* tumbuh di Afrika, Asia, Amerika Selatan, Australia, Polinesia dan Selandia Baru serta ditemukan melimpah di seluruh Indonesia (Rosyid, 2020).

2.1.1. Klasifikasi *Avicennia marina*

Klasifikasi *A. marina* menurut Cronquist (1981) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Lamiales
Family	: Acanthaceae
Genus	: <i>Avicennia</i>
Spesies	: <i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh.

2.1.2. Morfologi Tumbuhan *Avicennia marina*



Gambar 2. 2. *Avicennia marina*(Harty, 2011)

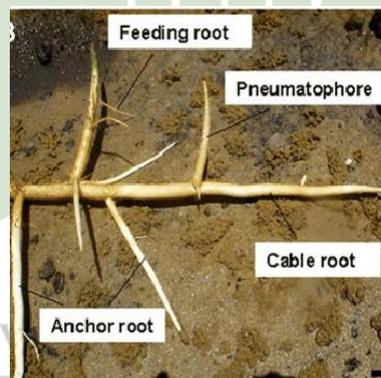
Avicennia marina termasuk ke dalam famili Avicenniaceae (Aljaghtmi *et al.*, 2018) dan dikenal sebagai ‘bakau abu-abu’ karena kulitnya yang berwarna abu-abu (Shing *et al.*, 2017). *Avicennia marina* memiliki ciri yang khas yaitu daun-daun dengan kelenjar garam di permukaan bawahnya, kristal garam di sisi bawah daun *Avicennia marina* menunjukkan kelebihan garam yang dibuang oleh tumbuhan tersebut (Rosyid, 2020). *Avicennia marina* adalah tanaman tegak yang tumbuh hingga setinggi 30 meter dan memiliki kulit halus berwarna hijau keabu-abuan serta tangkai daun dan ranting muda berwarna kuning. *Avicennia marina* berbuah sepanjang tahun (Zurba, 2017). *Avicennia marina* memiliki bunga berwarna putih atau kuning keemasan. Buahnya memiliki kotiledon besar yang mengelilingi batang bibit baru (Aljaghtmi *et al.*, 2018).



Gambar 2. 3. Akar Napas *Avicennia marina*(Asmani *et al.*, 2018)

Avicennia marina memiliki *pneumatophore* berbentuk pensil yang muncul dari dasar untuk aerasi pada tanah yang tergenang air (Shing *et al.*, 2017). *Avicennia marina* beradaptasi terhadap kondisi anaerobik dengan

mengembangkan sistem akar yang unik dan rongga udara di dalamnya, terdapat empat tipe akar mangrove *Avicennia marina* melalui cara tumbuhnya (Rosyid, 2020). Pertama, akar muncul dari hipokotil; setelah tumbuh akan mengarah ke bawah dan berkembang menjadi akar kabel horizontal yang menyebar beberapa meter dari batang. Kedua, *pneumatophore* vertikal yang tumbuh ke atas muncul dari akar kabel horizontal dan mengekspos ujungnya ke udara dengan tujuan untuk mengambil oksigen. Ketiga, akar yang tumbuh dari akar jangkar dan dasar *pneumatophore* menciptakan percabangan di bawah permukaan tanah yang biasa disebut akar nutrisi. Terakhir, akar jangkar vertikal yang tumbuh ke bawah juga muncul dari akar kabel, menyokong tanaman dari dalam tanah berlumpur (Hao *et al.*, 2021). Akar nutrisi berfungsi menyerap zat hara dari sedimen. Akar *pneumatophore* berfungsi sebagai tempat pertukaran udara, respirasi, dan absorpsi zat. Sedangkan akar kabel berfungsi untuk menembus lapisan dalam tanah untuk memperluas permukaan (Rosyid, 2020). *Avicennia marina* juga memiliki akar gantung yang tumbuh dari batang dan tidak menyentuh substratnya yang berfungsi untuk pertukaran gas (Djamaluddin, 2018).



Gambar 2. 4. Tipe Akar *Avicennia marina* (Purnama, 2017)

2.1.3. Manfaat Mangrove *Avicennia marina*

Daun *Avicennia marina* sering dimanfaatkan untuk mengobati kulit terbakar dan pakan ternak. Buah dapat dimakan dan kayunya menghasilkan bahan kertas berkualitas tinggi (Rosyid 2020). Tumbuhan mangrove juga digunakan sebagai pengawet pangan karena mengandung senyawa antibakteri seperti steroid, triterpenoid, saponin, flavonoid, alkaloid, dan tanin yang berperan menghambat pertumbuhan mikroorganismenya (Sumartini *et al.*, 2021).

2.4. Bakteri Symbion Akar Mangrove

Telah diketahui bahwa keanekaragaman mikroba di habitat mangrove meliputi berbagai macam bakteri. Bakteri asosiasi dan simbiotik dapat ditemukan di ekosistem mangrove (Sa'adah, 2020). Aktivitas mikroorganisme seperti bakteri pada ekosistem mangrove mampu meningkatkan produktivitas di lingkungan mangrove dengan mendekomposisi bahan-bahan organik yang pada akhirnya dapat menghasilkan hara dalam jumlah besar (Ashari dan Warsidah, 2021). Bakteri ini terdapat di sekitar akar pohon mangrove (Pattalolo *et al.*, 2020). Bakteri simbion melakukan interaksi biokimia dengan inangnya yang menyebabkan bakteri simbion tersebut mampu menghasilkan zat bioaktif (Franyoto *et al.*, 2020). Dengan metabolit sekunder yang dihasilkan, bakteri simbion biasanya melindungi biota atau inang yang ditumpanginya. Metabolit sekunder adalah kelas zat yang memiliki struktur kimia yang berbeda dan khas untuk setiap jenis organisme, memiliki berat molekul kecil, jumlahnya sedikit, dan berfungsi sebagai mekanisme pertahanan organisme melawan penyakit, agen pertumbuhan, atau hormon (Ginting *et al.*, 2019).

Hal ini sesuai dengan wahyu Allah SWT yang terlihat dalam QS Al-Furqan 25:2, yang berbunyi:

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ
شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا (٢)

Artinya : Kerajaan langit dan bumi adalah milik-Nya; (Dia) tidak memiliki anak, dan (Dia) tidak memiliki wakil penguasa atas kedaulatan (Nya). Semuanya pertama kali dibangun, dan baru setelah itu dia memutuskan seberapa besar setiap objek seharusnya.

Dikutip dari halaman resmi Quran Kemenag (2020), tafsir Surah Al-Furqan ayat 2 ialah mengenai Allah yang menurunkan “Furqan” adalah Dia yang memiliki kerajaan langit dan bumi. Kekuasaan-Nya begitu hebat dan kemampuan-Nya tidak terbatas dalam mengurus keduanya. Dia tidak mempunyai anak karena Dia tidak membutuhkannya, dan tidak pula ada sekutu bagi-Nya dalam

kekuasaan-Nya karena Dia Maha Kuasa sehingga tidak membutuhkan bantuan, dan Dia menciptakan segala sesuatu lalu menetapkan ukuran-ukurannya dengan tepat, teliti, dan penuh hikmah. Menurut tafsir Shihab (2017) hanya Allah pemilik sah dari alam surga dan bumi. Dia belum menikah dan tidak memiliki anak atau pasangan. Dia menciptakan segalanya dan memberi masing-masing ukuran yang sangat spesifik dan seperangkat aturan rahasia. Menurut sains modern, semua makhluk hidup mengikuti pola yang sangat tepat dan konsisten pada setiap tahap kemunculan dan pertumbuhannya. Selain Allah, Sang Pencipta dan Dzat Yang Maha Kuasa, tidak ada orang lain yang mampu melakukannya. Dari sudut pandang peristiwa, terbukti bahwa semua makhluk, terlepas dari variasi jenis dan bentuk, terdiri dari sejumlah kecil unsur—hampir seratus. Hanya 90 di antaranya yang baru diketahui. Sifat-sifat alami, kimiawi dan berat atomnya tumbuh secara berangsur-angsur. Dimulai dengan unsur nomor satu, yaitu hidrogen yang memiliki berat atom 1. Unsur terbaru yang ditemukan adalah unsur 96, dikenal sebagai urea, yang berat atomnya adalah uranium, yang memiliki massa 238,57. Unsur-unsur tersebut bersatu membentuk suatu komposisi yang selalu mengikuti kaidah-kaidah yang telah ditetapkan. Tumbuhan dan hewan memiliki sifat yang sama. Masing-masing dibagi menjadi kelas dan tipe.

Menurut tafsir surah al-Furqan ayat 2, Allah menciptakan berbagai macam hewan, baik besar maupun kecil, di langit dan di bumi, serta mikroorganisme. Sesuai dengan berbagai tugasnya. Contohnya, bakteri simbion pada akar mangrove *Avicennia marina*, yang merupakan mikroorganisme ciptaan Allah SWT dan berpotensi untuk digunakan sebagai agen biodegradasi pewarna tekstil selain memberikan efek menguntungkan bagi inangnya.

Bakteri simbion terdiri dari bakteri endofit maupun bakteri epifit. Bakteri endofit ialah bakteri yang hidup di dalam jaringan tumbuhan serta mampu membentuk suatu koloni dalam jaringan tumbuhan tanpa memberi efek negatif pada inangnya (Prihanto *et al.*, 2018), serta berperan mengambil nutrisi tumbuhan (Sihombing *et al.*, 2018). Sedangkan bakteri epifit merupakan bakteri yang hidup pada permukaan tumbuhan (Aksarah *et al.*, 2019). Sejauh ini bakteri endofit sebagian besar belum dimanfaatkan secara maksimal (Prihanto *et al.*,

2018). *Avicennia marina* diketahui mempunyai ragam bakteri endofit yang dapat dijadikan sebagai agen biokontrol yang efisien (Ramadhanty *et al.*, 2021). Sedangkan bakteri epifit sedikit yang diketahui tentang keanekaragamannya pada habitat mangrove (Moitinho *et al.*, 2019). Yin and Yan (2020) melaporkan keanekaragaman bakteri epifit pada akar mangrove dipengaruhi oleh elevasi pasang surut air laut.

2.5. Biodegradasi *Rhodamine B*

Air limbah yang dihasilkan oleh pewarna *Rhodamine B* ditandai dengan adanya kromatisitas tinggi, degradasi biokimia akan sulit dilakukan apabila konsentrasi polutan organik tinggi (Xu dan Ma, 2021). Fauzi *et al.*, (2019) mengklaim bahwa berbagai teknik, termasuk flotasi, sedimentasi, dan prosedur adsorpsi karbon aktif, telah dikembangkan untuk pengolahan limbah pewarna *Rhodamine B*. Namun teknik-teknik ini kurang efektif karena zat warna tekstil akan terserap di adsorben sebagai senyawa kompleks (Wiyono *et al.*, 2018) dan akan merusak lingkungan sekali lagi jika dilepaskan ke area sekitarnya.

Sebagai alternatif pengolahan limbah zat warna dikembangkan dengan bantuan mikroba yang sering disebut dengan proses biodegradasi. Bakteri adalah organisme yang memiliki kemampuan dalam proses biodegradasi limbah (Sa'adah, 2020) dan dapat mengurai pewarna tekstil dalam kondisi aerob maupun anaerob (Lellis *et al.*, 2019). Penggunaan mikroorganisme diketahui dalam prosesnya aman terhadap racun dan mampu menghilangkan zat warna sintesis yang sangat kompleks. Sa'adah dan Novitassari (2022) melaporkan bahwa bakteri simbiosis yang diisolasi dari sampel akar mangrove *Avicennia marina* memiliki kesamaan kandungan metabolit sekunder dengan inangnya, seperti tanin, steroid, dan triterpenoid sehingga dapat dimanfaatkan tanpa perlu dilakukan pennebangan dalam pengambilan sampel. Hal tersebut dapat menjadi solusi seperti yang telah dilaporkan oleh Rozirwan dan Hendri (2021) bahwa bakteri ataupun jamur alami berada di dalam maupun di luar akar tanaman dan air, serta berkontribusi pada proses penghilangan polutan pada perairan.