

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan, permintaan terhadap bahan perekat semakin meningkat diberbagai bidang industri. Perekat kayu memiliki peran penting dalam aplikasi industri skala besar, salah satunya dalam bidang manufaktur furniture. Permintaan perekat kayu di seluruh dunia diperkirakan akan meningkat di masa depan. Hal ini serupa dengan data pada tahun 2020 yang menyatakan bahwa perekat kayu secara pasar global meningkat hingga mencapai 15,8 miliar (USD) dan diperkirakan akan terus meningkat sampai tahun 2028 hingga mencapai 21,9 miliar (USD). Asia merupakan konsumen perekat kayu terbesar hingga mencapai 32% di pasaran global (Hussin et al., 2022). Di Indonesia perekat sintetik komersial digunakan sebagai perekat kayu seperti fenol formaldehida dan perekat berbasis karet. (A et al., 2022). Menurut Pizzi dalam Gong et al, 2020 Resin formaldehida diproduksi secara sintetis dari sumber daya tak terbarukan seperti minyak bumi dan gas alam yang digunakan untuk papan partikel, papan kekuatan berorientasi, dan kayu lapis setiap tahunnya di Amerika Serikat mencapai ≥ 10 miliar (Gong et al., 2020).

Badan Internasional untuk Penelitian Kanker mengklasifikasikan formaldehida sebagai “karsinogenik bagi manusia” pada tahun 2004, sehingga berdasarkan Lembar Data Keamanan Bahan (MSDS) laboratorium ilmiah formaldehida diklasifikasikan sebagai zat kanker dan beracun dengan toksisitas akut (LD50) 100 mg/kg. (Aristri et al., 2021). Formaldehid mampu melepaskan gas karsinogenik yang berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan sekitar. Menurut Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia, kadar tertinggi formaldehid di tempat kerja yang diperkenankan adalah sebesar 0,3 ppm. Salah satu karakteristik formaldehid adalah baunya yang tajam dan baunya dapat tercium pada konsentrasi yang rendah, yakni 0,5 ppm. National Academy of Science (NAS) melakukan penelitian pada tahun 1981 tentang pemajanan formaldehid, dalam penelitian tersebut dapat diketahui bahwa kadar formaldehid udara sebesar 0,1–0,5 ppm dapat menyebabkan responden mengalami gejala iritasi pada mata dan iritasi umum pada saluran pernapasan atas. Hal ini serupa dengan jenis perekat *phenol-formaldehyde* memiliki kemampuan memaparkan bahaya tersendiri yaitu karsinogenik dalam jangka panjang. Paparan formaldehida ini dapat

menyebabkan berbagai macam penyakit salah satunya leukeimia (Gong et al., 2020). Perekat *phenol-formaldehyde* merupakan perekat sintetis yang berasal dari produk turunan pengolahan minyak bumi (Hussin et al., 2022). Produksi formaldehida secara sintetis dari sumber daya tak terbarukan mengakibatkan emisi gas rumah kaca. Pada masa sekarang dengan meningkatnya gas karbon dioksida di dunia, maka perubahan dunia ke arah berkelanjutan dan ramah lingkungan telah menarik banyak perhatian. Hal ini sesuai dengan data yang dilaporkan bahwa sebesar 34,74 miliar ton CO₂ pada tahun 2021 berasal dari pembakaran bahan bakar fosil secara keseluruhan yang menunjukkan bahwa peningkatan gas karbon sangat menglobal (Omenu & Adinugroho, 2024). Demikian pula pada tahun 2023 sampai sekarang gas karbon dioksida, metana dan dinitrogen oksida mengalami kenaikan dan terus meningkat yang mengakibatkan gas rumah kaca meningkat pula sesuai dengan laporan dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

Oleh karena itu diperlukan perekat yang ramah lingkungan (berbasis biologis), ekonomis dan terbarukan tanpa menggunakan formaldehida. Hal ini dijelaskan dengan banyaknya industri yang mengembangkan minat terhadap pengembangan aplikasi berbasis lignin. Lignin merupakan polimer aromatik dengan strukturnya yang bercabang terdiri dari substituen hidroksil dan metoksil, ikatan C-H dan ikatan C=C (alifatik dan aromatik) dengan monomer fenilpropana dan berbentuk amorf. Menurut penelitian terbaru lignin sudah diaplikasikan dalam bidang farmasi, perekat, serat karbon dan poliuretan. Lignin merupakan bahan terbarukan yang murah dan banyak digunakan salah satu contohnya sebagai pengganti minyak sebagai bahan baku kaya karbon (Gendron et al., 2022). Lignin berasal dari tumbuhan (pohon) yang jumlahnya melimpah di alam setelah selulosa. Lignin berfungsi sebagai pengikat serat tumbuhan, dapat mengurangi permeasi air melalui dinding sel xilem dan sebagai pertahanan kerusakan alami seperti menahan invasi enzim berbahaya ke dalam dinding sel (Ang et al., 2019). Berdasarkan strukturnya, lignin mengandung fenol dan ikatan C-H yang dapat digunakan sebagai pengganti fenol dalam sintesis resin fenol formaldehida (PF) yang kurang beracun dan harganya ekonomis (Gendron et al., 2022).

Resin PF memiliki tujuan utama dalam isolasi atau sebagai perekat kayu. Resin PF digabungkan dalam beberapa jenis lignin seperti lignin kraft dan organosolv. Lignin kraft

merupakan jenis lignin teknis yang diproduksi secara komersial mengandung sulfur dan berasal dari salah satu proses *pretreatment* utama untuk memisahkan lignin dari kayu (Ghahri & Park, 2023). Lignin kraft memiliki kinerja paling baik, hal ini dikarenakan lignin kraft memiliki berat molekul yang rendah, *mannich* tinggi dan kandungan gugus hidroksilnya tinggi. Sintesis dan kinerja resin PF ini selain dipengaruhi oleh sifat lignin, parameter seperti kemurnian dan kandungan yang dapat diekstrak juga dapat mempengaruhi (Gendron et al., 2022). Lignin kraft dapat digunakan sebagai polioliol perekat komposit kayu untuk membentuk ikatan poliuretan dengan polimetilen polifenil isosianat (pMDI) yang kurang beracun, proses pengawetannya cepat, dan ketahanan cuacanya baik (Aristri et al., 2021).

Beberapa tahun terakhir ini muncul cairan ionik sebagai metode baru untuk modifikasi lignin. Cairan ionik merupakan garam yang tersusun atas kation organik dan anion anorganik dan termasuk ke dalam jenis sistem ionik yang memiliki wujud cair pada suhu kamar. Cairan ionik digunakan dalam pemisahan material dan reaksi kimia karena memiliki stabilitas yang baik, ramah lingkungan dan mudah digunakan kembali. Beberapa tahun terakhir ini cairan ionik yang digunakan untuk melarutkan lignin adalah pelarut eutektik dan garam imidazolium (Xian et al., 2021). Namun penggunaan cairan ionik masih menimbulkan kekhawatiran mengenai produk sampingan yang dihasilkan, tingginya biaya cairan ionik dan toksisitas jangka panjangnya yang tidak jelas dan dapat membatasi penerapannya di banyak bidang (Hong et al., 2019). Oleh karena itu, para peneliti telah mengembangkan cairan analog dari cairan ionik, yaitu cairan ionik eutektik (*Eutectic Based Ionic Liquids*, EILs) yang termasuk dalam *deep eutectic solvent* (EILS), sebagai pelarut baru yang ramah lingkungan, tidak mahal (ekonomis) dan tidak beracun. EILS merupakan campuran eutektik cair yang terdiri dari donor ikatan hidrogen (HBD) dan akseptor ikatan hidrogen (HBA) yang telah banyak digunakan dalam mengekstrak dan melarutkan lignin (Chen et al., 2020). Cairan ionik eutektik berbasis seng klorida merupakan salah satu tipe EILS yang dapat melarutkan dan memodifikasi lignin dengan baik (Sarjuna & Ilangeswaran, 2020). Dalam penelitian (Lian et al., 2015) sebelumnya, EILS tipe IV (donor ikatan hidrogen + logam halida) yang terdiri dari urea dan seng klorida digunakan sebagai pelarut untuk lignin dan $ZnCl_2$ diintegrasikan ke dalam lignin. Hasilnya kelarutan dari lignin dalam EILS khusus ini rendah (hanya sekitar 2%

wt) karena tingginya viskositas EILS urea-seng klorida pada suhu ruang. Selain itu integrasi Zn ke dalam lignin dalam bentuk ZnO terbukti hanya untuk aplikasi yang terbatas. Sehingga untuk mengatasi kelemahan tersebut, EILS yang dibentuk oleh kolin klorida dan seng klorida merupakan pilihan yang lebih baik karena sifat viskositas dan solvasinya yang lebih rendah memungkinkan peningkatan jumlah lignin terlarut tanpa mengorbankan kemampuan lignin. Hal ini serupa dengan penelitian (Hong et al., 2016), lignin dapat dengan mudah dimodifikasi menggunakan EILS kolin klorida – ZnCl₂ (ChCl – ZnCl₂) dengan rasio mol 1 : 2. Hasilnya total hidroksil fenolik dari fraksi yang diendapkan dapat meningkat 1,9 kali lipat sedangkan gugus metoksil berkurang antara 1,6 dan 2,2 kali lipat, sehingga dapat meningkatkan reaktivitasnya dan meningkatkan prospek penggunaannya dalam industri kayu (Hong et al., 2016).

Saat ini penelitian mengenai perekat ramah lingkungan menjadi fenomena yang banyak diteliti. Sintesis perekat bambu laminar menjadi teknologi perekatan yang ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan. Perekat bambu laminar yang tidak berbahaya mengandung larutan polivinilpirolidon (K30) sebagai pengganti formaldehida. Polivinilpirolidon (K30) merupakan salah satu bahan yang dijadikan sebagai *filler* atau bahan pengisi tambahan dalam perekat kayu yang memiliki keunggulan sebagai perekat dalam larutan alkohol atau berair (Ikhda et al., 2021).

Indonesia dikaruniai sumber daya bambu yang kaya, tersebar hampir di seluruh nusantara; luasnya ditaksir mencapai sekitar 2 juta hektar, tumbuh di dalam maupun di luar kawasan hutan. Menurut Widjaja (2001) bambu di Indonesia terdiri atas 143 jenis. Di Jawa diperkirakan hanya ada 60 jenis bambu. Salah satu bambu yang dipakai adalah bambu petung yang mengandung 4525 cal/g. Pemilihan bambu petung ini dikarenakan bambu petung memiliki diameter yang dapat mencapai 20 cm dengan tebal dinding antara 1-3 cm sehingga cocok digunakan menjadi bambu laminasi (Yuecheng et al., 2023). Teknik laminasi digunakan dalam perekatan bambu yang merupakan teknik penggabungan bahan yang berdimensi kecil dan terbatas menjadi bahan yang berdimensi lebih besar baik panjang, lebar dan tebal. Hal ini serupa dengan penelitian (Gong et al., 2020) yang melaporkan perekat berbasis lignin berkinerja tinggi tanpa formaldehida menggunakan lignin yang diekstraksi dengan asetonitril (AEL), dimodifikasi dengan fenol (PAEL) dan polivinilpirolidon (K30). Kondisi optimal

untuk preparasi ini menggunakan rasio mol lignin dan fenol 1:2, rasio mol PAEL dan K30 1:0,4, pada suhu 80°C selama 3 jam. Uji mekanis ketahanan geser dan air pada kayu lapis (setelah perendaman selama 24 jam), masing-masing sebesar 1,70 dan 1,02 MPa, sesuai dengan standar untuk sifat kayu lapis. Penelitian sebelumnya menunjukkan sifat mekanik bambu petung menggunakan perekat urea formaldehida dengan standar yang digunakan ASTM D-790 menghasilkan nilai kekuatan tertinggi uji mekanik (tekuk) diperoleh pada variasi volume fraksi 50% dengan nilai 12,9 Mpa. Penelitian Adinata dan Supomo juga menunjukkan bahwa kekuatan tekuk sebesar 42.42% lebih kuat dari kayu. Namun penggunaan perekat masih berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan karena mengandung formaldehid.

Pada penelitian ini, akan disintesis perekat bambu laminar melalui proses hidroksilasi dan demetoksilasi lignin dengan cairan ionik eutektik menggunakan akseptor ikatan hidrogen kolin klorida dengan donor ikatan hidrogen dari $ZnCl_2$. Proses demetoksilasi merupakan proses menghilangkan gugus metoksi tanpa menghilangkan gugus hidroksil pada lignin yang terdemetilasi atau pada substrat fenolik unit S sedangkan proses hidroksilasi adalah proses pembukaan gugus oksiran menjadi gugus hidroksil pada senyawa epoksida atau reaksi kimia yang melibatkan penambahan gugus hidroksil ke dalam suatu senyawa organik (Venkatesagowda & Dekker, 2021). Proses hidroksilasi pada penelitian ini ditandai dengan penambahan gugus OH pada unit H lignin. EILs ini akan digunakan sebagai pelarut ionik dengan kemampuan mengekstraksi dan memodifikasi lignin. Tujuan penggunaan EILs, fenol dan penambahan larutan K30 dalam penelitian ini untuk meningkatkan reaktivitas lignin dengan membentuk ikatan hidrogen. Perekat berbasis lignin berkinerja tinggi tanpa formaldehida menggunakan lignin yang diekstraksi dengan EILS ($ChCl-ZnCl_2$), dimodifikasi dengan fenol dan polivinilpirolidon (K30). Penggunaan larutan K30 digunakan untuk mengganti formaldehida yang beracun dan berdampak buruk bagi kesehatan maupun lingkungan. Selain itu dilakukan karakterisasi dan pengujian untuk menganalisis perekat bambu laminar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan dikemukakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Adisti Eka Putri, 2024

SINTESIS DAN KARAKTERISASI PEREKAT BAMBU LAMINAR MELALUI PROSES HIDROKSILASI DAN DEMETOKSILASI LIGNIN TERMEDIASI PELARUT EUTEKTIK BERBASIS SENG KLORIDA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

1. Bagaimana metode sintesis perekat bambu laminar melalui proses hidroksilasi dan demetoksilasi lignin termediasi pelarut eutektik berbasis seng klorida?
2. Bagaimana hasil sintesis dan Karakterisasi perekat bambu laminar melalui proses hidroksilasi dan demetoksilasi lignin termediasi pelarut eutektik berbasis seng klorida?
3. Bagaimana sifat mekanik perekat bambu laminar melalui proses hidroksilasi dan demetoksilasi lignin termediasi pelarut eutektik berbasis seng klorida?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diajukan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui metode sintesis perekat bambu laminar melalui proses hidroksilasi dan demetoksilasi lignin termediasi pelarut eutektik berbasis seng klorida
2. Mengetahui karakterisasi hasil sintesis perekat bambu laminar melalui proses hidroksilasi dan demetoksilasi lignin termediasi pelarut eutektik berbasis seng klorida
3. Mengetahui sifat uji mekanik perekat bambu laminar melalui proses hidroksilasi dan demetoksilasi lignin termediasi pelarut eutektik berbasis seng klorida

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan pemahaman dalam proses sintesis perekat bambu laminar dan prosesnya melalui hidroksilasi dan demetoksilasi lignin termediasi cairan eutektik ionik berbasis seng klorida yang ramah lingkungan (*biodegradable*), ekonomis dan tidak berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan sehingga diharapkan dapat memenuhi parameter 17 SDGs. Selain itu memahami kinerja mekanik mengenai perekat ramah lingkungan hingga diperoleh produk yang bermanfaat seperti perekat bambu laminasi berbasis lignin fenol bebas formaldehida untuk kebutuhan diberbagai bidang industri. Penelitian ini juga diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan penelitian untuk aplikasi teknologi pengolahan biomassa yang ramah lingkungan serta berkontribusi pada literatur dalam perkembangan penelitian yang berkaitan dengan cairan ionik eutektik.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Perekat Bambu Laminar Melalui Proses Hidroksilasi dan Demetoksilasi Lignin Termediasi Pelarut Eutektik Berbasis Seng

Klorida” terdiri dari lima bab, yaitu bab I memuat pendahuluan, bab II memuat tinjauan pustaka, bab III memuat metodologi penelitian, bab IV memuat hasil dan pembahasan dan bab V memuat kesimpulan dan saran.

Bab I merupakan pendahuluan yang tersusun dari latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan struktur organisasi skripsi. Latar belakang penelitian menjelaskan dasar pemikiran dan berbagai alasan dilakukannya penelitian. Rumusan masalah terdiri dari beberapa masalah yang akan diselesaikan melalui penelitian ini. Tujuan penelitian memuat tujuan yang hendak dicapai untuk memecahkan rumusan masalah. Manfaat penelitian berisikan manfaat dalam aspek kesehatan, lingkungan, industri dan kontribusi riset terhadap ilmu pengetahuan yang sesuai dengan bidangnya. Struktur organisasi skripsi berisikan sistematika penulisan skripsi yang memberikan gambaran kandungan dari setiap bab, urutan penulisan dan keterkaitan antar bab dalam membentuk kerangka utuh sebuah skripsi.

Bab II merupakan tinjauan pustaka yang memuat teori-teori dasar atau konsep sebagai dasar pemikiran utama dalam melakukan penelitian serta memuat hasil penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dan dijadikan acuan dalam melaksanakan penelitian. Tinjauan pustaka memuat penjelasan mengenai lignin, *Ionic Liquids* (ILs), *Eutectic Ionic Liquids* (EILs), EILs berbasis seng klorida, sifat cairan ionik eutektik, proses hidroksilasi dan demetoksilasi, perekat berbasis lignin-fenol bebas formaldehida, modifikasi lignin, bambu petung, bambu laminasi, perekat bambu laminasi, instrumentasi analitik dan alat uji mekanik yang digunakan dalam penelitian.

Bab III merupakan metode penelitian yang memuat tahapan penelitian untuk menyelesaikan permasalahan pada rumusan masalah. Metode penelitian memuat informasi mengenai waktu dan lokasi penelitian, alat dan bahan, tahapan penelitian, diagram alir, set alat penelitian dan perhitungan uji mekanik yang digunakan sesuai acuan standar dalam penelitian.

Bab IV merupakan hasil dan pembahasan penelitian yang membahas karakterisasi setiap tahapan pembuatan perekat bambu laminar menggunakan media lignin cairan eutektik berbasis seng klorida dan pengujian mekanik perekat bambu laminar.

Bab V merupakan simpulan, implikasi, dan rekomendasi yang memuat penafsiran serta pemaknaan peneliti terhadap hasil analisis penelitian dan mengajukan hal-hal penting yang dapat menjadi saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan atau memuat saran yang mungkin dilakukan di penelitian yang selanjutnya. Pada bagian akhir skripsi juga terdapat daftar pustaka yang memuat rujukan-rujukan dan lampiran yang memuat data hasil karakterisasi serta perhitungan dalam penelitian.