

Pembuatan dan Pengaplikasian Scavenger Formaldehyde dengan Menggunakan Larutan Kompleks [Cu(NH₃)₄]SO₄

CHANDRA ILHAM PRIANTO^{1*}, RIGA ABDUL AZIZ¹, DICKY DERMAWAN¹

¹Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : Chandrailham00@mhs.itenas.ac.id

Received 02 09 2023 | Revised 09 09 2023 | Accepted 09 09 2023

ABSTRAK

Plywood atau kayu lapis merupakan material dari olahan kayu yang terbuat dari papan pabrikaan yang terdiri dari beberapa lapisan kayu. Proses pembuatan plywood melalui proses perekatan dan pemampatan dengan menggunakan tekanan tinggi. Resin urea formaldehida yang digunakan sebagai perekat dalam plywood dapat melepaskan emisi formaldehida secara perlahan ke lingkungan, formaldehida merupakan salah satu polutan dalam ruangan yang sering ditemukan. Emisi formaldehida dari produk kayu lapis dapat mengganggu kesehatan, terutama jika digunakan di dalam ruangan dengan ventilasi terbatas. Untuk mengurangi emisi formaldehida, dapat dilakukan dengan penambahan zat penangkap yang akan bereaksi dengan formaldehida salah satunya adalah amonia. Namun, disini lain amonia merupakan senyawa yang mudah menguap serta berbahaya pada lingkungan. Upaya untuk membuat amonia tidak mudah menguap adalah dengan mereaksikannya dengan tembaga (II) sulfat yang akan membentuk senyawa kompleks [Cu(NH₃)₄]SO₄. Ion Cu²⁺ mengikat dan menghambat senyawa amonia sehingga tidak mudah menguap dan memberikan penurunan formaldehida yang lebih efektif. Scavenger yang dibuat dengan larutan kompleks [Cu(NH₃)₄]SO₄ kemudian diaplikasikan pada plywood dapat mengurangi emisi formaldehida bebas hingga 40,9% pada penyimpanan papan selama 3 minggu dan mengurangi emisi formaldehida bebas hingga 44,01% pada penyimpanan papan selama 6 minggu.

Kata kunci : Plywood, emisi formaldehida, amonia, Larutan kompleks

ABSTRACT

Plywood is a material made from processed wood which is made from prefab boards consisting of several layers of wood. The process of making plywood through the process of gluing and compressing using high pressure. Urea Formaldehyde resin used as an adhesive in plywood can slowly release Formaldehyde emissions into the environment, Formaldehyde is one of the most common indoor pollutants. Formaldehyde emissions from plywood products can be detrimental to health, especially when used indoors with limited ventilation. To reduce Formaldehyde emissions, it can be done by adding a catcher which will react with Formaldehyde, one of which is ammonia. However, on the other hand, ammonia is a volatile compound that is harmful to the environment. The effort to make ammonia non-volatile is by reacting it with copper (II) sulfate which will form the complex compound $[Cu(NH_3)_4]SO_4$. Cu^{2+} ions bind and inhibit ammonia compounds so they don't evaporate easily and provide a more effective reduction of Formaldehyde. Scavenger made with $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ complex solution then applied to plywood can reduce free Formaldehyde emissions up to 40.9% in board storage for 3 weeks and reduce free Formaldehyde emissions up to 44.01% in board storage for 6 weeks

Keywords : *Plywood, Formaldehyde emission, ammonia, complex solution*

1. Pendahuluan

Kayu merupakan salah satu bahan *furniture* atau mebel yang banyak digunakan. Peralannya, material ini mudah didapat dan cocok digunakan dengan gaya apa saja baik untuk interior maupun eksterior. Namun, penggunaan bahan kayu sebagai mebel saat ini cukup terbatas. Hal ini disebabkan oleh bahan kayu solid yang sulit didapat karena cukup lama untuk bisa dipanen. Dalam mengatasi hal tersebut, *plywood* atau kayu lapis digunakan untuk memenuhi kebutuhan pembuatan *furniture* saat ini. *Plywood* atau kayu lapis merupakan material dari olahan kayu yang terbuat dari papan pabrikan yang terdiri dari beberapa lapisan kayu. Proses pembuatan *plywood* melalui proses perekatan dan pemampatan dengan menggunakan tekanan tinggi. Salah satu resin yang sering digunakan untuk merekatkan *plywood* adalah resin urea formaldehida.

Resin urea-formaldehid (UF) merupakan resin *thermosetting* yang terbuat dari urea dan formaldehid dimana resin ini akan mengeras jika dipanaskan dan dapat dicetak ulang. Resin urea-formaldehid memiliki beberapa keunggulannya seperti kekuatan ikatan yang tinggi, cepat mengeras, dan bahan baku yang melimpah. Namun, perekat UF memiliki kekurangan, dimana formaldehida yang digunakan sebagai bahan bakunya apabila terhirup dapat membahayakan bagi manusia karena memiliki sifat karsinogenik atau dapat

menyebabkan kanker.

Resin formaldehida yang digunakan dalam *plywood* dapat melepaskan formaldehida secara perlahan ke lingkungan, formaldehida merupakan salah satu polutan dalam ruangan yang sering ditemukan. Apabila kadar di udara lebih dari 0,1 mg/kg, formaldehida yang terhisap bisa menyebabkan iritasi dan membran mukosa, yang menyebabkan keluarnya air mata, pusing, teggorokan serasa terbakar, serta kegerahan. Dalam tubuh manusia, formaldehida dikonversi menjadi asam format yang meningkatkan keasaman darah, tarikan napas menjadi pendek dan sering, hipotermia, juga koma, atau sampai kematian.

Emisi formaldehida merupakan banyaknya formaldehida yang dilepaskan oleh suatu produk. Formaldehida dapat diemisikan dari formaldehida bebas yang terkandung dalam resin, formaldehida yang dibebaskan dari reaksi curing pada hot press selama pembuatan panel, dan formaldehida yang dihasilkan pada degradasi hidrolitik akibat reversibilitas reaksi antara urea dengan formaldehida. Menurut Japan Agricultural Standard (JAS) tahun 2003 nilai emisi formaldehida pada *plywood* terbagi menjadi beberapa klarifikasi sebagai berikut:

Tabel 1.1 Klasifikasi Emisi Formaldehida

Klasifikasi	Nilai rata-rata (mg/L)	Nilai maksimal (mg/L)	Keterangan
F****	0,3	0,4	Dijijinkan penggunaannya tanpa syarat
F***	0,5	0,7	Dijijinkan pada area tertentu
F**	1,5	2,1	Terbatas pada area tertentu
F*	5,0	7,0	Tidak diijinkan digunakan

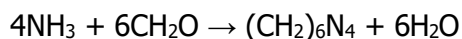
(sumber : Japan Agricultural Standard, 2003)

Resin UF yang digunakan sebagai perekat pada panel berbahan dasar kayu dapat melepaskan formaldehida ke lingkungan. Kehadiran formaldehida bebas dalam panel berbasis kayu dan dekomposisi kimiawi dapat menimbulkan pelepasan formaldehida. Saat ini, ada beberapa metode untuk mengurangi pelepasan formaldehida salah satunya adalah dengan menggunakan adsorben atau *Scavenger* formaldehida.

Scavenger atau penangkap formaldehida yaitu zat yang dapat bereaksi dengan formaldehida bebas. Zat-zat penangkap berupa urea, melamin dan campurannya, amonium hidroksida, dan arang aktif. Amonium hidroksida dapat bereaksi dengan formaldehida menghasilkan hexamine yang relatif stabil (Hill, 1960). Berdasarkan hasil penelitian Santoso dan Paribotro (2004), diperoleh bahwa NH₄OH 25% mampu menurunkan emisi formaldehida pada kayu lapis dan papan partikel dengan cara fumigasi selama 70 menit, namun menurunkan kualitas erat kayu lapis.

Amonia dapat bereaksi dengan formaldehida bebas yang diemisikan oleh resin urea

formaldehida dari *plywood*. Reaksi antara amonia dan formaldehida menghasilkan hexamine yang berfungsi sebagai curing agent dalam resin. Berikut merupakan reaksi yang terjadi :



Namun penggunaan amonia sebagai pelapis atau *Scavenger* pada *plywood* sangat berbahaya apabila diaplikasikan. Meskipun tergolong cukup efektif tetapi senyawa amonia merupakan senyawa berbahaya baik bagi manusia maupun bagi lingkungan. Amonia merupakan senyawa yang mudah menguap dan mudah bercampur dengan air di udara, dalam konsentrasi tinggi, gas amonia berisiko menyebabkan luka bakar langsung pada saluran hidung, tenggorokan, dan saluran pernapasan.

Formaldehida memiliki kemampuan mereduksi yang kuat. Hal ini membuat formaldehida sering digunakan sebagai agen pereduksi dalam pelapisan tembaga tanpa listrik untuk mengurangi Cu^{2+} . Oleh karena itu, Cu^{2+} dapat mengoksidasi formaldehida menjadi HCOO^- yang jauh lebih tidak beracun, untuk mengurangi jumlah formaldehida bebas dalam perekat UF. Berikut merupakan reaksi yang terjadi :



Selain dari kegunaan untuk menjadi agen pengoksidasi formaldehida, penggunaan CuSO_4 memiliki kegunaan untuk mengikat senyawa amonia menjadi bentuk kompleksnya, sehingga amonia tidak mudah menguap dan dapat diaplikasikan sebagai *Scavenger* formaldehida. Pembuatan senyawa kompleks Cu^{2+} dapat mengatasi masalah dari bahaya amonia dan ketidak efektifan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dari segi nilai ekonomi apabila diaplikasikan sebagai *Scavengers* dalam mengurangi emisi formaldehida pada *plywood*. Reaksi antara larutan CuSO_4 dan amonia akan membuat senyawa kompleks tetraamina tembaga (ii) sulfat. Berikut merupakan reaksi yang terjadi :



Tetraamina tembaga (II) sulfat merupakan salah satu garam dari kompleks logam. Senyawa ini memiliki warna biru tua sampai ungu dan dapat diendapkan dengan menggunakan etanol atau isopropanol. Warna biru hingga ungu cemerlang disebabkan oleh adanya gugus $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

2. Metodologi Penelitian

Pada percobaan ini, sampel *plywood* dipotong dengan ukuran 40cm x 40cm disiapkan sebanyak 15 papan. Tiga buah papan dilapisi dengan *Scavengers* larutan kompleks $[Cu(NH_3)_4]SO_4$. Sebagai perbandingan 12 papan sisanya dilapisi dengan senyawa lain, 3 papan dilapisi dengan aquadest sebagai blanko, 3 papan dilapisi dengan larutan $CuSO_4$, 3 papan dilapisi dengan larutan amonia 10%, dan 3 papan terakhir dilapisi dengan larutan melamin monoasetat, kemudian papan-papan tersebut dikeringkan hingga kering. *Plywood* didiamkan selama 3 minggu kemudian dilakukan pengecekan emisi formaldehida pada satu papan dari tiap variasi senyawa, sementara sisa papan tetap didiamkan. Pengecekan emisi formaldehida dilakukan dengan cara mengumpulkan emisi formaldehida dengan menggunakan media air sebagai absorben formaldehid, kemudian larutan tersebut direaksikan menggunakan pereaksi Nash dan diukur konsentrasinya menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 412 nm. Pengecekan emisi formaldehida dilakukan kembali pada minggu ke-6.

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam percobaan ini meliputi labu takar 100ml, labu takar 1000ml, filler, piper ukur 10ml, pipen volume 10ml, kuvet, spektrofotometer Uv-Vis, gelas kimia 250ml, neraca analitik, kuas, mesin pemotong kayu, higrometer, mangkuk plastik, desikator, termometer, botol cuplikan 100ml, hot plate, dan botol semprot 250ml.

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini meliputi aquadest, *plywood* kayu sengon ukuran 120x240cm, amonium asetat (CH_3COONH_4), asam asetat glacial (CH_3COOH), asetil aseton ($CH_3COCH_2COCH_3$), larutan formalin 23%, larutan amonia 10%, melamin, larutan melamin monoasetat 1M dan larutan tembaga sulfat ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 1M.

2.2 Pembuatan Larutan Kompleks Tembaga

Larutan $CuSO_4$ 1M ditimbang sebanyak 200g, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 500ml. Larutan diaduk diatas *hot plate* menggunakan magnetik bar. Ke dalam larutan $CuSO_4$ ditambahkan larutan amonia 10% sebanyak 136g (sesuai dengan perhitungan rasio mol). Penambahan larutan amonia 10% dilakukan bertahap yaitu 10-20g setiap 2-5 menit dengan tujuan agar terbentuk endapan $Cu(OH)_2$ terlebih dahulu. Endapan $Cu(OH)_2$ akan larut dalam keadaan basa dengan penambahan amonia. Warna biru tua dan tidak adanya lagi endapan $Cu(OH)_2$ yang berwarna biru muda menandakan bahwa kompleks tetraamine tembaga (ii) sulfat sudah terbentuk.

2.3 Aplikasi *Scavengers* pada *Plywood*

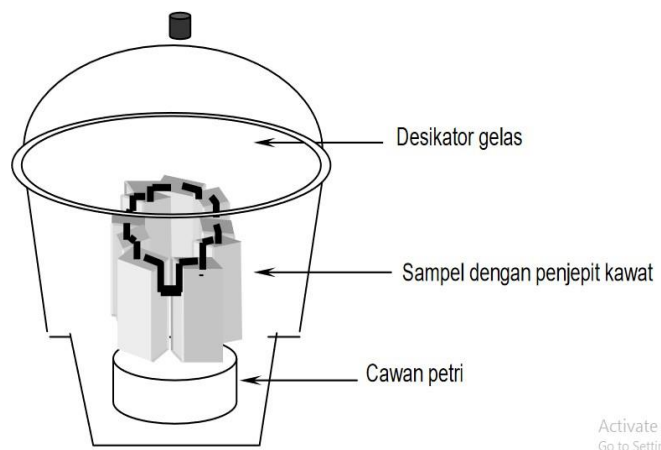
Plywood yang telah dipotong dengan ukuran 40cm x 40cm disiapkan sebanyak 15 buah. Tiga buah papan dilapisi dengan *Scavengers* larutan kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ sebanyak 20ml. Sebagai perbandingan 12 papan sisanya dilapisi dengan senyawa lain, 3 papan dilapisi dengan aquadest sebanyak 20ml sebagai blanko, 3 papan dilapisi dengan larutan CuSO_4 sebanyak 20ml, 3 papan dilapisi dengan larutan amonia 10% sebanyak 20 ml, dan 3 papan terakhir dilapisi dengan larutan melamin monoasetat sebanyak 20 ml, kemudian papan-papan tersebut didiamkan hingga kering dan disimpan di dalam ruangan selama 3 minggu.

2.4 Pembuatan Kurva Deret Standar Formaldehida

Larutan deret standar formaldehida dibuat dari larutan induk formaldehida 1000 mg/L lalu diencerkan pada volume 100ml dengan aquadest dengan konsentrasi 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L. Ke dalam botol cuplikan ditambahkan pereaksi Nash sebanyak 25 mL. Pereaksi Nash merupakan campuran dari 150g amonium asetat, 3ml asam asetat glacial, dan 2ml asetilaseton yang diencerkan hingga 1000ml dengan aquadest. Campuran dipanaskan di atas penangas air pada suhu $65^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. Larutan didinginkan dalam tempat yang gelap. Larutan diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 412 nm. Absorbansi formaldehida yang terukur dapat dibandingkan dengan kurva deret standar formaldehida yang sudah dibuar, dan dapat diketahui berapa kadar formaldehida yang tidak bereaksi membentuk Hexamine.

2.5 Pengumpulan Emisi Formaldehida

Ketebalan *plywood* yang digunakan adalah 9mm sehingga sampel uji yang dibutuhkan adalah 10 buah (SNI 01-7140-2005). *Plywood* yang berukuran 40cm x 40cm yang telah didiamkan selama 3 minggu dipotong kembali dengan ukuran 5cm x 15cm, disiapkan sebanyak 10 buah. Cawan petri / wadah diisi dengan 300ml aquadest kemudian simpan didasar desikator. *Plywood* yang sudah dipotong dijepit dengan penjepit kawat dan diletakan diatas cawan yang berisi aquadest dalam desikator lalu ditutup seperti pada Gambar 2.1, kemudian dikondisikan selama 24 jam.



Gambar 2.1 Letak Contoh Uji dalam Desikator

2.6 Pengukuran Emisi Formaldehida

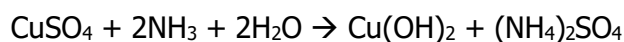
Sampel cairan uji yang telah didiamkan selama 24 jam didalam desikator diambil sebanyak 25ml kedalam botol cuplikan. Ke dalam botol cuplikan ditambahkan pereaksi Nash sebanyak 25 ml. Campuran dipanaskan diatas penangas air pada suhu 65°C ±2°C. Larutan didinginkan dalam tempat yang gelap. Larutan diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 412nm. Dilakukan hal yang sama untuk sampel lainnya.

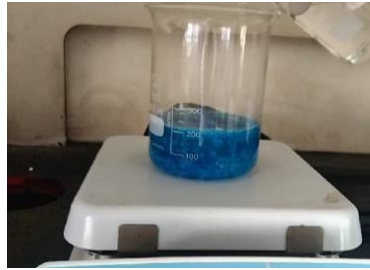
3. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pembuatan Larutan *Scavengers* [Cu(NH₃)₄]SO₄

Pembuatan larutan kompleks [Cu(NH₃)₄]SO₄ dilakukan dengan menambahkan 136g larutan amonia 10% kedalam 200g larutan CuSO₄ 1M. Penambahan larutan amonia dilakukan bertahap yaitu sebanyak 10 – 20g sambil dilakukan pengadukan. Penambahan amonia akan membentuk endapan Cu(OH)₂ berwarna biru muda. Penambahan amonia sekaligus akan menyebabkan larutan menjadi sangat kental sehingga larutan kompleks tidak dapat terbentuk. Dengan menambahkan amonia secara bertahap, pembentukan endapan dapat terjadi dengan perlahan lalu pengadukan dapat memecah endapan sehingga tidak akan menggumpal. Lalu ketika sudah mencapai titik kesetimbanganya endapan Cu(OH)₂ akan larut dengan penambahan amonia berlebih kemudian membentuk senyawa kompleks [Cu(NH₃)₄]SO₄ yang berwarna biru tua.

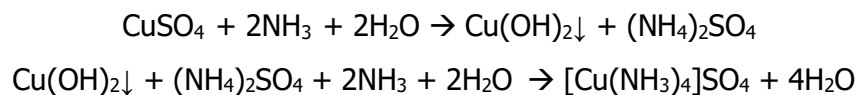
Pada saat penambahan amonia sebanyak 10g sudah muncul endapan berwarna biru muda. Hal ini dikarenakan senyawa CuSO₄ bereaksi dengan amonia dan air membentuk senyawa Cu(OH)₂ Sesuai dengan persamaan reaksi berikut :





Gambar 3.1 Penambahan larutan amonia membentuk endapan biru muda

Pada saat penambahan amonia dimana massa amonia dalam larutan CuSO_4 mencapai 70g, terbentuk larutan berwarna biru tua pada bagian permukaan dan endapan biru muda pada bagian bawah. Hal ini menandakan bahwa titik kesetimbangan dari larutan sudah mulai tercapai. Pada titik kesetimbangan endapan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ yang terbentuk sudah maksimal dan tidak dapat terbentuk endapan lagi dengan penambahan amonia. Namun, dengan penambahan amonia berlebih akan menyebabkan endapan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ larut dan membentuk larutan kompleks yang dibuktikan dengan terbentuknya larutan berwarna biru tua sesuai dengan persamaan reaksi berikut :



Gambar 3.2 Penambahan amonia berlebih menyebabkan endapan larut dan muncul larutan berwarna biru tua

Pada saat penambahan amonia dimana massa amonia dalam larutan CuSO_4 mencapai 136g, terbentuk larutan berwarna biru tua dan sudah tidak muncul kembali endapan $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Hal ini menandakan bahwa larutan kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ sudah terbentuk sepenuhnya sesuai dengan persamaan reaksi.



Gambar 3.3 Larutan kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$

3.2 Pelapisan *Plywood* dengan *Scavenger*

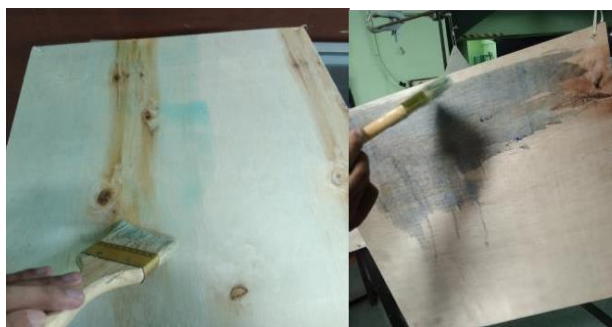
Pengaplikasian *Scavenger* dilakukan dengan memipet larutan *Scavenger* sebanyak 20ml kemudian dilapisi pada *plywood* yang berukuran 40cm x 40cm menggunakan kuas dan dibiarkan kering. Selain *Scavenger* yang dibuat dari larutan $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, digunakan juga larutan CuSO_4 , larutan NH_3 , dan larutan melamin asetat sebagai pembanding. Jumlah dan dosis *Scavenger* yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Jumlah dan Dosis Pelapisan *Plywood* dengan *Scavenger*

Parameter	Jenis <i>Scavenger</i>				
	Blanko	CuSO_4	NH_3	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	MA
pH larutan	7	4	11	9	5
Dosis MA (mmol/m ²)	-	-	-	-	125,00
Dosis NH_3 (mmol/m ²)	-	-	536,76	313,54	-
Dosis Cu^{2+} (mmol/m ²)	-	125,00	-	78,39	-

Penentuan dosis Cu^{2+} dan NH_3 dalam larutan $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ dapat diketahui dengan cara mencari terlebih dahulu berapa banyak senyawa $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan senyawa NH_3 yang terlarut didalam larutan, kemudian mencari berapa banyak mol tiap ion yang digunakan dan membaginya dengan luas permukaan *plywood* yang dilapisi dengan larutan $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$.

Pelapisan blanko menggunakan aquadest. Aquadest digunakan sebagai blanko karena pada *Scavenger*, larutan amonia, dan larutan melamin asetat menggunakan pelarut aquadest dalam pembuatan larutannya. Kayu yang dilapisi oleh *Scavenger* memiliki karakteristik lembab akibat dari pelapisan dengan *Scavenger* yang berupa larutan. Pelapisan blanko bertujuan agar kayu yang digunakan sebagai standar pengujian memiliki karakteristik yang sama yaitu sama sama kayu yang lembab.



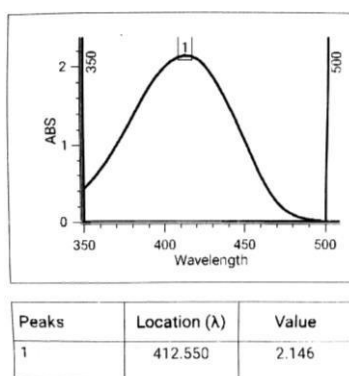
(a)

(b)

Gambar 3.4 Contoh Pelapisan dengan (a) larutan CuSO_4 dan (b) larutan $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$

3.3 Pembuatan Kurva Deret Standar Formalin

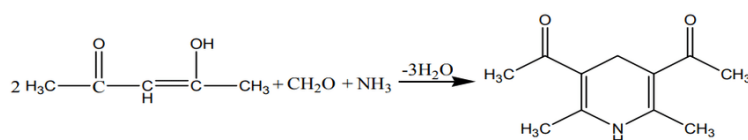
. Penentuan panjang gelombang sangat diperlukan karena panjang gelombang maksimal akan memiliki kepekaan yang maksimal. Hal tersebut disebabkan karena terjadinya perubahan absorbansi yang sangat besar. Penentuan panjang gelombang maksimal dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan standar pada panjang gelombang 350-500 nm.



Gambar 3.5 Kurva Hubungan Panjang Gelombang dengan Absorbansi

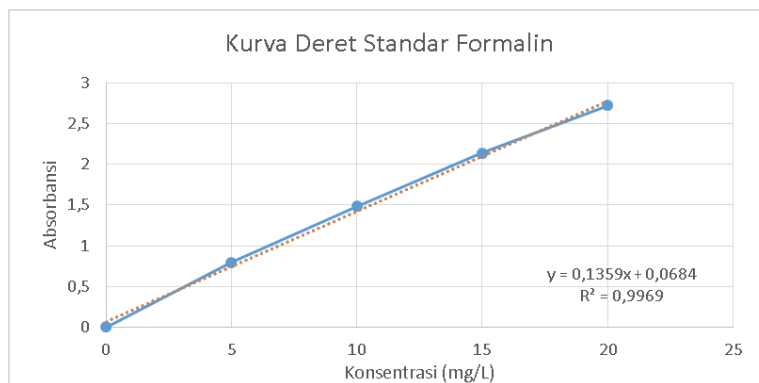
Nilai absorbansi yang tertinggi pada kurva menunjukkan panjang gelombang maksimal yaitu 412,55 nm dengan absorbansi 2,146 untuk larutan berwarna kuning cerah. Hasil pengukuran pada percobaan ini sesuai dengan yang ditetapkan SNI-01-7140-2005 yaitu panjang gelombang maksimal pada 412 nm.

Kurva kalibrasi merupakan kurva yang menggambarkan hubungan antara absorbansi dan konsentrasi larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Kurva kalibrasi digunakan untuk menentukan konsentrasi analit dalam sampel. Formaldehida dengan penambahan pereaksi Nash dan pemanasan 10 menit pada suhu 65°C akan menghasilkan senyawa 3,5 diasetil 2,6 dimetil 1,4 dihidro-piridin yang berwarna kuning, sehingga dapat diukur serapannya menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 412nm (Jon, 1980. Nash, 1953).



Gambar 3.6 Reaksi Formalin dengan Pereaksi Nash
(sumber : Saptarini, et. al.2011)

Dari pengukuran absorbansi larutan standar dapat dibuat persamaan regresi dan kurva kalibrasinya. Kurva kalibrasi larutan standar formalin dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.7 Kurva Larutan Deret Standar Formalin

Berdasarkan Gambar 3,7 diperoleh persamaan garis $y = 0,1359x + 0,0684$ dengan nilai koefisien determinan (R^2) sebesar 0,9969. Menurut Chan (2004) linieritas metode dapat menggambarkan ketelitian pengerjaan analisis suatu metode yang ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi $\geq 0,997$. Melihat dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa kurva deret standar yang telah dibuat memiliki ketelitian yang tinggi.

3.4 Penentuan Emisi Formaldehida pada *Plywood*

Emisi formaldehida dari produk kayu lapis yang direkatkan dengan resin urea formaldehida (UF) dapat mengganggu kesehatan, terutama jika digunakan di dalam ruangan dengan ventilasi terbatas. Untuk mengurangi emisi formaldehida, dapat dilakukan dengan penambahan zat penangkap atau *Scavenger* yang akan bereaksi dengan formaldehida. Pengaplikasian ini akan membuat satu lapisan tipis *Scavenger* di permukaan papan yang berfungsi untuk menangkap emisi formaldehida yang dilepaskan, sehingga emisi yang dibuang ke lingkungan akan menurun.

Papan yang sudah dilapisi kemudian didiamkan dan dilakukan pengecekan emisi formaldehida pada minggu ketiga dan minggu keenam, dengan metode desikator gelas 24 jam dan menggunakan pereaksi Nash yang akan membentuk warna kuning cerah. Larutan tersebut kemudian dicek kadar emisi formaldehidanya menggunakan spektrofotometer uv-vis. Hasil dan kadar formaldehida yang diemisikan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.2 Emisi Formaldehida dari Sampel

Jenis Pelapis	pH	Besarnya Emisi (mg/L)	
		Setelah 3 Minggu	Setelah 6 Minggu
Blanko	7,0	18,93	18,97
Larutan $CuSO_4$	4,0	18,88	17,68
Larutan NH_3	11,0	13,74	14,67
Larutan MA	5,0	19,93	25,03
Larutan $[Cu(NH_3)_4]SO_4$	9,0	11,22	10,62

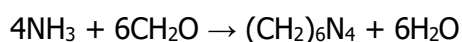
Dari tabel 3.2 dapat dilihat bahwa semakin lama penyimpanan maka nilai emisi formaldehida yang diemisikan semakin berkurang. Blanko yang digunakan merupakan papan yang dilapisi dengan aquadest. Penggunaan blanko diharuskan karena untuk mendapatkan kondisi yang sesuai dengan pelapisan dimana semua pelapisan *Scavenger* menggunakan padatan yang dilarutkan dalam aquadest, sehingga sebagai blanko digunakan papan yang dilapisi dengan aquadest.

Dari tabel 3.2 dapat dilihat bahwa emisi formaldehida pada papan yang dilapisi dengan larutan CuSO₄ 1m mengalami penurunan sebanyak 0,05 mg/L untuk penyimpanan selama 3 minggu dan penurunan 1,29 mg/L untuk penyimpanan selama 6 minggu. Penurunan ini diakibatkan oleh sifat dari senyawa Cu²⁺ yang bertindak sebagai oksidator, dimana formaldehida dioksidasi menjadi asam formiat. Aldehida merupakan reduktor kuat sehingga dapat mereduksi oksidator-oksidator lemah. Formaldehida merupakan salah satu aldehida, oleh sebab itu formaldehida dapat mereduksi Cu²⁺ menjadi Cu sesuai dengan persamaan reaksi berikut :



Namun reaksi ini bekerja dalam kondisi basa, sedangkan larutan CuSO₄ 1M yang dibuat memiliki pH asam yaitu 4. Oleh sebab penurunan emisi formaldehida pada papan yang dilapisi dengan larutan CuSO₄ rendah dan terlihat tidak memberikan perbaikan sama sekali.

Pada tabel 3.2 dapat dilihat bahwa emisi formaldehida pada papan yang dilapisi dengan larutan NH₃ 10% mengalami penurunan sebanyak 5,19 mg/L untuk penyimpanan selama 3 minggu dan penurunan 4,30 mg/L untuk penyimpanan selama 6 minggu. Hal ini dapat terjadi karena formaldehida yang diemisikan bereaksi dengan amonia membentuk hexamine yang relatif stabil (Hill, 1960) sesuai dengan persamaan reaksi berikut :



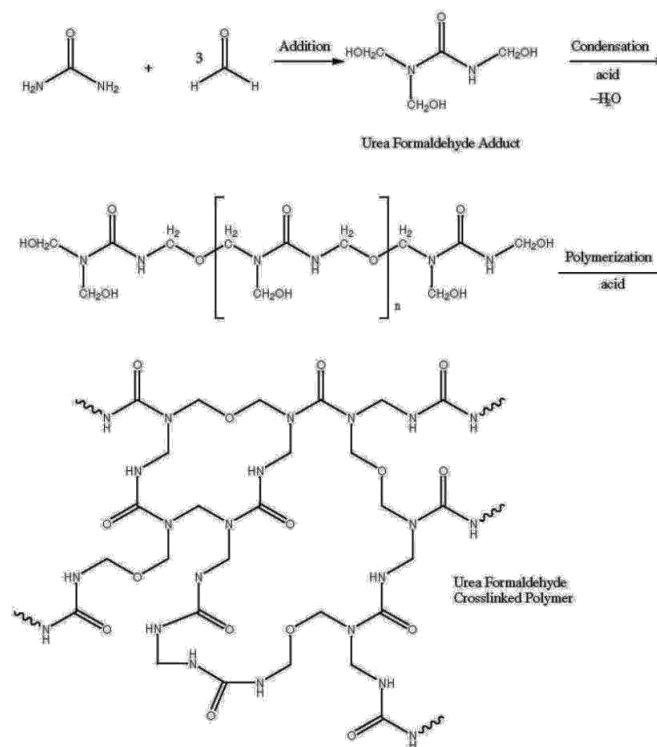
Namun pada penyimpanan selama 6 minggu, nilai emisi formaldehida yang diemisikan lebih besar dibandingkan penyimpanan selama 3 minggu. Hal ini karena sifat dari senyawa amonia itu sendiri. Senyawa amonia merupakan senyawa yang mudah menguap (>33°C). Nilai emisi formaldehida pada minggu ke 6 mengalami peningkatan karena efektifitas dari amonia yang bereaksi dengan formaldehida membentuk hexamine sudah menurun karena amonia yang digunakan sudah menguap, sehingga menyebabkan nilai emisi formaldehida menjadi lebih tinggi.

Penggunaan larutan amonia atau NH_4OH sebagai zat penangkap formaldehida lebih baik dibandingkan NH_4Cl dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ karena kedua zat tersebut akan membentuk asam yang dapat mendegradasi selulosa, sehingga kayu lapis akan lebih cepat rusak. Berikut persamaan reaksinya :



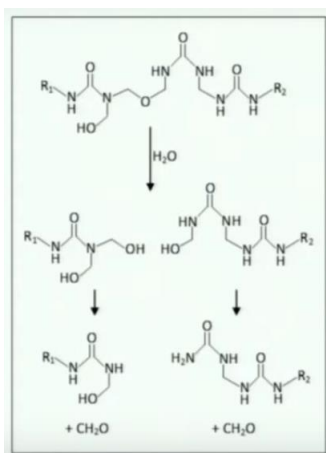
Pada tabel 3.2 dapat dilihat bahwa emisi formaldehida pada papan yang dilapisi dengan larutan kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ mengalami penurunan sebanyak 7,71 mg/L untuk penyimpanan selama 3 minggu dan penurunan 8,35 mg/L untuk penyimpanan selama 6 minggu. Hal ini karena formaldehida dioksidasi oleh Cu^{2+} menghasilkan senyawa asam formiat yang ditunjukkan pada persamaan 4.3. Larutan kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ memiliki pH basa yaitu 9, maka dari itu formaldehida dapat mereduksi oksidator lemah seperti Cu^{2+} yang mengakibatkan terjadi proses oksidasi dari senyawa aldehyd (formalin) menjadi senyawa asam karboksilat (asam formiat). Pengaruh pH larutan sangat menentukan reaksi dapat berjalan atau tidak. Hal ini karena dengan pelapisan menggunakan larutan CuSO_4 yang memiliki pH asam penurunan emisi formaldehida tidak sebanyak menggunakan larutan kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$. Aldehyd memiliki atom hidrogen yang berikatan dengan gugus karbonil ($-\text{C}=\text{O}$) sehingga jika dioksidasi membentuk "hydrate formation" yang sangat mudah teroksidasi membentuk asam karboksilat dalam larutan. Selain itu dalam larutan kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ terdapat ion amonia yang dimana akan bereaksi dengan formaldehida membentuk hexamine. Ion Cu^{2+} mengikat dan menghambat senyawa amonia sehingga tidak mudah menguap dan memberikan penurunan formaldehida yang lebih efektif bila dibandingkan dengan pelapisan menggunakan larutan amonia dan larutan CuSO_4 saja.

Pada tabel 3.2 dapat dilihat bahwa emisi formaldehida pada papan yang dilapisi dengan larutan melamin asetat tidak mengalami penurunan emisi formaldehida melainkan mengalami kenaikan emisi formaldehida sebesar 1 mg/L untuk penyimpanan selama 3 minggu dan kenaikan 6,06 mg/L untuk penyimpanan selama 6 minggu. Hal ini dapat diakibatkan karena larutan melamin asetat memiliki pH asam. pH yang rendah mempercepat reaksi hidrolisi dari resin urea-formaldehida yang digunakan pada *plywood* sehingga emisi formaldehidanya semakin banyak. Resin urea formaldehida mengalami reaksi silang dan membentuk resin yang termosetting ketika diberi tekanan dan panas. Oleh sebab itu *plywood* dapat menempel dengan kuat, namun resin urea-formaldehida memiliki kelemahan dari segi water resisten dimana resin urea formaldehida memiliki ikatan yang tidak tahan air dan tidak tahan terhadap cuaca.



Gambar 3.8 Reaksi Silang Resin Urea Formaldehida
(sumber : Wisno, 2004)

Hidrolisis merupakan reaksi dekomposisi suatu zat dengan menggunakan air sebagai media pemecah ikatan zat tersebut. Hidrolisis merupakan kebalikan dari reaksi kondensasi, dimana reaksi kondensasi melepaskan air sedangkan hidrolisis membutuhkan air. Resin urea formaldehida terbentuk dari polimerisasi kondensasi dengan cara melepaskan air. Air dapat merusak ikatan yang ada pada resin urea formaldehida, hal inilah yang menjadi kelemahan dari resin urea formaldehida.



Gambar 3.9 Salah Satu Reaksi Silang Resin UF lepas Karena Hidrolisis oleh Air

Dalam keadaan asam, air akan terionisasi melepaskan ion H^+ . Ion tersebut akan bereaksi dengan resin urea formaldehida. Ikatan $NH-CH_2OH$ yang ditunjukkan pada gambar 3.9 akan lepas dengan kehadiran air dan mengikat ion H^+ sehingga membentuk ikatan NH_2 dan melepas senyawa CH_2O . Hal ini lah yang menyebabkan emisi formaldehida dengan pelapis melamin asetat meningkatkan nilai emisi formaldehida, karena resin terhidrolisis lebih cepat dalam suasana asam dan melepaskan senyawa formaldehida.

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa *Scavenger* yang dibuat dengan larutan kompleks $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ kemudian diaplikasikan pada *plywood* mengurangi emisi formaldehida bebas hingga 40,9% pada penyimpanan papan selama 3 minggu dan mengurangi emisi formaldehida bebas hingga 44,01% pada penyimpanan papan selama 6 minggu. Kombinasi senyawa Cu^{2+} dan amonia membentuk senyawa kompleks $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ sangat efektif dalam mengurangi emisi formaldehida. Ion Cu^{2+} mengikat dan menghambat senyawa amonia sehingga tidak mudah menguap dan memberikan penurunan formaldehida yang lebih efektif bila dibandingkan dengan pelapisan menggunakan larutan amonia dan larutan $CuSO_4$ saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. SNI 2005. 01-7140-2005 tentang Cara Uji Emisi Formaldehida pada Panel Kayu Metode Desikator Gelas. Jakarta : BSN
- Breslyn, Wayne. NaOH + CuSO₄ Reaction, One of my Favorite Chemical Reactions. Youtube, uploaded by Wayne Breslyn 18 Oct. 2021. https://www.youtube.com/watch?v=IzOr1hcRZX4&list=PLZR1BGWBaZ1wiOV_5_yQKN0rieKzrRxNR&index=3. Accessed 01 Maret 2023
- ChemistNATE. Copper (II) Sulfate + Sodium Carbonate = (Double Displacement with Precipitate). Youtube, uploaded by ChemistNATE 27 Sep. 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=ug1CHJHY9RIR&index=3>. Accessed 01 Maret 2023
- Cudennec, et all. (2020). Synthesis and study of Cu(NO₂)₂(NH₃)₄ and Cu(NO₂)₂(NH₃)₂
- Firmanto & Mariana. (2018). PENGARUH KADAR KATALIS TERHADAP PEMBUATAN RESIN UREA FORMALDEHID SKALA LABORATORIUM. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Fitrianingsih, Nanik et. al. 2019. Penetapan Kadar Formalin Pada Tahu Di Pasar X Dengan Metode Spektrofotometri Visible. Program Studi D3 Farmasi, STIKES Muhammadiyah Klaten.
- Japanese Agriculture Standard. 2003. Metode Pengujian Emisi Formaldehida, MAFF Notification. Mutuagung Lestari. Depok.
- Kristianti, Restu. Sushardi. 2017. Perlakuan Permukaan Kayu Lapis Untuk Meningkatkan Ketahanan Air dan Menurunkan Emisi Formaldehida. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian STIPER, Yogyakarta
- Lubis & Zainul. (2018). Interaksi Molekuler Amonium Hidroksida. Universitas Padang
- Muslimah & Elfanti (2017). Resin Epoxy dan Resin Urea Formaldehid. Politeknik Bandung
- Nurhayati, Lany. et. al. 2018. APLIKASI AMONIUM HIDROKSIDA SEBAGAI ZAT PENANGKAP FORMALDEHIDA PADA KAYU LAPIS INDAH. Program Studi Kimia. FMIPA Universitas Nusa Bangsa. Bogor
- Pizzi, A. (2003). Urea-Formaldehyde Adhesives. Universite de Nancy I. Epinal. France

- Pizzi, A., & Mittal, K. L. (1994). Handbook of Adhesive Technology (Second edi). Revised and Expanded. Marcel Dekker.
- Santoso, A., dan P. Sutigno. 2004. Pengaruh Fumigasi Amonium Hidroksida Terhadap Emisi Formaldehida Kayu Lapis dan Papan Partikel. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 22 (1): 9-16. Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- Susanti, Sanny. 2010. Penetapan Kadar Formaldehida pada Tahu yang Dijual Dipasar Ciputat dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis Disertai Kolorimetri Menggunakan Pereaksi Nash. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan. Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Tangdionga, Rita R. et al. 2015. Kajian Analisis Kimia Formaldehida dalam Peralatan Makan Melamin Secara Spektrofotometri Sinar Tampak. Balai Besar Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM), Manado
- Walker, J. Frederic. 1944. Formaldehyde. Chemical Research Division, Electrochemicals Department E. I. du Pont de Nemours & Company, Inc. Niagara Falls, JV. Y.
- Zhao, Hui. Et.all. (2021). Effect of Copper (II) Sulfate on the Properties of Urea Formaldehyde Adhesive. Polymers 14.1 (2021): 94.