



## Delaminasi Perekat Polivinil Asetat Berbasis Air Satu Komponen untuk Aplikasi Kayu Keras Ulin dan Merbau

### [Delamination on Polyvinyl Acetate Water Based Adhesive One Component for Ulin and Merbau Hard Wood Working Application]

Retno Indarti, Agustinus Ngatin, Robby Sudarman, Tifa Paramitha, Rony Pasonang Sihombing<sup>✉</sup>

Department of Chemical Engineering, Politeknik Negeri Bandung

**Abstract.** Water-based adhesive was one of the most important media for bonding substrates to one another because of their environmental friendly character. Previously, in the application of hardwood adhesives such as *Ulin* and *Merbau*, the type of adhesive used was a two-component system. For this reason, a one-component water-based adhesive was introduced in this study. The advantage of these was environmental friendly and high durability. In this application, delamination was one of the important parameters to determine whether the adhesive used was well penetrated or not. For this reason, delamination will be the main parameter in this study. This research includes the preparation of tools and materials, manufacture of PVA (polyvinyl alcohol) solution, polymerization of polyvinyl acetate by mixing the main raw material of vinyl acetate monomer and PVOH solution using APS (ammonium persulfate) initiator. The polymerization process was carried out at 1 atm pressure and 75°C – 80°C temperature accompanied by stirring with  $\pm 500$  rpm rotation rate. Final product is a homopolymer PVAc (polyvinyl acetate) with PVOH Z-210 with AAEM (acetoacetoxy ethyl methacrylate) content having an acetoxy functional group. A delamination test was carried out on the final product with a modified test based on Japanese Agricultural Standard 1152 where the product was immersed in water for 360 minutes, then placed in an oven at 40°C for 18 hours. Samples using PVOH with AAEM content have an average delamination rate of 0.67-1.67% while existing products on the market have an average delamination rate of 45.83-52.08%.

**Keywords:** PVAc, modified PVOH, delamination, wood adhesive

**Abstrak.** Perekat berbasis air merupakan salah satu media yang sangat penting untuk menyatukan substrat satu dengan lainnya karena sifatnya yang ramah lingkungan. Sebelumnya, dalam aplikasi perekatan kayu keras seperti kayu ulin dan merbau, jenis perekat yang digunakan merupakan perekat dua komponen. Untuk itu perekat berbasis air satu komponen diperkenalkan pada penelitian ini. Keuntungan yang didapat dari perekat berbasis air satu komponen adalah selain ramah lingkungan, juga tahan lama. Dalam aplikasinya, delaminasi merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan apakah perekat yang dipakai terpenetrasi dengan baik atau tidak. Untuk itu, delaminasi akan menjadi parameter utama dalam penelitian ini. Penelitian ini meliputi tahap persiapan alat dan bahan, pembuatan larutan PVOH (*polyvinyl alcohol*), polimerisasi polivinil asetat dengan mencampurkan bahan baku utama monomer vinil asetat dan larutan PVA dengan menggunakan inisiator APS (*ammonium persulfate*). Proses polimerisasi dilakukan pada tekanan 1 atm dan temperatur 75°C - 80°C yang disertai pengadukan dengan laju putaran  $\pm 500$  rpm. Produk akhir berupa perekat yang merupakan emulsi homopolimer PVAc (*polyvinyl acetate*) dengan PVOH Z-210 yang memiliki kandungan gugus fungsional *acetoxy* dalam senyawa AAEM (*acetoacetoxy ethyl methacrylate*). Uji delaminasi dilakukan pada produk akhir dengan modifikasi pengujian berdasarkan standar *Japanese Agricultural Standard 1152* dimana produk direndam dalam air selama 360 menit, kemudian dimasukkan ke dalam oven suhu 40°C selama 18 jam. Berdasarkan hasil pengujian, sampel dengan menggunakan PVOH dengan kandungan AAEM memiliki rerata tingkat delaminasi 0,67-1,67%, sedangkan produk eksisting di pasaran memiliki rerata tingkat delaminasi 45,83-52,08%

**Kata kunci:** PVAc, PVOH termodifikasi, delaminasi, perekat per kayuan.

Diterima: 22 Mei 2022, Disetujui: 13 Juli 2022

Sitasi: Indarti, R., Ngatin, A., Sudarman, R., Paramitha, T., dan Sihombing, RP. (2022). Delaminasi Perekat Polivinil Asetat Berbasis Air Satu Komponen untuk Aplikasi Kayu Keras Ulin dan Merbau. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(2): 113-119.

<sup>✉</sup> Corresponding author

E-mail: [rony.pasonang.sihombing@polban.ac.id](mailto:rony.pasonang.sihombing@polban.ac.id)

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i2.15900>



## LATAR BELAKANG

Penggabungan dua substrat dapat dilakukan dengan beberapa cara. Salah satunya dengan menggunakan perekat (Sa'ad et al., 2020). Berbagai jenis substrat dapat disatukan dengan menggunakan perekat. Salah satunya adalah substrat kayu. Indonesia merupakan negara dengan produksi kayu yang cukup besar karena merupakan negara tropis.

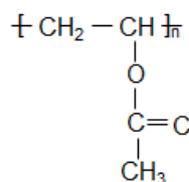
Kayu merupakan media yang cukup sering digunakan dalam kehidupan keseharian manusia. Berdasarkan tingkat ketahanan, jenis kayu dikelompokkan menjadi lima kelas awet (Muslich & Rulliaty, 2016). Kelas tersebut diantaranya adalah kelas I (sangat awet), kelas II (awet), kelas III (sedang), kelas IV (tidak awet) dan kelas V (sangat tidak awet). Kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu Ulin dan kayu Merbau, karena jenis kayu tersebut sering digunakan dan masing-masing dari kedua jenis kayu tersebut termasuk dalam kayu keras pada kelas I dan kelas II. Dalam dunia industri perkayuan, jenis kayu ini digunakan untuk aplikasi *decking outdoor* (Anonim, 2022a; Anonim, 2022b). Dalam aplikasi lain, kerasnya jenis kayu ini dapat juga digunakan dimanfaatkan sebagai bantalan kereta (Ramadhan, 2021). Tingkat kekerasan dan keawetan kayu Ulin masuk ke dalam kategori kelas I dan kayu Merbau masuk ke dalam kategori kelas III dan II. Tingkat kerasnya kayu sebanding dengan kerapatan serat yang ada di dalam kayu tersebut. Semakin keras kayu yang digunakan, semakin tinggi tingkat kerapatan serat yang terdapat di dalamnya (Hamdy & Setiawan, 2017). Hal ini mengakibatkan keterbatasan penggunaan perekat untuk jenis kayu dengan kerapatan tinggi.

PVOH merupakan jenis protektif koloid. Protektif koloid berfungsi untuk mencegah

aglomerasi di bagian permukaan partikel polimer. Rantai protektif koloid merupakan bagian dari rantai yang teradsorpsi kuat pada permukaan partikel dan bagian utama rantai diperpanjang ke fasa cair (Lange, 2011). Jenis protektif koloid dengan gugus fungsional tertentu biasanya digunakan supaya produk mencapai karakteristik yang diinginkan (Barboutis & Kamperidou, 2021).

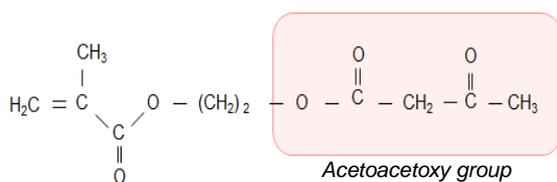
Tingkat kerasnya kayu sebanding dengan kerapatan serat yang ada di dalam kayu tersebut. Semakin keras kayu yang digunakan, semakin tinggi tingkat kerapatan serat yang terdapat di dalamnya (Hamdy & Setiawan, 2017). Hal ini mengakibatkan keterbatasan penggunaan perekat untuk jenis kayu dengan kerapatan tinggi.

Perekat polvinil asetat (PVAc) adalah jenis basis perekat yang biasanya digunakan untuk aplikasi perkayuan (Sina Ebnesajjad, 2010). Hal ini dikarenakan sifatnya yang dapat melakukan penetrasi ke materi berpori, harganya yang relatif murah dan ramah lingkungan (Abdelghany et al., 2019; Chiozza et al., 2018). Perekat jenis ini dapat dibuat melalui proses polimerisasi adisi. Struktur dasar dari perekat jenis ini ditunjukkan pada Gambar 1. Kelemahan dari PVAc diantaranya adalah rendahnya ketahanan terhadap kelembapan dan air (Olad et al., 2021). Untuk meningkatkan properti tersebut, beberapa langkah dapat dilakukan. Salah satunya adalah dengan melibatkan keberadaan polivinil alkohol (PVOH) termodifikasi.



Gambar 1. Struktur PVAc

Salah satu bahan yang digunakan dalam sintesis PVAc adalah PVOH. Jenis dari material ini sangat beragam. Dimulai dari PVOH dengan berat molekul rendah hingga PVOH dengan berat molekul tinggi. Dalam beberapa kondisi tertentu, jenis PVOH dengan gugus fungsional tertentu dapat digunakan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. PVOH seri Gohsenx Z-210 digunakan dalam penelitian ini karena PVOH Gohsenx Z-210 memiliki tambahan AAEM (*acetoacetoxy ethyl methacrylate*) di dalamnya dan belum ada penelitian sebelumnya yang menggunakan PVOH termodifikasi jenis ini. Struktur AAEM (Gambar 2) memiliki kandungan gugus fungsional *acetoacetoxy* (Taylor & Winnik, 2004)



**Gambar 2.** Struktur AAEM

Berbagai macam pengujian dilakukan untuk melihat karakter PVAc. Standar pengujian karakter PVAc dengan properti ketahanan terhadap air yang baik dapat dilakukan dengan mengacu pada standar EN-204-205 dan JAS (*Japanese Agricultural Standard*) 1152. Dalam dunia industri, *Delamination Test* juga diberlakukan untuk menguji sebuah perekat. Penelitian ini menggunakan kombinasi kedua standar tersebut untuk mengetahui delaminasi aplikasi perekat kayu pada kayu keras. Kayu keras biasanya digunakan sebagai perekat dua komponen, dimana salah satunya adalah resin *crosslinker*, namun dalam penelitian ini, perekat PVAc satu komponen digunakan dengan tujuan kemudahan aplikasi dan nilai keekonomisan.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Bahan dan Peralatan

Penelitian ini menggunakan bahan baku antara lain PVOH termodifikasi Z-201, monomer vinil asetat, APS, PVOH, aquades, dan aditif. Bahan untuk pengujian adalah kayu ulin dan merbau. Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah *dropping funnel*, reaktor, buret, pengaduk, pengukur suhu, kondensor dan penangas.

### Prosedur Penelitian

#### *Proses polimerisasi*

Pengaliran gas nitrogen dilakukan dalam proses sintesis dengan menggunakan kecepatan pengadukan sekitar 50 – 500 rpm (opsional). Pemanasan akan didapat dari alat penangas.

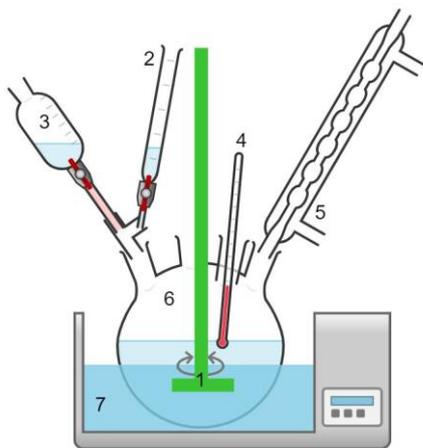
Langkah pertama diawali dari pembuatan larutan PVOH, dimana air dan PVOH dilarutkan dengan adanya pemanasan. Kemudian secara bertahap, monomer dimasukkan bersama-sama dengan larutan APS ke dalam proses sintesis. Suhu dipertahankan pada 75°C - 80°C hingga akhir feeding. Setelah feeding selesai, pengadukan dibiarkan selama waktu tertentu untuk stabilitas produk, kemudian suhu diturunkan ke dalam suhu ruang sambil ditambahkan larutan PVOH termodifikasi sebanyak 1% agar viskositas tidak terlalu tinggi ( $\pm 10.000$  cps) dan produk dapat diambil (Athawale & Kulkarni, 2009).

Penelitian dilakukan dengan membuat beberapa sampel hasil sintesis polimerisasi. Sampel tersebut diaplikasikan pada kayu keras dengan sampel standar D3 (sampel perekat dengan karakter *water resistant* yang baik) yang ada di sudah ada di pasaran. Pengujian dilakukan dengan merendamkan sampel kayu keras yang sudah diaplikasikan dengan perekat ke dalam air selama 6 jam, kemudian sampel

dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 40°C selama 18 jam. Hal ini bertujuan untuk memberikan ruang gerak pada serat padat dalam kayu keras. Selanjutnya kayu yang sudah diberi perlakuan, dinilai dari keempat sisi yang bersinggungan dengan perekat. Sisi 1 (depan), sisi 2 (kanan), sisi 3 (belakang), sisi 4 (kiri). Tingkat delaminasi dilihat dari banyaknya bagian yang terbuka pada tiap sisi.

**Skema polimerisasi**

Reaktor dan kelengkapan reaksi polimerisasi ditunjukkan pada Gambar 3.



Keterangan:

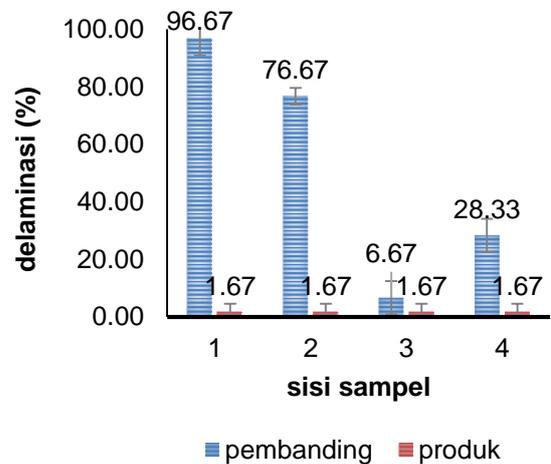
- 1) Pengaduk
- 2) Buret
- 3) Dropping funnel
- 4) Pengukur suhu
- 5) Kondensor
- 6) Reaktor
- 7) Penangas

**Gambar 3.** Reaktor polimerisasi

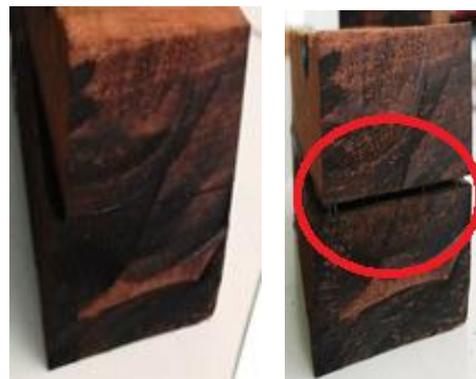
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil perlakuan pada kayu ulin, didapatkan bahwa pada sampel pembanding, hasil rata-rata delaminasi seluruh sisi adalah 52,08% dengan rata-rata standar deviasi sebesar 5,05%, sedangkan pada sampel produk didapatkan hasil rata-rata delaminasi seluruh sisi sebesar 1,67% dengan rata-rata standar deviasi sebesar 2,89% (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa sampel dapat diaplikasikan dengan baik pada kayu Ulin yang

memiliki tingkat kekerasan dan tingkat keawetan level I. Contoh visual pada Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan contoh foto visual hasil delaminasi sebelum (kiri) dan sesudah perlakuan (kanan).



**Gambar 4.** Hasil delaminasi pada kayu ulin

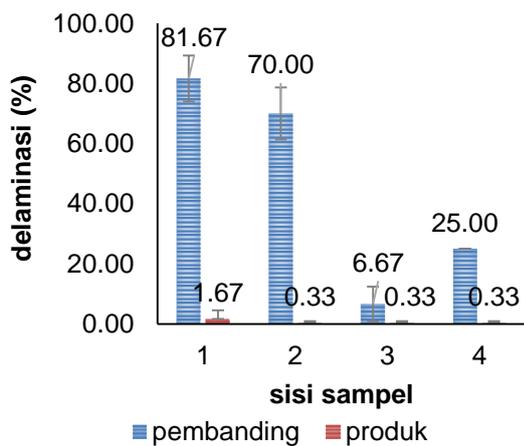


**Gambar 5.** Foto visual delaminasi kayu ulin pada sampel pembanding



**Gambar 6.** Foto visual delaminasi kayu ulin pada sampel produk

Berdasarkan perlakuan pada kayu Merbau, didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil yang didapat adalah pada sampel perbandingan, hasil rata-rata delaminasi seluruh sisi adalah 45,83% dengan rata-rata standar deviasi sebesar 5,25%, sedangkan pada sampel produk didapatkan hasil rata-rata delaminasi seluruh sisi sebesar 0,67% dengan rata-rata standar deviasi sebesar 1,15%. Hal ini menunjukkan bahwa sampel dapat diaplikasikan dengan baik pada kayu Merbau yang memiliki tingkat kekerasan level I-III dan tingkat keawetan level I-II. Contoh visual pada Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan contoh foto visual hasil delaminasi sebelum (kiri) dan sesudah perlakuan (kanan)



Gambar 7. Hasil delaminasi pada kayu merbau

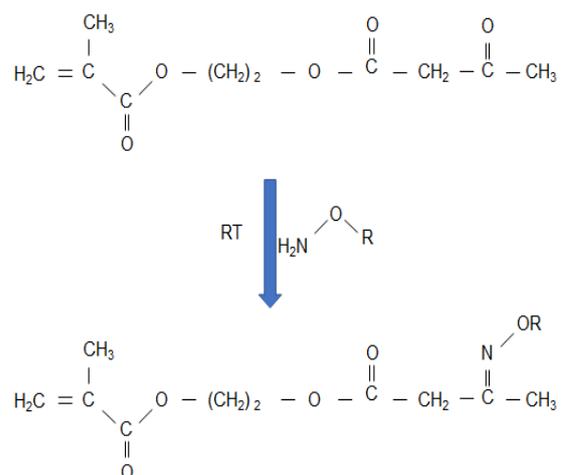


Gambar 8. Foto visual delaminasi kayu merbau pada sampel pembandingan

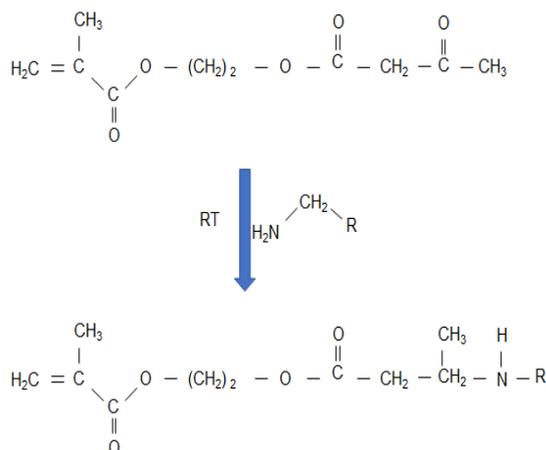


Gambar 9. Foto visual delaminasi kayu merbau pada sampel produk

Fenomena ini terjadi karena senyawa AAEM pada PVOH termodifikasi memiliki b-karbonil di sepanjang ikatan samping (Pal et al., 2012). Adanya senyawa AAEM juga dapat memulai terjadinya ikatan silang (*crosslinking chain*) pada polimer perekat kayu (Boscan, 2017). Hal ini karena kayu mengandung senyawa amina dan AAEM dapat berikatan silang dengan senyawa amina bahkan dalam suhu ruang (Tariq et al., 2022; Yang et al., 2022). Beberapa kemungkinan rute fungsionalisasi antara AAEM dan senyawa amina digambarkan pada Gambar 10 dan Gambar 11 (Zoller et al., 2016).



Gambar 10. Rute 1 reaksi AAEM dan senyawa amina



**Gambar 11.** Rute 2 reaksi AAEM dan senyawa amina

Hal ini yang menjadikan AAEM memiliki ketahanan yang baik terhadap kenaikan suhu dan kelembapan, sehingga saat digunakan dalam perekat PVAc sifat ini dapat digunakan untuk menutupi kekurangan yang ada pada PVAc.

## KESIMPULAN

Sintesis polimer PVAc telah berhasil dibuat dengan polimerisasi air – protektif koloid - monomer menggunakan APS sebagai inisiatornya. Penggunaan PVOH termodifikasi Gohsenx Z-210 berpengaruh pada tingkat delaminasi kayu keras Ulin dan Merbau. Penggunaan PVOH Gohsenx Z-210 menurunkan rerata tingkat delaminasi pada aplikasi perkayuan secara signifikan dari 45,83-52,08% hingga 5,05-5,52%. Untuk proses aplikasi, diharapkan dapat memanfaatkan hasil penelitian ini untuk mengatur fenomena nilai uji yang diinginkan sesuai penggunaan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung dan Kanematsu Corporation atas dukungannya. Penelitian ini dibiayai oleh Politeknik Negeri Bandung melalui Skema Penelitian Mandiri Surat Perjanjian

nomor B/114.131/PL1.R7/PG.00.03/2022 dan bahan baku PVOH termodifikasi didukung oleh Kanematsu Corporation.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2022a). *5 Pilihan lantai kayu Outdoor / Decking Terbaik 2022 Mengenal Decking kayu*. (Www.lantaikayu.asia/daftar-kelas-kayu/),1–13.
- Anonim. (2022b). *Daftar Kelas Kayu Terbaik Dari Kekerasan*. (Www.lantaikayu.asia/harga-decking-kayu/) 1–8.
- Abdelghany, A. M., Meikhail, M. S., & Asker, N. (2019). Synthesis and structural-biological correlation of PVC/PVAc polymer blends. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(5): 3908–3916.
- Athawale, V. D., & Kulkarni, M. A. (2009). Preparation and properties of urethane/acrylate composite by emulsion polymerization technique. *Progress in Organic Coatings*, 65(3): 392–400. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2009.03.004>
- Barboutis, I., & Kamperidou, V. (2021). Shear strength of beech wood joints bonded with commercially produced PVAc D3 adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 105, 102774. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2020.102774>
- Chiozza, F., Santoni, I., & Pizzo, B. (2018). Discoloration of poly(vinyl acetate) (PVAc) gluelines in wood assemblies. *Polymer Degradation and Stability*, 157: 90–99.
- Boscan, F. (2017). *Emulsion polymerization of superhydrophobic monomers*. Universidad del País Vasco, Biscay.
- Hamdy, N., dan Setiawan, A. (2017). Model Pengembangan Struktur Dan Bahan Pada Elemen Tiang / Kaki ( Super Structur ) Pada Permukiman Rumah Tradisional Bugis Makassar di Kawasan Pesisir Kota Makassar. *Prosiding SINALTSUB-I. Seminar Ilmiah Nasional Teknik Sipil Universitas Bosowa*, 4 Desember 2017, Makassar, hlm. 149–165.

- Lange, H. (2011). Emulsion polymerization of vinyl acetate with renewable raw materials as protective colloids. *Degree Project in Coating Technology 2nd Level, 30 ECTS*, 40.
- Muslich, M., & Rulliaty, S. (2016). Ketahanan 45 Jenis Kayu Indonesia Terhadap Rayap Kayu Kering Dan Rayap Tanah. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(1): 51–59.
- Olad, A., Anarchi, M., & Nosrati, R. (2021). The effect of silica/zeolite-A nanocomposite on the polyvinyl acetate wood adhesive. *Scientia Iranica*, 28(3F): 1953–1961.
- Pal, S., Das, A., Maiti, S., & De, P. (2012). Synthesis and characterization of a biodegradable polymer prepared via radical copolymerization of 2-(acetoacetoxy)ethyl methacrylate and molecular oxygen. *Polymer Chemistry*, 3(1): 182–189.
- Ramadhan, F. (2021). Kajian penggunaan bantalan kayu dan bantalan sintesis pada jembatan di lintas kiaracandong – cicalengka kertas kerja wajib. [*Kertas Kerja Wajib*]. PTDI-STTD, Bekasi.
- Sa'ad, D., Turmizi, T., & Azwar, A. (2020). Pengaruh Temperatur Operasi Dan Jenis Perekat Terhadap Kekuatan Geser Sambungan Rekat Sabuk Pengangkut (Belt Conveyor) Pada Pt. Pupuk Iskandar Muda. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 4(1): 23.
- Sina Ebnesajjad. (2010). *Handbook of Adhesives and Surface Preparation\_ Technology, Applications and Manufacturing*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-65918-9>
- Tariq, S., Irusta, L., Fernández, M., & Paulis, M. (2022). Kinetic study of crosslinking between acetoacetoxy and hexamethylene diamine functionalized waterborne latexes in two-pack systems. *Progress in Organic Coatings*, 165.
- Yang, Y., Gao, Y., Wang, X., An, H., Liang, S., Wang, R., Li, N., Sun, Z., Xiao, J., & Zhao, X. (2022). Preparation and properties of a self-crosslinking styrene acrylic emulsion using amino-functional graphene oxide as a crosslinking agent and anti-corrosion filler. *Journal of Materials Research and Technology*, 16: 1814–1823.
- Zoller, A., Kockler, K. B., Rollet, M., Lefay, C., Gimes, D., Barner-Kowollik, C., & Guillaneuf, Y. (2016). A complete kinetic study of a versatile functional monomer: