



Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat Jute Berdasarkan Pola Kerusakan Kolom Silinder Metode Split Tensile Test

Analysis Tensile Strength of Laminate Jute Composites Based on Damage Patterns of Cylinder Columns Split Tensile Test Method

Mahmuddin Al Rasid, A. J. Zulfikar, & Iswandi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstrak

Tujuan studi ini ialah mendapatkan pola kerusakan spesimen beton kolom silinder (BKS) diperkuat komposit laminate jute (KLJ) berdasarkan hasil uji Split Tensile Test (Uji tarik belah), mengetahui fenomena pemberian penguat bahan komposit laminat jute terhadap beton kolom silinder terhadap persentase pola retak (PPR) spesimen, dan menganalisis perbandingan antara kekuatan tarik belah (KTB) dan PPR. Spesimen uji dicetak berdasarkan standar uji ASTM C496 dengan metode Vacuum Bagging. Variasi spesimen terdiri dari 1 hingga 4 lapis KLJ dan satu variasi tanpa selubung KLJ sebagai spesimen kontrol. Pengujian tarik belah menggunakan alat uji UTM dengan masing-masing variasi dilakukan 3 kali perulangan. Pengamatan dan perhitungan PPR dikerjakan dengan bantuan software Adobe Photoshop. Hasil studi menunjukkan bahwa semakin besar nilai KTB maka semakin besar pula PPR yang terjadi. Peningkatan PPR pada masing-masing KTB dilaporkan dalam artikel ini.

Kata Kunci : Komposit laminat jute; beton kolom silinder; kekuatan tarik belah; persentasipola retak

Abstract

The purpose of this study is to obtain the damage pattern of cylindrical column concrete specimens (BKS) reinforced with laminate jute composite (KLJ) based on the results of the Split Tensile Test, to find out the phenomenon of applying laminated jute composite reinforcement to cylindrical column concrete to the percentage of crack patterns (PPR) specimens, and analyze the comparison between split tensile strength (KTB) and PPR. The test specimens were printed based on the ASTM C496 test standard using the Vacuum Bagging method. Specimen variations consist of 1 to 4 layers of KLJ and one variation without KLJ sheath as a control specimen. The split tensile test used the UTM test tool with each variation being carried out 3 repetitions. PPR observations and calculations were carried out with the help of Adobe Photoshop software. The results of the study show that the greater the KTB value, the greater the PPR that occurs. The increase in PPR in each KTB is reported in this article.

Keywords : Composite laminated jute; cylinder column concrete; split tensile strength; percentage of crack patterns.

How to Cite: Mahmuddin Al Rasid, A. J. Zulfikar, & Iswandi. (2022). Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat Jute Berdasarkan Pola Kerusakan Kolom Silinder Metode Split Tensile Test. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Arsitektur*, 1(2) 2022: 97-103,

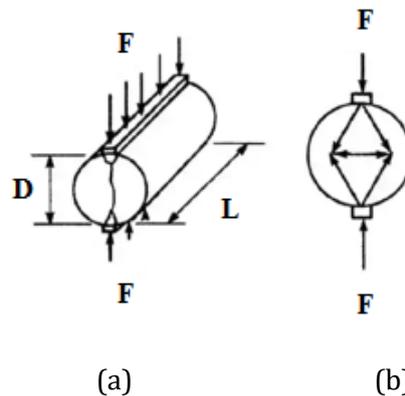
PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan konstruksi menghasilkan berbagai inovasi material dengan mengedepankan prinsip berkelanjutan dan ramah lingkungan. Salah satu inovasinya adalah beton ramah lingkungan yang terbuat dari material komposit yang berasal dari material alam namun tetap kuat dan ringan. Ada juga metode pencetakan yang berbeda, salah satunya adalah melapisinya dengan serat khusus atau bahan komposit untuk meningkatkan sifat mekanik struktur beton. [1]–[3].

Komposit adalah bahan yang dibuat dengan menggabungkan dua atau lebih bahan untuk membuat bahan baru dengan sifat mekanik baru dan karakteristik yang berbeda dari bahan sebelumnya. Bahan komposit diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan tulangnya, yang meliputi serat, laminasi, dan partikel. Jenis material komposit yang digunakan dalam penelitian ini adalah komposisi laminasi. Kain jute anyaman akan digunakan sebagai bahan penguat untuk melapisi beton kolom silinder [4], [5].

Kain burlap dibuat terutama dari lembaran kain jute tenun. Bahan ini berasal dari kulit pohon tanaman jute yang bertekstur kasar. Bahan ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan serat sintetis, antara lain terbarukan, dapat didaur ulang, tidak berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan, memiliki sifat mekanik yang lebih baik, tidak menyebabkan abrasi alat, memiliki kerapatan lebih rendah, dan relatif murah. Namun bahan ini memiliki kekurangan seperti ukuran serat yang tidak seragam dan kekuatan serat yang sangat dipengaruhi oleh usia pakai [6], [7].

Kemampuan suatu bahan untuk menahan beban geser searah dengan penampang benda uji disebut sebagai kekuatan tarik belah. Dalam penelitian ini beton kolom silinder ditempatkan dalam dua posisi horizontal untuk menahan gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu benda uji sampai benda uji retak dan pecah [8]. Beban tekan diterapkan pada benda uji sampai retak pada posisi penampang. Karena beban tekan pada ujung sampel dikondisikan terjadi pada satu titik, beban menyebar ke seluruh sampel, menyebabkan beban tarik terjadi sepanjang diameter penampang sampel. Karena beban tekan pada ujung sampel dikondisikan terjadi pada satu titik, beban menyebar ke seluruh sampel, menyebabkan beban tarik terjadi sepanjang diameter penampang sampel. Dengan demikian, beban tarik menyebabkan retakan pada penampang benda uji [9]. Gambar 1 menggambarkan kondisi ini. Kuat tarik belah (STB) dihitung menggunakan persamaan (1), dimana F adalah beban tekan (N), L adalah panjang sampel (mm), dan D adalah diameter sampel (mm).



Gambar 1. Ilustrasi uji tarik belah, (a) kondisi pembebanan dalam bentuk 3 dimensi, dan (b) kondisi beban pada penampang spesimen

$$S_{tb} = \frac{2F}{\pi LD} \dots\dots\dots (1)$$

Beberapa studi telah dikerjakan untuk perbaikan struktur beton kolom. Metode sangkar baja telah dikerjakan dan menghasilkan struktur beton yang lebih kuat dan kokoh [10]. Lebih lanjut, metode *steel jacketing* juga telah diaplikasikan untuk perbaikan struktur beton kolom dan

hasilnya diperoleh struktur beton kolom yang kuat, kokoh, dan mampu menambah umur pakainya [11]. Akhirnya, sebuah studi menggunakan metode composite jacketing dalam memperbaiki struktur beton kolom yang rusak dan menghasilkan struktur beton baru yang lebih kokoh, kuat, dan bentuk yang lebih baik [12]. Akan tetapi, metode-metode yang diterapkan ini memiliki kelemahan dalam pengoperasiannya antara lain: bobot dan ukuran konstruksi yang bertambah, waktu perbaikan yang cukup lama, dan biaya perbaikan yang cukup besar.

Sejumlah penelitian tentang kuat tarik belah struktur beton juga telah dilakukan dan dipublikasikan. Studi penerapan variasi agregat kasar dan halus untuk meningkatkan kuat tarik belah menghasilkan kuat tarik belah maksimum sebesar 3,4 MPa untuk beton agregat kasar dan 2,6 MPa untuk beton agregat halus [13], [14]. Penambahan serat rami pada agregat beton dapat mencegah laju retak optimum sebesar 0,5% dari berat konstruksi, yaitu memiliki kuat tarik belah sebesar 3,268 MPa setelah 28 hari [15]. Selain itu, penelitian dengan menggunakan analisis faktorial pada penerapan serat goni pada beton dengan waktu pengeringan 7, 28, dan 90 hari mengungkapkan bahwa panjang dan volume serat memiliki efek positif pada sifat beton yang mengeras pada masa perawatan awal dan masa perawatan yang diperpanjang [16].

Berdasarkan hasil-hasil studi tersebut di atas, topik studi ini ialah tentang dampak kekuatan tarik belah terhadap pola kerusakan spesimen beton kolom silinder (BKS) akibat pemberian penguat bahan komposit laminat dari bahan kain jute anyaman. Tujuan penelitian ini ialah untuk mendapatkan pola kerusakan spesimen BKS diperkuat komposit laminate jute (KLJ) berdasarkan hasil uji Split Tensile Test (Uji tarik belah), mengetahui fenomena pemberian penguat bahan komposit laminat jute terhadap beton kolom silinder terhadap PPR spesimen dan menganalisis perbandingan antara kekuatan tarik belah (KTB) dan PPR.

METODE PENELITIAN

Dalam studi ini, spesimen BKS mengikuti standar uji ASTM C496. Kontrol terhadap penurunan berat spesimen menggunakan timbangan digital jenis SF-400 dengan kapasitas maksimum 10 kg dan presisi 1 g. Pengujian kekuatan tarik belah menggunakan alat uji UTM jenis Hydraulic UTM model WEW-300D kapasitas 300 kN. Sketsa dan perhitungan PPR menggunakan software Adobe Photoshop CS6.

Bahan-bahan yang digunakan dalam studi ini ialah kain jute anyaman (gambar 2) yang berfungsi sebagai penguat dengan cara menyelubungi struktur BKS dengan teknik pencetakan berdasarkan metode Vacuum Bagging. Resin epoxy dan pengerasnya dalam penelitian ini adalah dari jenis Bisphenol A-Epichlorohydrin. Semen yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah dari jenis semen Portland Komposit SNI 7064 2014. Agregat beton terdiri dari semen, pasir, kerikil, dan air yang mengalami perlakuan 28 hari perendaman dalam air bersih dan 28 hari pengeringan di udara terbuka.



Gambar 2. Kain jute anyaman

Prosedur pelapisan KLJ ialah sebagai berikut: (1) pembersihan permukaan spesimen dengan menggunakan kertas pasir (amplas) dan kain lap, (2) pencampuran resin epoxy dan hardener-nya dengan perbandingan komposisi 1:1 (campuran ini diberi kode C1), (3) mengoleskan permukaan spesimen dengan C1 secara keseluruhan, (4) menempelkan kain jute ke permukaan spesimen sehingga seluruh permukaannya tertutupi, (5) mengoleskan kembali C1 ke permukaan kain jute

hingga merata, (6) persiapan pompa vakum dan wadah vakum-nya, (7) mengoleskan bagian dalam permukaan wadah vakum dengan minyak pelumas untuk memudahkan pemisahan spesimen dan wadah ketika proses pembongkaran, (8) masukkan spesimen yang telah dilapisi dengan kain jute ke wadah vakum, (9) tutup rapat wadah vakum dengan menggunakan isolasi untuk mendapatkan kondisi vakum udara, (10) menghidupkan pompa vakum untuk menarik udara keluar dari wadah vakum, dan (11) setelah kondisi wadah dalam keadaan vakum yang ditunjukkan oleh tekanan pada alat ukur manometer pompa 0 bar, maka ikat wadah vakum dengan rapat dan lepaskan pompa vakum (Gambar 3). Dalam penelitian ini, jumlah variasi KLJ yang diberikan ialah untuk 1, 2, 3, dan 4 lapis selubung kain jute. Sebagai perbandingan, dipersiapkan juga 3 buah spesimen BKS tanpa selubung kain jute.



Gambar 3. Vacuum bagging

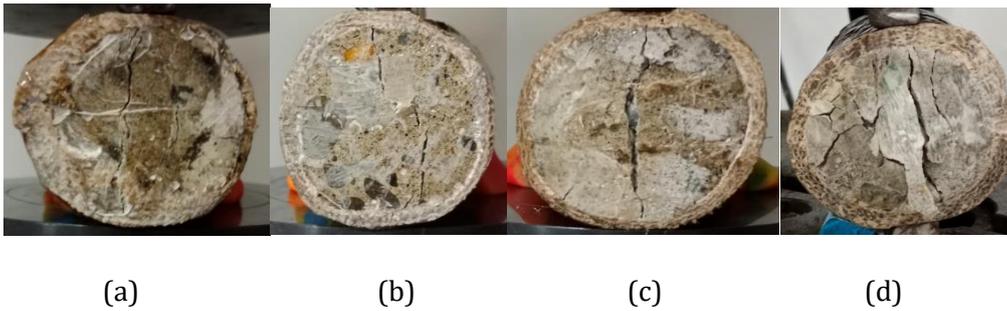
Prosedur perhitungan untuk analisis kekuatan tarik belah spesimen BKS yang diberi penguat dari selubung KLJ, sebagai berikut: (a) Input data-data numerik hasil pengujian ke dalam spread sheet Ms. Excel. Input data uji berdasarkan variasi dan jumlah pengulangan pada tiap variasinya, (b) perhitungan kekuatan tarik belah dengan menggunakan persamaan (1), (c) pembuatan grafik kekuatan tarik belah dan regangan, dan (d) menentukan nilai maksimum kekuatan tarik pada masing-masing perlakuan berdasarkan grafik yang diperoleh.

Prosedur pembuatan gambar sketsa pola kerusakan spesimen beton kolom silinder ialah sebagai berikut menjalankan operasi software Adobe Photoshop, membuka gambar spesimen yang telah diuji pada software tersebut, memotong (crop) gambar yang akan di analisa pola kerusakannya, operasikan fitur image size pada menu bar untuk menentukan size agar resolusi gambar bagus, buat layer baru pada fitur new layer, pilih eyedropper tool untuk menyesuaikan warna, pilih pen tool dan ikuti alur pola kerusakan yang akan di analisa, pilih fill path untuk menampilkan warna pola kerusakan, dan simpan (Save) sketsa pola kerusakan yang sudah digambar [17].

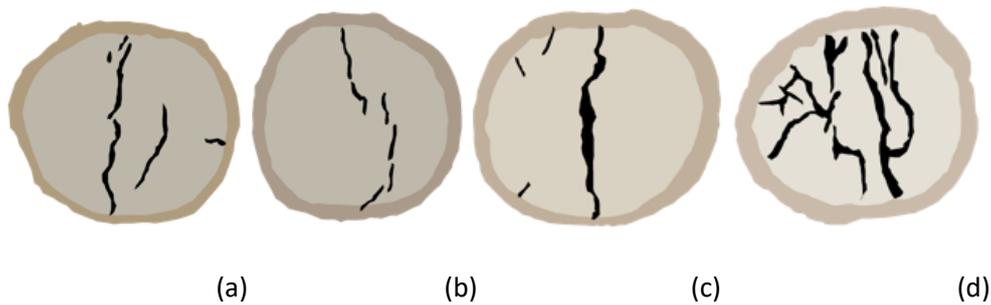
Akhirnya, prosedur perhitungan pola kerusakan spesimen adalah sebagai berikut: menjalankan operasi software Adobe Photoshop, membuka gambar sketsa spesimen, pilih *select* kemudian *colour range* untuk memilih warna pola kerusakan, pilih *window* kemudian *histogram* untuk menampilkan data *pixels* dari pola kerusakan, dan data yang didapat kemudian diolah di Microsoft Excel untuk mendapatkan PPR-nya [9], [18].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dari pengujian tarik belah spesimen BKS yang diperkuat KLJ diperoleh pola kerusakan beton kolom silinder (BKS) seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Selanjutnya, pola kerusakan untuk variasi 1, 2, 3 dan 4 lapis dibuat gambar sketsanya dengan bantuan software Adobe Photoshop dan hasilnya diperlihatkan pada Gambar 2.

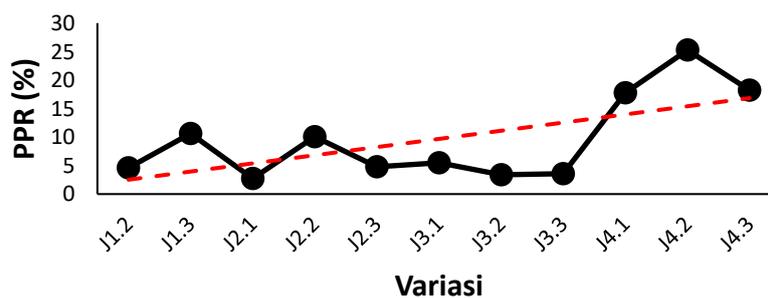


Gambar 4. Pola retak spesimen KLJ: (a) J1, (b) J2, (c) 3, dan (d) J4



Gambar 5. Sketsa pola kerusakan spesimen KLJ: (a) J1, (b) J2, (c) J3, dan (d) J4

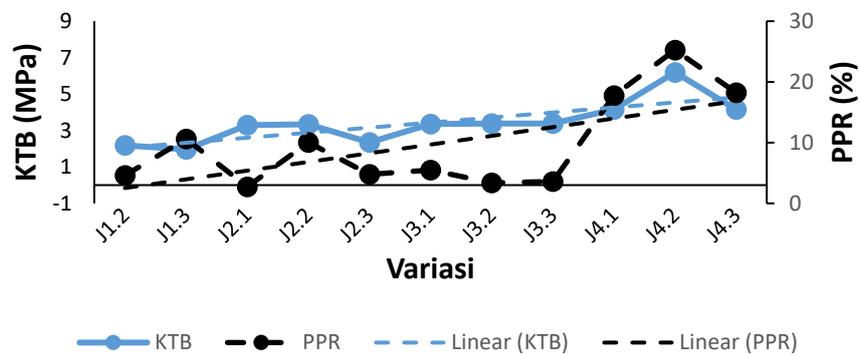
Berdasarkan gambar sketsa pola retak pada gambar 5, persentase luas retakan dalam luas penampang spesimen yang selanjutnya disebut dengan persentase pola retak (PPR) dihitung dengan menggunakan bantuan software Adobe Photoshop versi CS6 pada fitur color range. Hasil perhitungan tersebut diperlihatkan dalam bentuk grafik seperti diperlihatkan pada gambar 6. Berdasarkan grafik PPR yang ditunjukkan pada gambar 6, pemberian selubung KLJ pada BKS meningkatkan pola kerusakan yang terjadi pada permukaan spesimen. Hal ini ditunjukkan berdasarkan garis tren berwarna merah putus-putus pada gambar 6. Semakin banyak lapisan KLJ maka semakin besar pola kerusakan yang terjadi.



Gambar 6. Grafik PPR spesimen KLJ

Kekuatan tarik belah (KTB) bahan KLJ pada spesimen BKS diperoleh berdasarkan hasil penyelidikan Hidayat (2022). Perbandingan PPR dengan KTB untuk bahan KLJ sebagai penguat struktur BKS untuk variasi 1, 2, 3 dan 4 lapis diperlihatkan pada grafik perbandingan PPR dan KTB seperti pada gambar 7. Berdasarkan gambar 7, tren grafik menunjukkan bahwa kenaikan KTB akibat peningkatan lapisan KLJ pada spesimen BKS mengakibatkan peningkatan pola retak (kerusakan) pada permukaan spesimen tersebut. Hal ini disebabkan karena semakin banyak

lapisan KLJ yang diberikan pada BKS maka kekuatan tarik belah spesimen juga akan semakin tinggi. Dengan demikian, gaya yang cukup besar akan menyebabkan kerusakan yang semakin besar juga pada spesimen.



Gambar 7. Grafik perbandingan KTB dan PPR

Hasil penelitian ini mendukung hasil studi yang telah dikerjakan oleh Mosallam dkk, Fakharifar dkk, dan Mohammed dkk, dimana penguatan struktur beton dengan menggunakan bahan komposit mampu meningkatkan KTB dari struktur BKS [10]–[12]. Pola kerusakan juga mengalami peningkatan akibat pemberian beban tarik belah yang semakin besar [13], [15], [19]. Akan tetapi, karena PPR yang terjadi masih dibawah 30 % menunjukkan bahwa KLJ memberikan perlawanan terhadap penambahan beban tersebut dan mampu meredam beban tersebut dengan baik.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data-data hasil eksperimental yang telah dikerjakan, maka diperoleh kesimpulan bahwa pola kerusakan yang parah terjadi pada spesimen terlihat melintang vertikal terhadap permukaannya. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan pada spesimen BKS terjadi akibat beban tarik yang berlawanan arah dan bekerja pada arah horizontal. Pemberian selubung KLJ yang semakin banyak menyebabkan peningkatan pola retak pada spesimen BKS. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh semakin besarnya gaya tarik yang terjadi pada spesimen tersebut. Berdasarkan tren grafik perbandingan kekuatan tarik belah dan persentase pola retak tersebut terlihat bahwa peningkatan kekuatan tarik belah juga berdampak terhadap peningkatan persentase pola retak di spesimen BKS. Akan tetapi, peningkatan pola retak hanyalah hingga 30 % dari seluruh luas permukaan spesimen. Dengan demikian, pemberian KLJ pada BKS mampu meredam pola retak yang terjadi pada spesimen.

DAFTAR PUSTAKA

- S. C. Das et al., "Effect of stacking sequence on the performance of hybrid natural/synthetic fiber reinforced polymer composite laminates," *Compos. Struct.*, vol. 276, no. August, p. 114525, 2021, doi: 10.1016/j.compstruct.2021.114525.
- D. Alamsyah, A. J. Zulfikar, and M. Y. R. Siahaan, "Optimasi Kekuatan Tekan Beton Kolom Silinder Diperkuat Selubung Komposit Laminat Jute Dengan Metode Anova," *JCEBT (Journal Civ. Eng. Build. Transp.)*, vol. 6, no. 1, pp. 30–36, 2022.
- N. Hidayat, A. J. Zulfikar, and M. Y. R. Siahaan, "Analisis Kekuatan Tekan Struktur Beton Kolom Silinder Diperkuat Komposit Laminat Hibrid Jute E-glass Epoksi Eksperimental dan ANOVA," *JCEBT (Journal Civ. Eng. Build. Transp.)*, vol. 6, no. 1, pp. 37–44, 2022.
- S. K. Khasim, S. B. Shikkeri, and K. Rajanikanth, "Mechanical characterization of Jute / Banana / Epoxy reinforced laminate composite," *Mater. Today Proc. J.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2019.12.379.
- A. T. Muzakir, A. J. Zulfikar, and M. Y. R. Siahaan, "Analisis Kekuatan Tekan Beton Kolom Silinder Diperkuat Komposit Hibrid Laminat Jute E-Glass Epoksi," *JCEBT (Journal Civ. Eng. Build. Transp.)*, vol. 6, no. 1, pp. 12–19, 2022.

- M. H. M. Hamdan et al., "Characterisation of the woven fabric of jute , ramie and roselle for reinforcement material for polymer composite," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.07.372.
- M. Y. Yuhazri, A. J. Zulfikar, and A. Ginting, "Fiber Reinforced Polymer Composite as a Strengthening of Concrete Structures: A Review," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1003, no. 1, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/1003/1/012135.
- H. Huang, Y. Yuan, W. Zhang, and Z. Gao, "Bond behavior between lightweight aggregate concrete and normal weight concrete based on splitting-tensile test," *Constr. Build. Mater.*, vol. 209, pp. 306–314, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.125.
- M. A. Akinpelu, S. O. Odeyemi, O. S. Olafusi, and F. Z. Muhammed, "Evaluation of splitting tensile and compressive strength relationship of self-compacting concrete," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 31, no. 1, pp. 19–25, 2019, doi: 10.1016/j.jksues.2017.01.002.
- A. Mosallam, K. Allam, and M. Salama, "Analytical and numerical modeling of RC beam-column joints retrofitted with FRP laminates and hybrid composite connectors," *Compos. Struct.*, vol. 214, no. October 2018, pp. 486–503, 2019, doi: 10.1016/j.compstruct.2019.02.032.
- M. Fakharifar, G. Chen, C. Wu, A. Shamsabadi, M. A. Elgawady, and A. Dalvand, "Rapid Repair of Earthquake-Damaged RC Columns with Prestressed Steel Jackets," *Bridg. Eng.*, pp. 1–15, 2016, doi: 10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000840.
- A. A. Mohammed et al., "Effectiveness of a novel composite jacket in repairing damaged reinforced concrete structures subject to flexural loads," *Compos. Struct.*, vol. 233, p. 111634, 2020, doi: 10.1016/j.compstruct.2019.111634.
- F. V. Supit, R. Pandaleke, and S. O. Dapas, "Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara," *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 476–484, 2016.
- A. J. Zulfikar, M. Y. R. Siahaan, and R. B. Syahputra, "Analisis Signifikansi Roda Skateboard Berbahan Komposit Serbuk Batang Pisang Terhadap Perfoma Kecepatan Dengan Metode Anova," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 2, pp. 83–90, 2021.
- C. Nagaraj, D. Mishra, and J. D. P. Reddy, "Estimation of tensile properties of fabricated multi layered natural jute fiber reinforced e-glass composite material," *Mater. Today Proc.*, vol. 27, no. 8, pp. 1443–1448, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.864.
- D. A. Siregar and A. J. Zulfikar, "Analisis Kekuatan Tekan Selubung Komposit Laminat E-glass pada Beton Kolom Silinder dengan Metode Vacuum Bagging," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 5, no. 1, pp. 20–25, 2022.
- W. Pietraszkiwicz and W. Witkowski, *Shell Structures: Theory and Applications*. 2018.
- J. Suchorzewski and M. Nitka, "Size effect at aggregate level in microCT scans and DEM simulation – Splitting tensile test of concrete," *Eng. Fract. Mech.*, vol. 264, no. February, p. 108357, 2022, doi: 10.1016/j.engfracmech.2022.108357.
- A. J. Zulfikar, "The Flexural Strength of Artificial Laminate Composite Boards made from Banana Stems," *Budapest Int. Res. Exact Sci. J.*, vol. 2, no. 3, pp. 334–340, 2020.