



Eksperimental I: Karakteristik Beton K225 Berserat Tandan Kosong Kelapa Sawit Bentuk kubus

Fahrizal^{a,*}, Lukman Hakim Nasution^{b,*}, Yoan Purbolingga^a,
Bastul Wajhi Akramunnas^a, Asde Rahmawati^a, Dila Marta Putri^a

^aInstitut Teknologi Bisnis Riau-Indonesia

^bSMK Negeri 1 Rambah, Rokan Hulu, Riau-Indonesia

INFO ARTIKEL

Tersedia Online : Desember 2022

ABSTRAK

Eksperimental I (Kesatu) dilakukan untuk menentukan karakteristik beton berserat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) K225 bentuk kubus umur 3 hari; dengan pengujian perbandingan berat dan kuat tekan rata-rata menggunakan 27 sampel beton K225 kubus umur 3 hari. Persentase serat TKKS yang ditambahkan adalah 1%, 5% dan 10% berjenis A (40mm-10mm), B (10mm-5mm) dan C (5mm-0.1mm), dengan pola matrik campuran berdasarkan SNI 2847:2013, dan pengujian berdasarkan SNI 03-2834-2000. Hasil analisis hubungan antara persentase dan jenis serat terhadap berat dan kuat tekan beton berserat TKKS K225 kubus umur 3 hari; berbanding dengan beton standar K225 kubus umur 3 hari membuktikan bahwa penambahan serat 1% jenis C berat rata-ratanya adalah 7.37kg, berbanding 7.5kg berat standar. Sedangkan sampel matrik 3K1C₁, 3K1C₂ dan 3K1C₃ adalah campuran terbaik dengan berat rata-rata tertinggi adalah 7.42kg. Namun nilai rata-rata kuat tekan masih dibawah range nilai konversi diizinkan untuk beton standar K225 kubus umur 3 hari; dimana nilai kuat tekan rata-rata beton berserat TKKS adalah 72.84kg/cm², berbanding 82.8kg/cm²-103.5kg/cm² beton standar K225 kubus umur 3 hari. Sehingga disimpulkan bahwa sampel matrik 3K1C₁, 3K1C₂ dan 3K1C₃ adalah sampel matrik terbaik (C1%). Ini merupakan karakteristik beton berserat TKKS K225 kubus umur 3 hari; namun eksperimen lanjutan diperlukan khusus pada persentase serat TKKS 1% hingga 5%, berjenis B dan C, berbentuk kubus, silinder dan balok pada umur 28 hari.

Kata kunci: karakteristik; K225 kubus; beton berserat TKKS

CONTACT

fahrizal.upp@gmail.com
 lukman_n82@yahoo.com
 Johanyurik@gmail.com
 bastulwajhiakramunnas@gmail.com
 iamtitiuin@gmail.com
 putri.dilamarta@gmail.com

ABSTRACT

Experimental I (first) was conducted to determine the characteristics of fibrous concrete Empty Fruit Bunches of Palm Oil (EFB) K225 cube shape aged 3 days; with weight and compressive strength comparison testing on average using 27 samples of concrete K225 cubes aged 3 days. The percentage of EFB fibers added is 1%, 5%, and 10% of type A (40mm-10mm), B (10mm-5mm), and C (5mm-0.1mm), with a mixed matrix pattern based on SNI 2847:2013, and testing based on SNI 03-2834-2000. The results of the analysis of the relationship between the percentage and type of fibers against the weight and compressive strength of fibrous concrete EFB K225 cubes aged 3 days; compared to standard concrete K225 cubes aged 3 days proves that the addition of fiber 1% type C its average weight is 7.37kg, versus 7.5kg of normal weight. While the 3K1C₁, 3K1C₂, and 3K1C₃ matrix samples are the best mixtures with the highest average weight being 7.42kg. However, the average compressive strength value

is still below the range of conversion values allowed for standard concrete K225 cubes aged 3 days; where the average compressive strength value of EFB fibrous concrete is 72.84kg/cm², versus 82.8kg/cm²-103.5kg/cm² standard concrete K225 cubes aged 3 days. So, it is concluded that the 3K1C1, 3K1C2, and 3K1C3 matrix samples are the best matrix samples (C1%). This is characteristic of fibrous concrete EFB K225 cubes aged 3 days; however, further experiments are needed specifically on the percentage of EFB fibers of 1%-5%, type B and C, cube-shaped, cylindrical and beam at the age of 28 days.

Kata kunci: characteristics; K225; EFB fiber concrete

I. PENDAHULUAN

Penelitian penggunaan mengenai serat dari Tankos Kelapa Sawit (TKS) terus berkembang, hal ini disebabkan karena masih dianggapnya TKS tersebut sebagai limbah dari industri Pabrik Kelapa Sawit (PKS) [1]. Berdasarkan kajian terdahulu, bahwa setiap 1kg TKS dapat menghasilkan serat yang sudah dalam kondisi kering adalah 0,40kg hingga 0,43kg [2]. Permukaan serat TKS kasar, dan memiliki pori sehingga memudahkan terjadinya ikatan secara fisikal dan mekanikal yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan campuran pada beton struktur [3].

Beton adalah suatu elemen struktur dengan partikel-partikel agregat sebagai kandungannya yang terikat oleh semen dan air [4], dimana kekuatannya tergantung dari jenis bahan digunakan dan kebutuhan pembebanan pada konstruksi [5]. Meskipun memiliki kelemahan karena sulit untuk merubah bentuknya [6]; namun beton umumnya tetap digunakan untuk keperluan konstruksi yang tahan tekanan akibat pembebanan [7].

Penambahan jenis bahan lain pada campuran beton seperti serat tandan kosong kelapa sawit, dapat mempengaruhi sifat kontak antar muka [8, 9-11]; karena perbandingan serat terhadap semen yang berbeda-beda memiliki pengaruh langsung pada kuat tekan [12]. Penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan tambah campuran beton dapat dilakukan [13]; untuk mengetahui pengaruh serat dengan berbagai ukuran dan persentase tersebut terhadap kuat tekan beton K225 standar [14, 15].

Beton berbasis serat tandan kosong kelapa sawit menunjukkan karakteristik kekuatan mekanik

[16]; karena sifat-sifat serat menjadi keutamaan dalam campuran beton [17]. Penambahan beton dengan serat tandan kosong kelapa sawit dan limbah perkebunan dapat dilakukan [18]. Serat tandan kosong kelapa sawit adalah bahan berkelanjutan dalam industri fibril selulosa alami tinggi yang telah terbukti mampu mencapai kekuatan spesifik tinggi, kekakuan matriks polimer, stabilitas dan menghasilkan produk komposit yang baik [19]. Sedangkan penggunaan ukuran panjang serat dan persentase berbeda mempengaruhi potensi dan prestasi sifat mekanik dan fisik dari beton. Sehingga penting untuk melihat kekuatan serat tandan kosong kelapa sawit pada semen sebagai pengikat campuran beton [20, 21].

Penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit dalam ukuran tertentu sebagai pengisi beton tentunya akan mempengaruhi sifat mekanik dan morfologi beton [22]. Hal ini dikarenakan permukaan serat tandan kosong kelapa sawit kasar, berdiameter antara 343 μ m hingga 365 μ m, berpori dan dapat berguna sebagai bahan absorb [23]. Pengujian beton dengan penambahan 0.1%, dan 0.2% serat mempengaruhi kuat tekan, dimana umur beton 28 adalah 28 hari [24].

Penambahan jumlah serat tandan kosong kelapa sawit 0.5% dengan panjang 5cm pada campuran beton menimbulkan pengaruh busa pada beton tersebut, dan proses homogenitas pencampurannya sulit dilakukan [25]. Sedangkan jumlah penambahan serat tandan kosong kelapa sawit kurang dari 1% menyebabkan penyusutan retak pada beton. Namun pada penambahan dengan jumlah serat tandan kosong kelapa sawit 2%, menyebabkan struktur elemen lebih baik dalam

meningkatkan penyerapan distribusi beban dinamik. Kekuatan lentur beton dapat ditingkatkan dengan penambahan panjang serat optimum adalah 30mm [26]. Kemudian dengan jumlah penambahan serat lebih besar dari 20%, kekuatan beton lebih baik dalam ketahanan dari keretakan [27]. Akan tetapi proses peletakan dan bentuk lapisan yang dicampurkan ke dalam campuran beton dapat mengurangi tekanan geser beton tersebut [28]. Beton standar seperti jenis K225 dan khususnya beton dengan serat alam sebagai bahan tambah menjadi bahan berteknologi tinggi, akan tetapi memerlukan reka bentuk yang kompeten, melalui berbagai kaedah eksperimen dan teori dalam penelitian dan pengembangan [29].

II. MATERIAL DAN METODE

Eksperimental I (pertama) ini dilakukan dengan menggunakan serat tandan kosong kelapa sawit yang diambil dari salah satu pabrik kelapa sawit di Rokan Hulu. Tandan kosong kelapa sawit yang diambil tersebut kemudian dicincang untuk mendapatkan serat sesuai ukuran yaitu jenis A dengan panjang 40mm hingga 10mm, jenis B dengan panjang 10mm hingga 5mm dan jenis C dengan panjang 5mm hingga 0.1mm. Kemudian dijemur secara alami selama ± 9 jam, ditimbang sesuai ukuran dan persentase penambahan ke dalam campuran beton K225 standar. Persentase serat yang ditambahkan dalam campuran beton adalah 1%, 5% dan 10% dari berat sampel beton K225 standar sesuai Standard Nasional Indonesia (SNI) dengan berat standar uji adalah 7.5 kg pada bentuk kubus. Bahan campuran beton K225 standar diambil dari lokasi tempatan dengan ciri merujuk kepada SNI 2847:2013 [30]; yaitu pasir tuang, kerikil, semen dan air dengan tata cara pembuatan campuran beton sesuai SNI 03-2834-2000 [31].

Tabel 1. Serat STKKS

Jenis Sampel Serat TKKS

Serat Jenis A (40mm-10mm)



Serat Jenis B (10mm-5mm)



Serat Jenis C

(5mm-0.1mm)



Tabel 2. Matrik Sampel Uji

Matriks Sampel Uji Kubus

	3K1 A ₁	3K1 B ₁	3K1C ₁
	3K1 A ₂	3K1 B ₂	3K1C ₂
	3K1 A ₃	3K1 B ₃	3K1C ₃
	3K5 A ₁	3K5 B ₁	3K5C ₁
	3K5 A ₂	3K5 B ₂	3K5C ₂
	3K5 A ₃	3K5 B ₃	3K5C ₃
	3K10A	3K10 B ₁	3K10C ₁
1	3K10A	3K10 B ₂	3K10C ₂
2	3K10A	3K10 B ₃	3K10C ₃
3			

3 K 1 A₁ 3 K 5 B₂ 3 K 10 C₃

3 adalah umur beton 3 hari

K adalah sampel bentuk kubus

1 adalah nilai persentase serat 1%

5 adalah nilai persentase serat 5%

10 adalah nilai persentase serat 10%

A adalah serat 40mm-10mm

B adalah serat 10mm-5mm

C adalah serat 5mm-0.1mm

1 adalah sampel ke 1

2 adalah sampel ke 2

3 adalah sampel ke 3

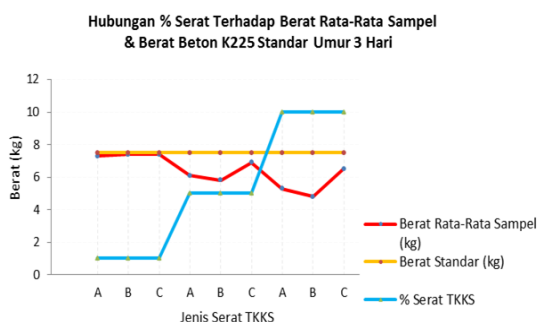
Berdasarkan tabel 2, bahwa terdapat 27 sampel dengan pengkodean matrik uji beton K225 berserat TKKS bentuk kubus berukuran 15cm x 15cm x 15cm. Dimana setelah keseluruhan sampel dicetak, kemudian dilakukan perlakuan perawatan selama 3 hari di dalam air sebelum pengujian dilakukan di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Bahan Konstruksi kota Pekanbaru. Pengujian beton K225 berserat TKKS umur 3 hari dilakukan sesuai dengan ketentuan di dalam SNI 03-1974-1990 [32].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil pengujian dengan penimbangan terhadap berat sampel dan pengujian kuat tekan keseluruhan sampel kubus; maka analisis karakteristik beton K225 standar umur 3 hari dengan penambahan serat TKKS dapat dilakukan.

3.1 Analisis hubungan antara serat TKKS terhadap berat beton K225 kubus umur 3 hari

Berdasarkan data hasil uji berat terhadap 27 sampel beton berserat TKKS K225 kubus umur 3 hari dengan jenis serat TKKS A, B dan C; maka didapatkan hubungan persentase serat TKKS terhadap berat rata-rata beton K225 berserat TKKS kubus umur 3 hari berbanding beton K225 standar yang di tunjukkan dalam grafik 1.



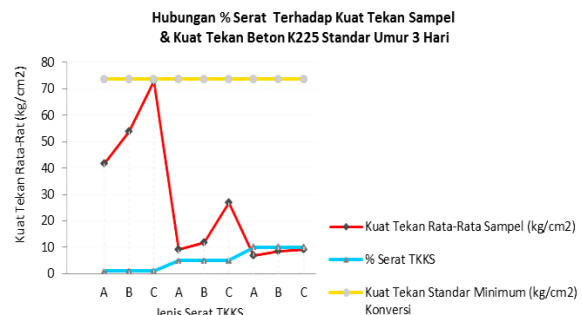
Gambar 1. Grafik Hubungan persentase serat TKKS terhadap berat beton K225 standar umur 3 hari

Berdasarkan grafik 1, bahwa persentase penambahan serat TKKS jenis A (40mm-10mm), jenis B (10mm-5mm), dan jenis C (5mm-0.1mm) pada beton K225 standar umur 3 hari bentuk kubus; didapatkan nilai rata-rata berat sampel adalah 7.37kg pada 1%, 6.17kg pada 5%, dan 5.53kg pada 10%; berbanding dengan berat standar beton K225 standar adalah 7.5kg. Ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase serat TKKS yang ditambahkan ke dalam campuran beton tersebut; maka berat beton K225 berserat TKKS semakin menurun di bawah nilai berat beton K225 standar, dimana jenis serat TKKS tidak mempengaruhi.

Persentase serat TKKS terbaik yang ditambahkan ke dalam campuran beton K225 standar umur 3 hari adalah 1%. Sedangkan berat sampel beton K225 berserat TKKS yang paling mendekati berat beton K225 standar adalah matrik 3K1C₁, 3K1C₂ dan 3K1C₃; yaitu 7.42kg. Ini menunjukkan bahwa serat TKKS terbaik yang di campurkan ke dalam beton K225 standar umur 3 hari adalah jenis C, yaitu berukuran 5mm hingga 0.1mm.

4.1 Analisis hubungan antara serat TKKS terhadap kuat tekan beton K225 kubus umur 3 hari

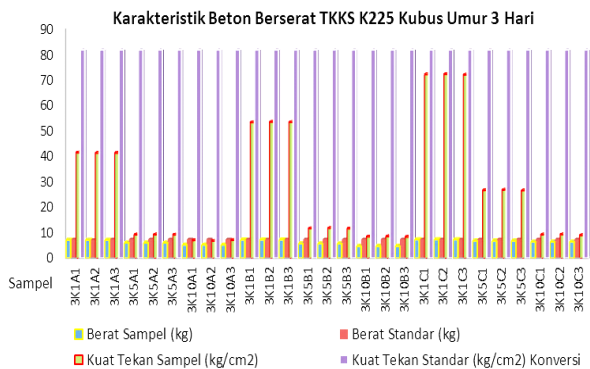
Berdasarkan data hasil uji tekan terhadap 27 sampel beton berserat TKKS K225 kubus umur 3 hari dengan jenis serat TKKS A, B dan C; maka didapatkan hubungan persentase serat TKKS terhadap kuat tekan rata-rata beton K225 berserat TKKS kubus umur 3 hari berbanding beton K225 standar yang di tunjukkan dalam grafik 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan persentase serat TKKS terhadap kuat tekan beton K225 standar umur 3 hari

Berdasarkan grafik 2, bahwa persentase penambahan serat TKKS jenis A (40mm-10mm), jenis B (10mm-5mm), dan jenis C (5mm-0.1mm)

pada beton K225 standar umur 3 hari bentuk kubus; didapatkan nilai rata-rata kuat tekan sampel adalah 56.14kg/cm^2 pada 1%, 15.99kg/cm^2 pada 5%, dan 8.27kg/cm^2 pada 10%; berbanding dengan kuat tekan beton K225 kubus standar umur 3 hari dalam batas range minimal diizinkan adalah 82.8kg/cm^2 hingga 103.5kg/cm^2 sesuai kebutuhan konstruksi.



Gambar 3. Grafik Karakteristik beton berserat TKKS K225 kubus umur 3 hari

Berdasarkan grafik 1, 2 dan 3, menunjukkan bahwa karakteristik beton K225 berserat TKKS kubus umur 3 hari adalah berdasarkan hubungan antara jenis serat TKKS terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan, jenis serat C dengan ukuran 5mm hingga 0.1mm adalah yang terbaik; dimana nilai rata-rata kuat tekan yang diperoleh adalah 72.84kg/cm^2 pada persentase 1%; dengan matrik campuran adalah 3K1C₁, 3K1C₂ dan 3K1C₃ yang memiliki berat paling mendekati berat standar beton K225 kubus umur 3 hari.

Ini membuktikan bahwa sampel 3K1C₁, 3K1C₂ dan 3K1C₃ adalah sampel dengan persentase dan jenis serat terbaik. Sehingga perlu dilakukan eksperimen selanjutnya dengan hanya menggunakan persentase serat TKKS 1% dan 5%, jenis serat B berukuran 10mm hingga 5mm, dan Jenis serat C berukuran 5mm hingga 0,1mm dengan tetap berbasis beton K225; namun dengan bentuk sampel kubus, silinder dan balok umur 28 hari.

IV. KESIMPULAN

Hasil analisis dari eksperimental I (kesatu) menunjukkan karakteristik dari beton berserat TKKS K225 kubus berdasarkan persentase penambahan serat TKKS jenis C berukuran 5mm hingga 0.1mm pada beton K225 kubus standar umur 3 hari memiliki berat rata-rata adalah 7.37kg pada 1% yang masih selaras dengan berat beton K225 kubus standar yaitu 7.5kg. Sedangkan persentase serat TKKS terbaik dalam campuran beton K225 kubus standar umur 3 hari adalah pada 1% serat dalam matrik 3K1C₁, 3K1C₂ dan 3K1C₃

3 yaitu 7.42kg. Meskipun nilai rata-rata kuat tekan masih dibawah batas diizinkan sesuai nilai kuat tekan beton K225 kubus standar umur 3 hari yaitu dalam batasan minimal konversi antara 82.8kg/cm^2 hingga 103.5kg/cm^2 .

Sedangkan karakteristik beton K225 berserat TKKS umur 3 hari juga ditunjukkan dari hubungan antara jenis serat TKKS terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan. Dimana jenis serat C dengan ukuran 5mm hingga 0.1mm adalah yang terbaik dengan nilai rata-rata kuat tekan adalah 72.84kg/cm^2 pada persentase 1% dalam matrik 3K1C₁, 3K1C₂ dan 3K1C₃ dan beratnya paling mendekati dengan berat beton K225 kubus standar 3 hari. Ini membuktikan bahwa matrik 3K1C₁, 3K1C₂ dan 3K1C₃ adalah sampel dengan persentase dan jenis serat terbaik. Sehingga perlu dilakukan eksperimen khusus pada persentase serat TKKS 1% dan 5%, jenis serat B dan dengan tetap berbasis beton K225 dengan bentuk sampel kubus, silinder dan balok pada umur 28 hari.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pemerintah Kabupaten Rokan Hulu, Kampus Institut Teknologi Bisnis Riau dan Laboratorium Teknik Pengujian Beton Provinsi Riau-Indonesia yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini. Terimakasih juga penulis sampaikan kepada pembimbing sehingga terselesaikan sesuai harapan, dan kampus UPP yang telah menerbitkan penelitian ini dalam bentuk jurnal.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. E. Hambali and M. Rivai, "The Potential of Palm Oil Waste Biomass in Indonesia in 2020 and 2030," IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., Vol. 65, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1755-1315/65/1/012050.
- [2]. S. H. Chang. "An Overview of Empty Fruit Bunch from Oil Palm as Feedstock for Bio-Oil Production," *Biomass and bioenergy*. 2014, 174-179.
- [3]. M. E. Rahmasita. "Analisis Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara," *Jurnal Teknik ITS* Vol. 6, No. 2, 2017, 2337-3520.
- [4]. S. Adu-Amankwah. "Relationship between Cement Composition and the Freeze-Thaw

- Resistance of Concretes,*” ICE Publishing. Duke University, 2018.
- [5]. V. D. Cao. “*Microencapsulated Phase Change Materials for Enhancing the Thermal Performance of Portland cement Concrete and Geopolymer Concrete for Passive Building Applications,*” *Energy Conversion and Management* 133: 56-66, 2017.
- [6]. T. Mulyono. “*Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek,*” No. October 2018, p. 574, 2006.
- [7]. S. Yehia. “*Strength and Durability Evaluation of Recycled Aggregate Concrete. International Journal of Concrete Structures and Materials,*” DOI 10.1007/s40069-015-0100-0, 2015.
- [8]. Siswadi, A. Rapa, and D. Puspitasari. “*Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sisa Penggergajian Terhadap Kuat Desak Beton,*” *Jurnal Teknik Sipil*. Volume 7 No. 2: 144-151, 2007.
- [9]. P. A. B. Masimbirt, F. Gauvin, H. J. H. Brouwers, and S. Amziane. “*Study of Modifications on the Chemical and Mechanical Compatibility between Cement Matrix and Oil Palm Fibres,*” *Results Eng.*, Vol. 7, p. 100150, 2020, doi: 10.1016/j.rineng.2020.100150.
- [10]. T. S. Cheng, D. N. Uy LAN, S. Phillips, and L. Q. N. Tran. “*Characteristics of Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber and Mechanical Properties of Its Unidirectional Composites,*” *Polym. Composite*, Vol. 40, no. 3, pp. 1158–1164, 2019, doi: 10.1002/pc.24824.
- [11]. J. Wang, Z. Xiao, C. Zhu, C. Feng, and J. Liu. “*Experiment on the Bonding Performance of the Lightweight Aggregate and Normal Weight Concrete Composite Beams,*” *Case Stud. Construction Material*, Vol. 15, no. May, p. e00565, 2021, doi: 10.1016/j.cscm.2021.e00565.
- [12]. W. Maynet, E. M. Samsudin, and N. M. Z. N. Soh. “*Physical and Mechanical Properties of Cement Board Made From Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber: A Review,*” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, Vol. 1144, no. 1, p. 012008, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1144/1/012008.
- [13]. S. Hidayati, S. Zuidar, and A. Fahreza. “*Optimasi Produksi Pulp Formacell dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Permukaan Respon,*” *Reaktor*, Vol. 16 No. 4: 161-171, 2016.
- [14]. M. S. Sreekalaa. “*The Mechanical Performance of Hybrid Phenol-Formaldehyde-Based Composites Reinforced With Glass and Oil Palm Fibres,*” *Composites Science and Technology* 62: 339-353, 2002.
- [15]. H. Essabir. “*Mechanical and Thermal Properties of Hybrid Composites: Oil-PalmFiber/Clay Reinforced High Density Polyethylene,*” *Mechanics of Materials. MECMAT* 2581, 2016.
- [16]. N. A. Ramlee, M. Jawaid, E. S. Zainudin, and S. A. K. Yamani, “*Tensile, physical and morphological properties of oil palm empty fruit bunch/sugarcane bagasse fibre reinforced phenolic hybrid composites,*” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 3466-3474, 2019, doi: 10.1016/j.jmrt.2019.06.016.
- [17]. M. Jawaid, H. P. S. Abdul Khalil, and A. Abu Bakar, “*Mechanical performance of oil palm empty fruit bunches/jute fibres reinforced epoxy hybrid composites,*” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 527, no. 29–30, pp. 7944–7949, 2010, doi: 10.1016/j.msea.2010.09.005.
- [20]. R. R. Irawan, “*Semen Portland di Indonesia untuk Aplikasi Beton Kinerja Tinggi,*” 2013.
- [21]. *Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit,*” *Teras Jurnal*. Vol 8, No 2: 426-433.
- [22]. N. Saba, “*Effect of Oil Palm Nano Filler on Mechanical and Morphological Properties of Kenaf Reinforced Epoxy Composites. Construction and Building Materials,*” 123: 15-26, 2016.
- [23]. M. E. Rahmasita, “*Analisis Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara,*” *Jurnal Teknik ITS* Vol. 6, No. 2, 2337-3520, 2017.
- [18]. Subyakto, T. Kajimoto, and T. Hata (1998). “*Improving Fire Retardancy of Fast*

- Growing Wood by Coating with Fire Retardant and Surface Densification,”* Fire and Materials. Fire Mater. 22: 207-212.
- [19]. M. J. John and S. Thomas, “*Biofibres and biocomposites,*” Carbohydr. Polym, vol. 71, no. 3, pp. 343–364, 2008, doi: 10.1016/j.carbpol.2007.05.040.
- [24]. A. Arman, “*Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tegangan Konkrit Normal Fc’ 18 Mpa,*” Jurnal Momentum. Vol.18 No.2: 6-10, 2016.
- [25]. M. A. Ismail and H. Bin Hashim, “*Palm oil fiber concrete,*” 3rd ACF Int. Conf. – ACF/VCA, no. c, pp. 409–416, 2008.
- [26]. A. G. Musa, N. Rajoria, A. G. Mohammed, “*Effect of Palm Oil Fiber on Laterized Concrete*”, *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*, 2017, 5(5): 686–695.
- [27]. J. Ling, Y. Lim, W. Leong, and H. Sia, “*Effects of Adding Silica Fume and Empty Fruit Bunch to the Mix of Cement Brick,*” *Indones. J. Comput. Eng. Des.*, vol. 3, no. 1, pp. 19–30, 2021, doi: 10.35806/ijoced.v3i1.141.
- [28]. M. K. A and R. S. “*A Review on Natural Fiber and Its Characteristics,*” *Ind. Eng. J.*, Vol. 13, no. 3, 2020, doi: 10.26488/iej.13.3.1224.
- [29]. K. K. Mahato, K. Dutta, and B. C. Ray, “*Emerging Advancement of Fiber- Reinforced Polymer Composites In Structural Applications*”. INC, 2020.
- [30]. Kepala Badan and Standar Nasional. “*Penetapan Standar Nasional Indonesia 2847 : 2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan Sebagai Revisi dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013,*” No. 8, 2019.
- [31]. Standar Nasional Indonesia and B. S. Nasional. “*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal,*” 2000.
- [32]. Standar Nasional Indonesia and B. S. Nasional. “*Metode Pengujian Kuat Tekan Beton,* 1990.