

Sifat Fizikal Papan Simen Gentian Tandan Kosong Kelapa Sawit (EFBCB)

Mohamad Farhan Jamaludin¹, Hasniza Abu Bakar^{1*}

¹Faculty of Civil Engineering and Built Environment,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Parit Raja, Batu Pahat Johor,
86400, MALAYSIA

*Corresponding Author Designation

DOI: <https://doi.org/10.30880/rtcebe.2022.03.01.018>

Received 4 July 2021; Accepted 13 December 2021; Available online 15 July 2022

Abstract: This research includes a study on the physical properties of Oil Palm Empty Bunch (EFB) fibers in improving the creation of fiber cement boards from agricultural waste of previous researchers. The first objective of this study was to evaluate the physical properties of oil palm empty bunch fiber cement board (EFBCB). The second objective was to determine the optimal mix ratio of cement: EFB to the physical properties of EFBCB. In the thickness monitoring test, the 3: 1 ratio of the vibration table machine manufacturing method recorded the best reading based on BS EN 324-1: 1993 which is 12.8 mm. In the meantime, the ratio recorded the best reading on the density test (density test) which is 1406 kg/m³ in line with BS EN 323: 1993. On the thickness swelling test, the ratio showed the best reading of 1.594 % following the guidelines of BS EN 317: 1993. The ratio shows the best reading of 0.367 N/mm² on the internal bonding test based on BS EN 319: 1993. The findings of the ratio have shown that the physical properties of EFBCB to be better compared to the 2.5: 1 and 2: 1 ratios that have been conducted in this research. The conclusion of the best EFBCB sample design in this research was the 3: 1 ratio of cement: EFB mixture with VT manufacturing method. The contribution from the discovery of this optimal ratio could further improve the physical properties of EFBCB on previous research.

Keywords: Oil Palm Empty Fruit Bunch Cement Board (EFBCB), Physical Properties Of EFBCB

Abstrak: Penyelidikan ini merangkumi kajian terhadap sifat fizikal gentian Tandan Kosong Kelapa Sawit (EFB) didalam penambahbaikan penciptaan papan simen gentian dari sisa sumber pertanian penyelidikan terdahulu. Objektif pertama kajian ini adalah menilai sifat fizikal papan simen gentian tandan kosong kelapa sawit (EFBCB). Objektif kedua adalah menentukan nisbah bancuhan optimum simen : EFB terhadap sifat fizikal EFBCB. Pada ujian pemantauan ketebalan (thickness monitoring) nisbah 3 : 1 kaedah pembuatan mesin meja getaran (vibration table) mencatatkan bacaan terbaik berdasarkan BS EN 324-1:1993 iaitu 12.8 mm. Dalam pada itu, nisbah tersebut merekodkan bacaan terbaik pada ujian ketumpatan (density test) iaitu 1406 kg/m³ seiring BS EN 323:1993. Pada ujian pembengkakan ketebalan

*Corresponding author: hasniza@uthm.edu.my

(thickness swelling) nisbah tersebut menunjukkan bacaan terbaik iaitu 1.594 % mengikuti panduan BS EN 317:1993. Nisbah tersebut menunjukkan bacaan terbaik iaitu 0.367 N/mm² pada ujian ikatan dalaman (internal bonding) berlandaskan BS EN 319:1993. Penemuan nisbah tersebut telah menunjukkan sifat fizikal EFBCB menjadi lebih baik berbanding dengan nisbah 2.5 : 1 dan 2 : 1 yang telah dijalankan didalam penyelidikan ini. Kesimpulan rekabentuk sampel EFBCB yang paling terbaik didalam penyelidikan ini adalah nisbah 3:1 campuran simen : EFB dengan kaedah pembuatan VT. Sumbangan dari penemuan nisbah yang optimum ini dapatlah menambahbaik lagi ciri-ciri fizikal EFBCB pada penyelidikan terdahulu.

Kata kunci: Papan Simen Gentian Tandan Kosong Kelapa Sawit (EFBCB), Sifat Fizikal EFBCB

1. Pengenalan

EFB dilihat menjadi salah satu jenis sisa utama pembuangan yang dihasilkan oleh industri kelapa sawit di Malaysia dimana ianya berpotensi tinggi untuk menjadi bahan terbaru di dalam teknologi pembinaan. Menurut statistik Malaysia, 85.71 juta tan tandan segar buah kelapa sawit dihasilkan pada tahun 2009 dan dianggarkan sebanyak 6.76 juta tan EFB kering dihasilkan sebagai sisa dari kilang kelapa sawit [1]. Ekoran itu, ia berpotensi besar untuk digunakan sebagai bahan mentah gentian untuk pembuatan papan gentian simen EFB. Justeru, penyelidikan mengenai sifat fizikal terhadap papan simen gentian EFB dijalankan. Gentian EFB dirawat terlebih dahulu sebelum digunakan di dalam pembuatan sampel penyelidikan untuk mencapai hasil penyelidikan yang optimum dan untuk mencapai dua objektif penyelidikan ini. Antara objektif pertama adalah untuk menilai sifat fizikal papan simen gentian tandan kosong kelapa sawit (EFBCB). Selepas itu diikuti oleh objektif kedua iaitu untuk menentukan nisbah bancuhan optimum simen : EFB terhadap sifat fizikal papan simen gentian tandan kosong kelapa sawit (EFBCB).

2. Sifat gentian EFB

EFB adalah salah satu jenis sisa buangan utama yang dihasilkan dari industri minyak kelapa sawit [5]. Ciri-ciri fizikal EFB adalah mempunyai kekuatan tegangan 60-81 Mpa [6]. Selain itu EFB mempunyai kepadatan 0.7-1.55 g/cm³ [6]. EFB juga mengandungi diameter gentian 250-610 µm [6]. Pemanjangan EFB juga diantara 8-18 % [6]. Ciri-ciri kimia EFB mengandungi Lignin 17.6 % [2]. Selain itu EFB mempunyai 86.3 % selulosa [2]. Kehadiran selulosa, hemiselulosa dan lignin ini juga terdapat pada gentian EFB [2]. Saiz EFB terkecil menghasilkan degradasi lignin yang lebih tinggi [4]. Manakala pengubahsuaian saiz gentian EFB mempengaruhi ikatan mekanikal dengan resin [3]. Tambahan pula, kelebihan gentian EFB ini mempunyai sifat fizikal yang setanding dengan polimer seperti rendah ketumpatan dan tinggi polietilena serta polipropilena [3]. Disamping itu, struktur fizikal EFB berubah kerana terkesan terhadap suhu serta penurunan lignin berlaku kerana tindak balas kimia [4]. Struktur fizikal EFB dapat mengubah dengan ketara apabila dikenakan tekanan ke EFB [4]. Ini membolehkan gentian EFB mampu diaplikasikan didalam teknologi bahan pembinaan.

3. Kaedah penyelidikan

Semua peringkat proses dari awal hingga akhir proses diselaraskan di dalam tahap ini. Fungsi setiap penyelidikan bagi setiap tahap mempunyai peranan yang tersendiri serta mempengaruhi perkembangan penyelidikan ini.

3.1. Proses penyediaan gentian EFB

Proses ini menyiapkan gentian untuk mencapai tahap yang optimum dari aspek ketersediaan bahan untuk digunakan di dalam penyelidikan ini. Berikut adalah langkah-langkahnya. Dimulai EFB diambil dari kilang kelapa sawit. Kemudian, mesin pemotong digunakan bagi menghasilkan saiz panjang gentian EFB yang lebih pendek. Berikutnya, potongan pendek gentian EFB terhasil. Selepas itu, gentian EFB dimasukkan ke dalam mesin pengayak dengan jaringan dawai bersaiz 1×1 mm bagi membuang habuk yang terdapat pada gentian EFB selepas proses pemotongan EFB. Selepas itu, gentian EFB tanpa

habuk terhasil. Setelah itu, gentian EFB direndam didalam larutan NaOH selama 24 jam dan yang terakhir adalah gentian EFB dikeringkan di dalam ketuhar pada suhu 100°C selama 24 jam.

3.2. Proses pembuatan EFBCB

Proses dimulakan dengan proses penyukatan gentian EFB, simen dan air bersih. Selepas itu, gentian EFB dibasahkan dalam mesin pengaul selama 2 minit menggunakan air yang telah disukat. Kemudian, simen yang telah disukat dimasukkan ke dalam mesin pengaul sedikit demi sedikit selama 10 minit. Seterusnya, proses ayak menggunakan jaring dawai 10×10 mm ke dalam acuan kayu menggunakan kaedah VT dan HF. Kemudian, proses tekanan menggunakan tangan untuk membentuk dan mengurangkan ketebalan sampel. Selepas itu, proses penekanan tinggi menggunakan pengapit berhidraulik tinggi. Kemudian, EFBCB dalam keadaan mampat (bolted) dibaringkan diatas lantai selama 24 jam dan terakhir sampel EFBCB diletak secara menegak di dalam suhu bilik normal selama 28 hari.

3.3. Rekabentuk campuran untuk EFBCB

Terdapat dua belas keseluruhan sampel EFBCB berukuran 300×300×12 mm yang dihasilkan untuk tiga nisbah campuran simen : EFB yang berbeza dengan kaedah pembuatan menggunakan mesin meja getaran (vibration table machine, VT) dan kaedah tradisional (hand forming, HF). Setiap sampel EFBCB tersebut dipotong sebanyak sembilan sampel potongan kecil bersaiz 50×50 mm luas permukaan. Rujuk Jadual 1 dibawah untuk melihat jumlah sampel ketiga-tiga nisbah campuran EFBCB tersebut.

Jadual 1: Sampel ketiga-tiga nisbah campuran EFBCB

Sample EFBCB	Ujian makmal	Kaedah pembuatan	Nisbah simen : EFB		
			2 : 1	2.5 : 1	3 : 1
300×300×12 mm	Ujian pemantauan ketebalan (thickness monitoring)	VT	2 unit	2 unit	2 unit
		HF	2 unit	2 unit	2 unit
50×50 mm luas permukaan	Ujian kepadatan (density test)	VT	3 unit	3 unit	3 unit
		HF	3 unit	3 unit	3 unit
	Ujian pembengkakan ketebalan (thickness swelling)	VT	3 unit	3 unit	3 unit
		HF	3 unit	3 unit	3 unit
	Ujian ikatan dalaman (internal bonding)	VT	3 unit	3 unit	3 unit
		HF	3 unit	3 unit	3 unit

3.4. Ujian makmal

Dalam peringkat ini, ujian makmal dilakukan adalah untuk merungkai kecekapan sifat fizikal EFBCB melalui dapatan hasil ujian makmal. Oleh itu, ujian sifat fizikal yang terdiri dari empat ujian berbeza telah dijalankan.

3.4.1. Ujian pembengkakan ketebalan (thickness swelling)

Ujian pembengkakan ketebalan berdasarkan BS EN 317:1993 digunakan untuk menentukan jumlah air yang diserap oleh EFBCB. Persamaan 3.1 di bawah adalah untuk mengira pembengkakan ketebalan.

Nota:

T_i = Permulaan ketebalan (mm)

T_w = Ketebalan basah (mm)

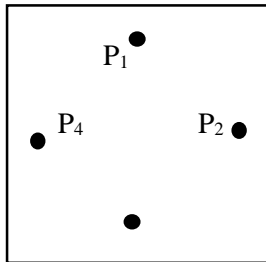
T_s = Pembengkakan ketebalan (%)

Pembengkakan ketebalan, $T_s = \frac{T_w - T_i}{T_i} \times 100\%$ *Persamaan. 3.1*

3.4.2. Ujian pemantauan ketebalan (thickness monitoring)

Ujian pemantauan ketebalan berpandukan BS EN 324-1:1993 dilaksanakan untuk memantau perubahan EFBCB selama 28 hari. Persamaan 3.2 di bawah adalah untuk menghitung purata pemantauan ketebalan.

Nota:



Sampel EFBCB 300×300×12 mm (selepas dipotong 25 mm pada setiap sisi)

P₁, P₂, P₃, P₄ = Penanda

T_M = Pemantauan ketebalan (mm)

$$\text{Pemantauan ketebalan, } T_M = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{4} \quad \text{Persamaan. 3.2}$$

3.4.3. Ujian kepadatan (density test)

Ujian kepadatan berpandukan BS EN 323:1993 adalah untuk menentukan kepadatan setiap nisbah sampel yang berbeza selepas 28 hari proses pematangan (curing process) EFBCB. Persamaan 3.3 di bawah adalah untuk mengira kepadatan.

Nota:

m = Berat (kg)

V = Isi padu (m³)

ρ = Kepadatan ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

$$\text{Kepadatan, } \rho = \frac{m}{V} \quad \text{Persamaan. 3.3}$$

3.4.4. Ujian ikatan dalaman (internal bonding)

Ikatan dalaman berdasarkan BS EN 319:1993 diukur dengan menggunakan sampel dalam keadaan sampel di gam pada komponen papan besi mesin ujian yang berukuran 50×50 mm luas permukaan. Persamaan 3.4 di bawah adalah untuk mengira daya ikatan dalaman.

Nota :

P = Daya (N)

W = Lebar (mm)

l = Panjang (mm)

I_B = Ikatan dalaman ($\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$)

$$I_B = \frac{P}{W \times l} \quad \text{Persamaan. 3.4}$$

4. Hasil pengujian dan perbincangan

4.1. Hasil pengujian

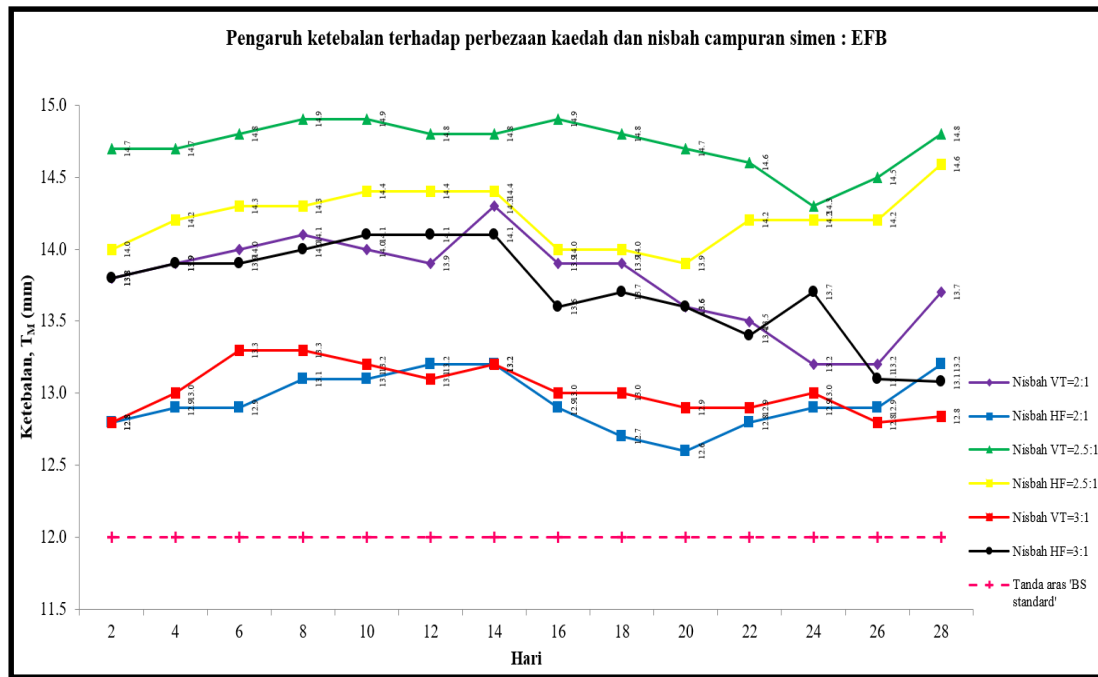
Terdapat tiga proses ujian dilakukan setelah sampel EFBCB selesai menjalani proses pematangan (curing process) selama 28 hari. Manakala satu proses ujian dilakukan sepanjang EFBCB menjalani proses pematangan.

4.1.1. Ujian pemantauan ketebalan (thickness monitoring)

Pada Rajah 1 dibawah memaparkan nilai bacaan perubahan saiz ketebalan sampel EFBCB untuk setiap selang 2 hari dan pengambilan bacaan nilai tersebut diambil sehingga hari ke-28. Setiap sampel

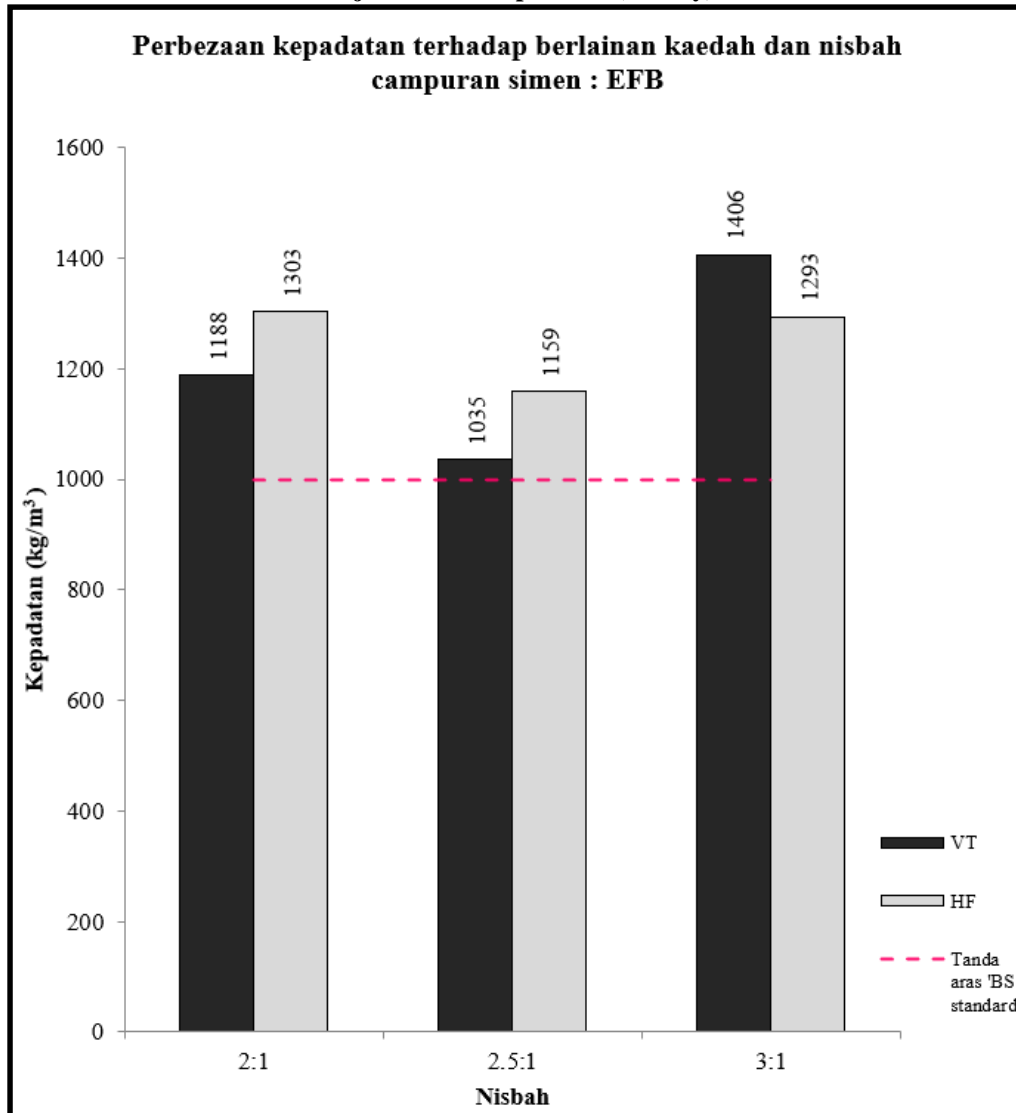
merekodkan bacaan yang tidak konsisten selama 28 hari. Namun begitu terdapat satu bacaan graf yang paling mendatar menjerumus kepada bacaan konsisten yang menghampiri kepada ketebalan asal EFBCB iaitu sampel nisbah 3:1 dengan kaedah pembuatan VT. Perbezaan kenaikan bacaan graf sampel nisbah tersebut sepanjang 28 hari adalah dilingkungan 0-1.3 mm nilai kenaikan dari ketebalan asal ataupun tanda aras 'BS standard' iaitu 12 mm yang termaktub di dalam 'BS standard'. Ini merupakan perubahan kenaikan ketebalan terendah selama 28 hari ujian pemantauan ketebalan yang telah dilakukan di dalam penyelidikan ini. Hal ini menunjukkan bahawa sampel nisbah tersebut mempunyai sifat-sifat fizikal yang paling baik berbanding dengan sampel-sampel lain di dalam penyelidikan ini. Antara faktor bacaan nilai sampel nisbah tersebut menjerumus kepada bacaan konsisten adalah disebabkan faktor kepadatan (density) yang tinggi, ini disebabkan oleh kandungan jumlah simen yang tertinggi dicampurkan kedalam sampel tersebut. Simen merupakan ajen bahan pengikat utama untuk mengikat gentian-gentian EFB yang terawat di dalam sampel EFBCB. Selain itu antara faktor yang lain adalah faktor pembengkakan ketebalan (thickness swelling) yang rendah, ini terjadi disebabkan oleh molekul-molekul pengikat simen mencukupi untuk mengikat jumlah gentian EFB yang terdapat pada sampel tersebut, secara tidak langsung dapat menghalang sampel tersebut dari berlaku pembengkakan ketebalan (thickness swelling) yang melampau. Disamping itu juga ikatan dalaman (internal bonding) yang tinggi menyumbang kepada konsistensi bacaan perubahan saiz ketebalan sampel EFBCB sepanjang 28 hari ujian pemantauan ketebalan ini berlangsung. Dengan nilai 12.8 mm ketebalan akhir pada hari ke-28 membuktikan bahawa nisbah 3:1 dengan kaedah pembuatan VT adalah formula pembuatan EFBCB yang terbaik dari aspek pemantauan ketebalan di dalam penyelidikan ini.

Rajah 1: Graf pemantauan ketebalan (thickness monitoring) kaedah VT dan HF



Pada Rajah 2 dibawah menunjukkan kesemua nilai kepadatan (density) melepasi nilai tanda aras 'BS standard' iaitu 1000 kg/m³ yang termaktub di dalam 'BS standard'. Namun begitu, nilai kepadatan (density) tertinggi adalah pada kategori nisbah 3:1 campuran simen : EFB. Malahan, nisbah 3:1 dengan kaedah pembuatan VT memperlihatkan nilai paling tertinggi di dalam penyelidikan ini. Dengan nilai 1406 kg/m³ paling tertinggi ini membuktikan bahawa kepadatan EFBCB yang paling sempurna di dalam penyelidikan ini adalah nisbah 3:1 dengan kaedah pembuatan VT.

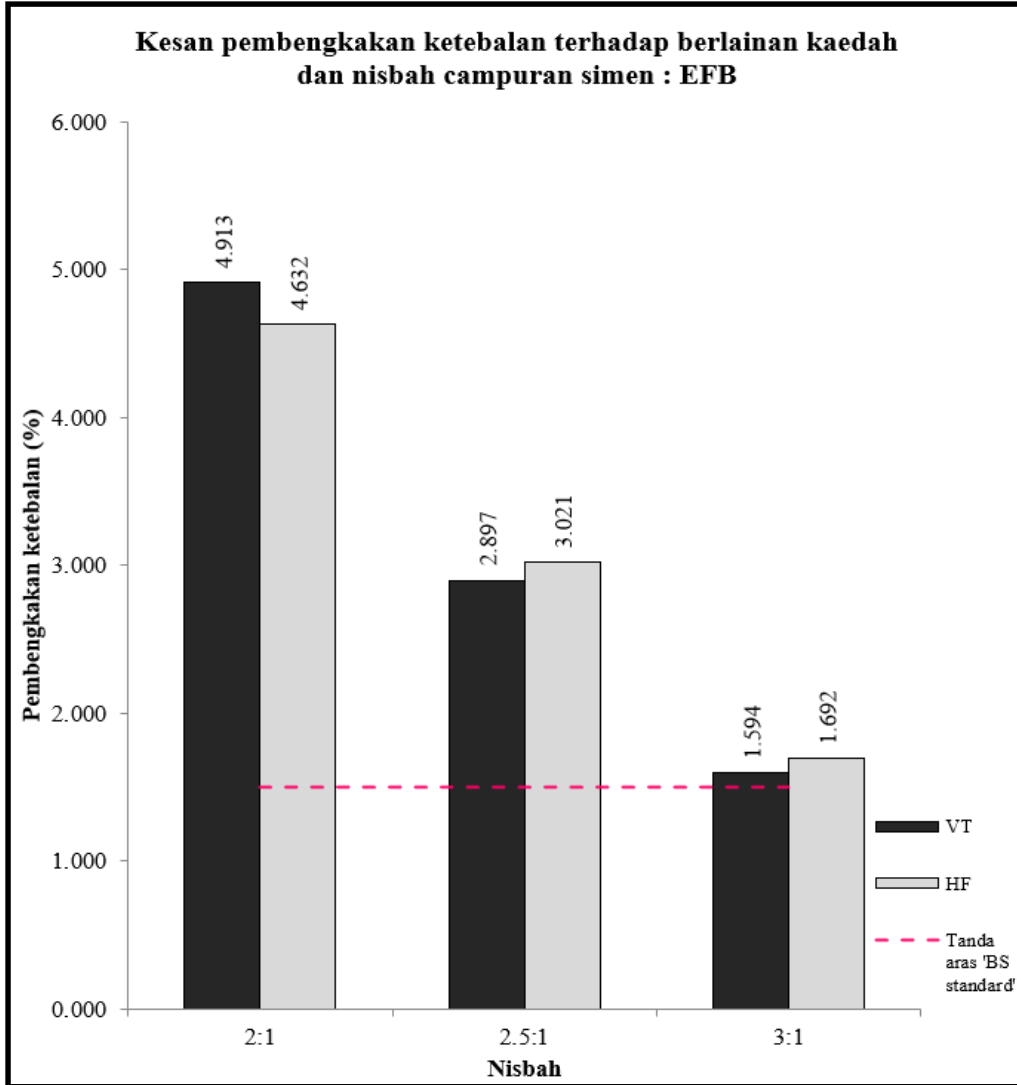
Rajah 2: Graf kepadatan (density)



4.1.3. Ujian pembengkakan ketebalan (thickness swelling)

Pada Rajah 3 dibawah memperlihatkan campuran simen : EFB kategori nisbah 3:1 mencatatkan nilai pembengkakan ketebalan (thickness swelling) terendah di dalam kalangan tiga kategori nisbah tersebut. Namun begitu, nisbah 3:1 dengan kaedah pembuatan VT menunjukkan nilai paling terendah di dalam penyelidikan ini yang menghampiri nilai tanda aras 'BS standard' iaitu 1.5 % yang termaktub di dalam 'BS standard'. Dengan nilai 1.594 % paling terendah ini telah membuktikan bahawa pembengkakan ketebalan EFBCB yang paling terbaik di dalam penyelidikan ini adalah nisbah 3:1 dengan kaedah pembuatan VT.

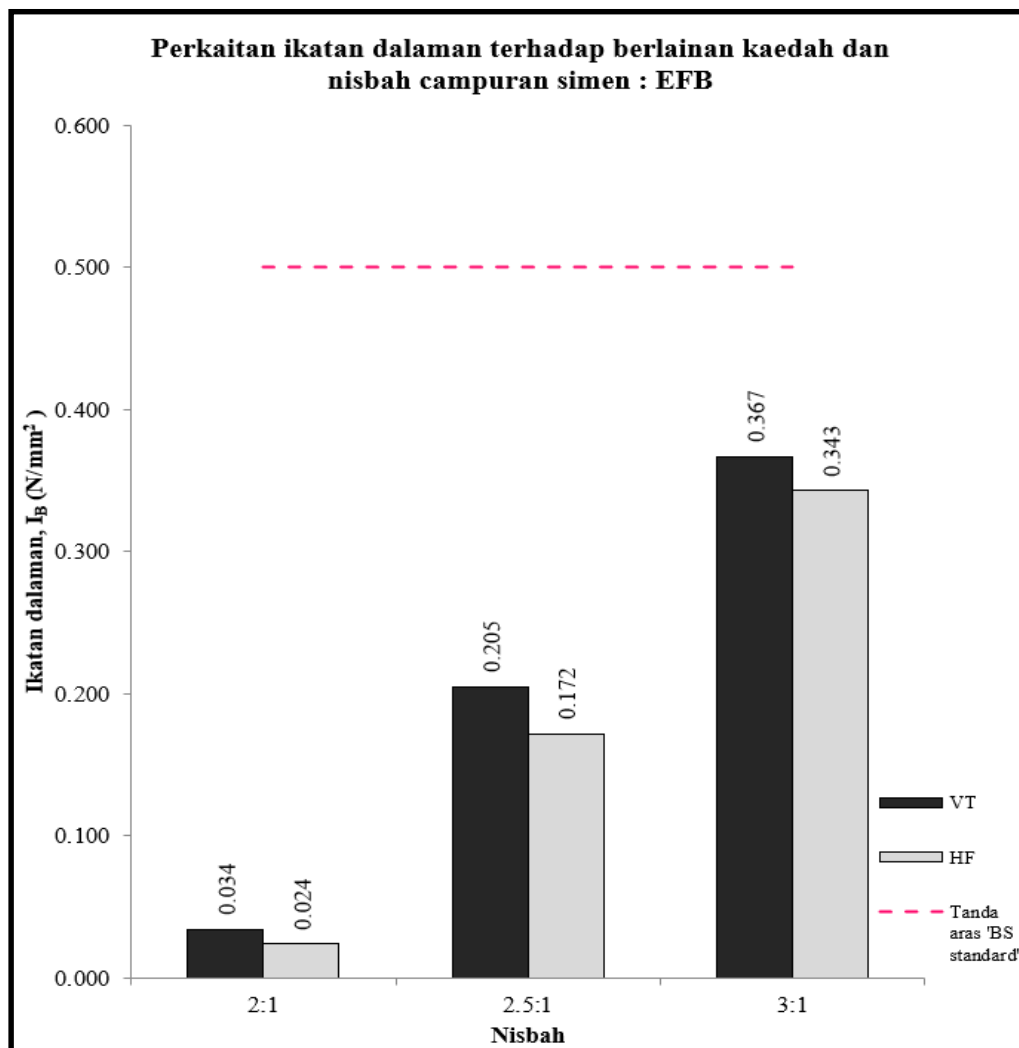
Rajah 3: Graf pembengkakan ketebalan (thickness swelling)



4.1.4. Ujian ikatan dalaman (internal bonding)

Pada Rajah 4 dibawah menunjukkan pembuatan EFBCB dengan nisbah campuran simen : EFB yang menggunakan kaedah pembuatan VT mempamerkan nilai prestasi tertinggi bagi setiap kategori nisbah campuran simen : EFB. Sementara itu, nisbah 3:1 dengan kaedah pembuatan VT memaparkan nilai paling berprestasi tinggi iaitu dengan rekod bacaan 0.367 N/mm² mendekati nilai tanda aras 'BS standard' iaitu 0.5 N/mm² yang termaktub di dalam 'BS standard'. Walaupun kesemua sampel tidak melepasi tanda aras 'BS standard', ini membuktikan bahawa daya ikatan diantara simen : EFB yang terhasil menggunakan kaedah pembuatan VT beserta gabungan campuran simen : EFB nisbah 3:1 adalah gabungan paling sempurna di dalam penyelidikan ini.

Rajah 4: Graf ikatan dalaman (internal bonding)



4.2. Perbincangan

Setelah selesai menganalisis kesemua data, nisbah bancuhan optimum simen : EFB terhadap sifat fizikal papan simen gentian tandan kosong kelapa sawit (EFBCB) adalah nisbah 3:1 dengan kaedah pembuatan VT. Hal ini kerana bacaannya pada pemantauan ketebalan terakhir adalah 12.8 mm yang paling menghampiri tanda aras 'BS standard' iaitu 12 mm. Selain itu, kepadatan tertinggi 1406 kg/m³ melepasi tanda aras 'BS standard' iaitu 1000 kg/m³. Tambahan pula, pembengkakan ketebalan terendah 1.594 % yang paling menghampiri tanda aras 'BS standard' iaitu 1.5 %. Disamping itu ikatan dalaman 0.367 N/mm² yang paling menghampiri tanda aras 'BS standard' iaitu 0.5 N/mm². Kesemua hasil pengujian ini didorong oleh faktor kandungan nisbah simen yang tertinggi dicampurkan kedalam sampel tersebut. Tambahan pula sampel tersebut dibuat dengan menggunakan kaedah VT. Kedua-dua faktor besar ini telah membuatkan nisbah 3:1 kaedah VT menjadi lebih stabil pada setiap ujian yang telah dilakukan di dalam penyelidikan ini.

5. Kesimpulan

Bagi kesimpulan penilain sifat fizikal EFBCB maka nisbah 3:1 kaedah pembuatan VT ini telah menunjukkan nilai 12.8 mm bacaan terakhir paling menghampiri tanda aras 'BS standard' iaitu 12 mm pada ujian pemantauan ketebalan (thickness monitoring). Malahan ia menunjukkan dapatan kajian 1406 kg/m³ paling tertinggi melepasi tanda aras 'BS standard' minimum iaitu 1000 kg/m³ pada pengujian kepadatan (density test). Ia juga memaparkan dapatan kajian 1.594 % paling mendekati 1.5 % tanda

aras 'BS standard' pada pengujian pembengkakan ketebalan (thickness swelling). Ia menghasilkan 0.367 N/mm^2 paling menghampiri tanda aras 'BS standard' 0.5 N/mm^2 pada pengujian ikatan dalaman (internal bonding). Oleh itu, ia adalah nisbah yang paling optimum berdasarkan pencapaian dapatan setiap ujian yang telah dijalankan. Akhir sekali cadangan bagi mengembangkan lagi kajian ini pertama adalah kaedah mengacau atau mengaul longgokkan EFB di dalam mesin getaran meja (vibration table machine, VT) mungkin dapat membantu mengurangkan dengan banyak sisa habuk yang tersangkut pada longgokan EFB tersebut agar dapat menghasilkan gentian EFB yang bebas habuk. Kedua adalah menggunakan meter kekeruhan air mudah alih (portable turbidity meter) mungkin dapat membantu untuk menyelaraskan prosedur tahap kejernihan sisa air cucian rendaman NaOH agar dapat menghasilkan cucian yang optimum. Diharapkan dapat membantu para penyelidik di masa hadapan di dalam peringkat penyediaan bahan gentian EFB dan penggunaan jenis alatan pengujian.

Penghargaan

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina, Universiti Tun Hussein Onn di atas sokongan terhadap kajian ini.

6. Rujukan

- [1] Asyraf Kassim, M., Soh Kheang, L., Abu Bakar, N., Abdul Aziz, A., & Mat Som, R. (2011). *Bioethanol Production from Enzymatically Saccharified Empty Fruit Bunches Hydrolysate using Saccharomyces cerevisiae*. Retrieved November 14, 2020, from www.academicjournals.com
- [2] Rokiah, H., Othman, S., Peng., L., & Pooja, S. (2013). *Using Biomass Residues From Oil Palm Industry As A Raw Material For Pulp And Paper Industry: Potential Benefits And Threat To The Environment*. Retrieved December 25, 2020, from https://www.researchgate.net/publication/236109302_Using_biomass_residues_from_oil_palm_industry_as_a_raw_material_for_pulp_and_paper_industry_Potential_benefits_and_threat_to_the_environment
- [3] Siyamak, S., Azora, I., Sanaz, A., Zin, Y., & Zaki, R., (2012). "Effect of Fiber Esterification on Fundamental Properties of Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber/Poly(Butylene Adipate-Co-Terephthalate) Biocomposites." *MDPI, Molecular Diversity Preservation International*, 27 Jan. 2012, www.mdpi.com/1422-0067/13/2/1327
- [4] Nazirah, Z. (2010). *Sustainable Construction in Malaysia-Developers' Awareness*. *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5(2), 122-129.
- [5] Syam, B., Muttaqin, M., Mawardi, Rozi, F., Martgomi, & Hutagalung, J. (2018). *The application of empty fruit bunch (EFB) fibers of oil palm for the development of light structure materials and products*. Retrieved December 21, 2020, From https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2018/27/e3sconf_nrm2018_00007/e3sconf_nrm2018_00007.html
- [6] Nor Azlina, R., Mohammad Jawaid, Edi Syams, Z., Shaikh Abdul, K., Y. (2019). *Tensile, physical and morphological properties of oil palm empty fruit bunch/sugarcane bagasse fibre reinforced phenolic hybrid composites*. Retrieved December 27, 2020, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785419301000>