

PENGARUH VARIASI UKURAN MESH SERBUK GERGAJI KAYU KELAPA TERHADAP SIFAT MEKANIS WOOD PLASTIC COMPOSITE (WPC)

Mochamad Nur Hudha^{1*}, Gatot Eka Pramono², Roy waluyo³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

^{1*}e-mail: achmadhuda959@gmail.com

ABSTRAK

Produksi sampah di Indonesia sudah sangat mengkhawatirkan. Menurut Direktur Pengelolaan Sampah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) “produksi sampah nasional mencapai sekitar 65,8 juta ton pertahunnya di mana 16 persennya adalah sampah plastik”. ini telah dilakukan pembuatan komposit kayu melalui pemanfaatan limbah plastik dan serbuk gergaji kelapa. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran mesh serbuk kayu kelapa terhadap sifat kekuatan mekanik (tensile dan kekuatan impact) *Wood Plastic Composite* (WPC). Bahan utama yang digunakan antara lain limbah gergaji kayu kelapa, plastik HDPE dan Serabut kelapa. Persentase komponen penyusun 88% HDPE-20% SGK-2% SSK. Pembuatan papan komposit menggunakan alat *hotpress*, dengan memvariasikan ukuran mesh yaitu 10, 20 dan 30. Temperatur pencetakan 160° C ditekan dengan beban 50 kg *holding time* selama 15 menit. Pengujian tarik menggunakan standar ASTM D638, uji impact menggunakan ASTM D6110. Dari hasil pengujian didapatkan ukuran mesh berpengaruh terhadap sifat mekanis WPC. Kekuatan tarik terbesar dihasilkan pada mesh 10 dengan nilai kekuatan tarik rata-rata 9 MPa. Kekuatan impact maksimum terdapat pada mesh 20, dengan kekuatan impact 0.201 Joule/mm². ukuran serbuk gergaji optimum dihasilkan pada ukuran mesh 10 bahwa ukuran partikel serbuk gergaji terhadap sifat mekanis memiliki tingkat kekuatan keuletan, regangan dan ikatan serat matrik yang baik pada komposit.

Kata kunci : Plastik HDPE, Uji impact, Uji tarik, WPC, Serbuk Gergaji Kelapa.

ABSTRACT

Waste production in Indonesia is very worrying. According to the Director of Waste Management at the Ministry of Environment and Forestry (KLHK) "national waste production reaches around 65.8 million tons per year, of which 16 percent is plastic waste". This has been done by making wood composites through the use of plastic waste and coconut sawdust. This study aims to determine the effect of coconut wood powder mesh size on the mechanical strength properties (tensile and impact strength) of Wood Plastic Composite (WPC). The main materials used include coconut wood saw waste, HDPE plastic and coconut fiber. Percentage of constituent components 88% HDPE-20% SGK-2% SSK. Making composite boards using a hotpress tool, by varying the mesh sizes, namely 10, 20 and 30. The printing temperature is 160 ° C pressed with a load of 50 kg holding time for 15 minutes. Tensile test using ASTM D638 standard, impact test using ASTM D6110. From the test results, it was found that the mesh size had an effect on the WPC mechasis properties. The greatest tensile strength is produced in mesh 10 with an average tensile strength value of 9 MPa. The maximum impact strength is found in 20 mesh, with an impact strength of 0.201 Joules / mm². The optimum size of sawdust was produced at mesh size 10 that the sawdust particle size on mechanical properties had a good degree of ductility, strain and matrix fiber bonding in the composite.

Keywords : HDPE plastic, Impact test, Tensile test, WPC, Coconut Sawdust.

1. PENDAHULUAN

Produksi sampah di Indonesia sudah sangat mengkhawatirkan. Menurut Direktur Pengelolaan Sampah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) “produksi

sampah nasional mencapai sekitar 65,8 juta ton pertahunnya di mana 16 persennya adalah sampah plastik”. (Republika 2018). Hasil penelitian Jenna R. Jambeck, Indonesia tercatat jadi pencemaran sampah plastik ke lautan global

kedua terbesar setelah Cina. Setiap tahun sekitar 3 juta ton sampah plastik Indonesia masuk ke lautan. Juga berbagai sungai dan kawasan pantai kini dipenuhi sampah yang sangat sulit terurai (JR et al. 2015).

Kekurangan dari pembuatan papan partikel bahwa semakin besar ukuran partikel maka semakin banyak penyerapan air begitu pula sebaliknya. Ukuran partikel besar akan memiliki lebih banyak rongga - rongga yang terdapat dalam kayu sehingga akan mudah dalam menyerapan air. (Budjiadji, 2004)

Perbedaan ukuran mesh berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik dari komposit, ukuran mesh yang kecil menghasilkan permukaan kasar dan ikatan antar partikel lemah sehingga ada rongga dan pori di antara partikel serta tidak semua partikel berikatan baik dengan matrik. Ukuran partikel yang kecil menghasilkan permukaan yang halus dan ikatan antar partikel yang baik karena matrik berikatan baik dengan partikel Perbedaan ukuran bulir dari papan partikel serbuk kayu mempengaruhi sifat mekanik, densitas dan konduktivitas panas papan partikel tersebut. Partikel yang berukuran lebih besar nilai konduktivitasnya lebih kecil dibanding dengan partikel yang berukuran lebih kecil. Ukuran partikel yang besar menyebabkan banyak terjadi rongga pada papan partikel. (Nanda Pratama, 2016)

Hal tersebut bahwa bentuk dan ukuran partikel berpengaruh terhadap kualitas papan partikel yang dihasilkan, yaitu partikel yang tidak seragam akan dihasilkan papan partikel dengan kualitas yang kurang baik, karena ada tendensi penyebaran partikel yang tidak merata. (Firdaus, 2010)

Komposit serbuk kayu kelapa bahwa bentuk dan ukuran partikel berpengaruh terhadap kualitas papan partikel yang dihasilkan, yaitu partikel yang tidak seragam akan dihasilkan papan partikel dengan kualitas yang kurang baik, karena penyebaran partikel yang tidak merata maka dari itu dengan menggunakan saringan mesh/*test sieve* untuk memilah bentuk ukuran partikel yang akan diayak dengan ukuran mesh tertentu. Hal ini disebabkan pada butiran partikel besar dihasilkan oleh kualitas yang tidak sama. (Muhammad Budi Nur Rahmana, 2018)

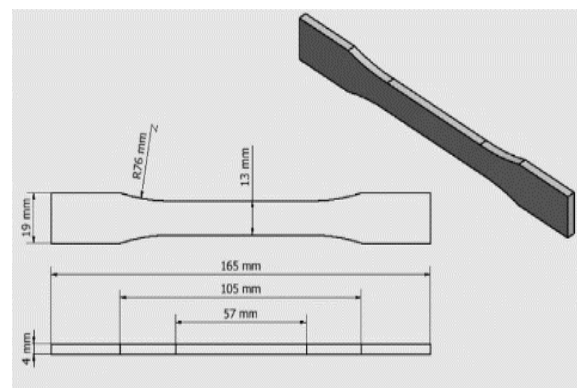
Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan WPC dengan bahan utama yang digunakan

adalah recycle HDPE (*High density polyethylene*) (rHDPE) ditambah serbuk gergaji kayu kelapa (coconut flour, CFI). Selain itu ditambahkan serat serabut kelapa (coconut fibre, CF) dengan panjang 2-5 cm sebanyak 20 Gram. Perbandingan rHDPE, CFI dan CF dibuat konstan. Serbuk Kayu Kelapa dengan ukuran mesh variasi 10, 20, dan 30 Mesh. Proses pembuatan menggunakan alat *hot press* dengan temperatur 160°C dan tekanan 50 kg. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran mesh terhadap sifat mekanis (kekuatan tarik dan kekuatan impact) WPC, serta mendapatkan persentase ukuran mesh Serbuk Kayu Kelapa yang tepat untuk sifat mekanis yang optimum.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengujian tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dari material komposit terhadap tarikan dimana sifat mekanis tersebut antara lain meliputi kekuatan tarik, penambahan panjang dan pengecilan luas penampang. Nilai kekuatan tarik (tegangan), regangan dan modulus tarik komposit dapat dihitung dari data pengujian yang berupa beban maksimum. Besarnya nilai kekuatan tarik komposit dapat dihitung dengan persamaan:



Gambar 2.1 Spesimen Uji Tarik

Rumus uji tarik :

$$\sigma = \frac{F}{A_n}$$

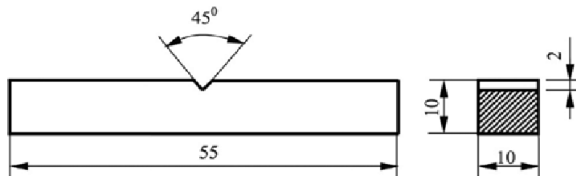
Besar nilai regangan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{l_i - l_o}{l_n} = \frac{\Delta l}{l_n}$$

- F = Beban tarik
- A_n = Luas penampang awal specimen
- l_o = Panjang awal
- l_i = Panjang akhir

2.2 Pengujian impact

Pengujian impact bertujuan untuk mengetahui pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas. Besarnya nilai kekerasan komposit dapat dihitung dengan persamaan:



Gambar 2.2 Spesimen Uji Impact

$$\Delta E = W l (\cos \beta - \cos \alpha).$$

- HI = Harga nilai impact (Joule/mm²)
- ΔE = Energi yang diserap (Joule/mm²)
- W = Beban bandul (kg)
- L = Panjang lengan bandul (m)
- α = Sudut awal (°)
- β = Sudut akhir (°)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan - bahan utama dalam pembuatan Wood Plastic Composite adalah Serbuk Gergaji Kelapa (SGK), Serat Serabut Kelapa (SSK), Plastik HDPE.

Tahapan melakukan proses pembuatan WPC dari preparasi sampai pengujian dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir persiapan bahan baku

Bahan-bahan utama yang digunakan dalam pembuatan WPC yaitu Serbuk kayu kelapa, plastik HDPE, dan Serabut kelapa. Untuk menjadi papan komposit, Tahapan – tahapan dalam proses pembuatan sebagai berikut :

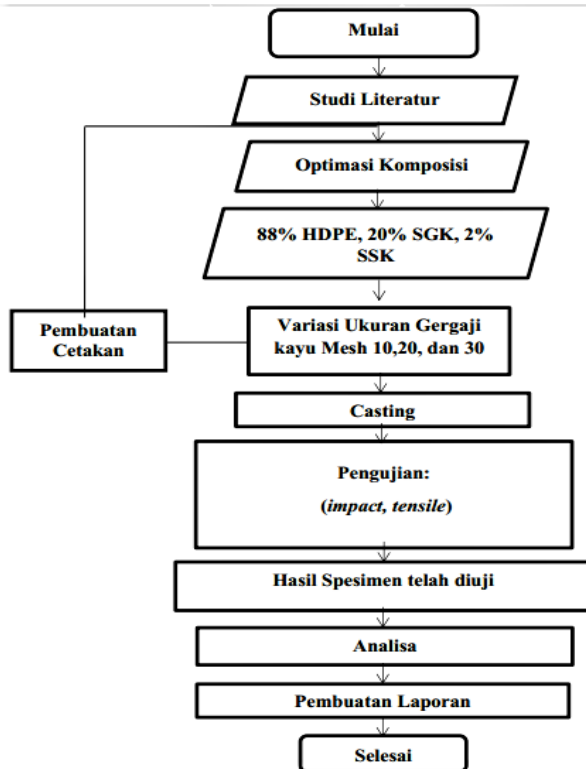
1. Campurkan bahan baku dengan komposisi yang telah ditentukan yaitu HDPE 176 gram, SGK 20 gram dan SSK 4 gram, *mixing* material pengikat dan material penguat tersebut secara *homogen* agar mendapatkan hasil yang optimal saat pencetakan.
2. Masukkan campuran material tersebut kedalam cetakan secara merata menggunakan sendok, usahakan jangan sampai tumpah ketika memasukan material kedalam cetakan karena akan mempengaruhi presentase material yang telah ditentukan.
3. Runningkan heater yang terdapat pada mesin *hot press*, dengan temperature 160 °C.
4. Tekan material komposit yang terdapat pada cetakan dengan cara mengungkit tuas dongkrak yang terdapat pada alat hot press dengan variasi tekanan yang telah di tentukan agar material pengikat dan material penguat bisa menyatu dengan baik.
5. Pada saat dilkukakuan penekanan dan *sintering* (pemanasan) dilakukan *holding time* selama 15 menit agar fasa antara muka material pengikat dan material penguat dapan menyatu dengan baik.

6. Setelah itu dilakukan pendinginan kemudian pengambilan sampel dengan cara membuka cetakan yang terdapat pada mesin *hot press*.
7. *Finishing* sampel setelah pencetakan, yaitu membersihkan dan merapikan bentuk sampel setelah pencetakan. Sampel komposit sudah jadi, siap dilakukan uji tarik dan uji impak.



Gambar 3.3 Bahan utama pembuatan WPC

- (a).Serbuk kayu Mesh 10
- (b).Serbuk kayu Mesh 20
- (c).Serbuk kayu Mesh 30
- (d).Plastik HDPE.
- (e).Serat serabut kelapa
- (f).Bahan yang sudah dicampur.



Gambar 3.2 Diagram Alir penelitian

Penelitian Pengaruh Variasi Ukuran *Mesh* Terhadap Sifat Mekanis *Wood Plastic Composite* (WPC) mengikuti diagram alir seperti terlihat pada gambar 3.2 diagram alir penelitian.

3.2 Optimasi Komposisi

Komposisi material wpc terdiri dari recycle HDPE, Serbuk gergaji kayu (SGK) dan serat serabut kelapa (SSK). Serbuk gergaji kayu yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu kelapa. Ukuran butir SGK yang digunakan adalah mesh 10, 20 dan 30. Bahan-bahan utama wpc sebagai berikut :

Untuk volume cetakan 220.000 mm³, dibutuhkan campuran bahan komposit sekitar 200gram setiap pencetakan. Satu pencetakan menghasilkan tiga sampel uji tarik dan tiga sampel uji impak. Perhitungan komposisi tiap material didasarkan pada berat 200gram. Dengan perhitungan sebagai berikut:

3.3 Sample WPC Mesh 10,20 dan 30

$$HDPE = \frac{88}{100} \times 200 = 176 \text{ gram}$$

$$SGK = \frac{10}{100} \times 200 = 20 \text{ gram}$$

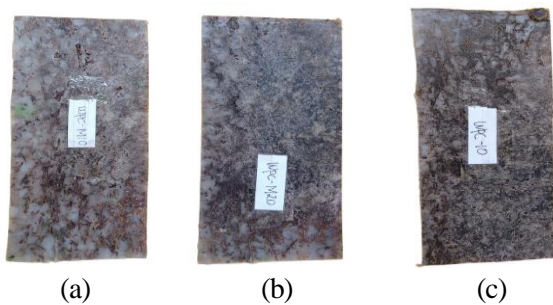
$$SSK = \frac{2}{100} \times 200 = 4 \text{ gram}$$

Tabel 3.1 Komposisi WPC

Sample	1	2	3
SGK %	20	20	20
HDPE %	80	80	80
SSK %	2	2	2
MESH	10	20	30

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beberapa sifat mekanis pada komposit WPC. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik untuk mencari dan mengetahui kekuatan tarik dan regangan. Uji impak untuk mencari dan mengetahui ketahanan patahan dan keuletan. Dengan variasi yang berbeda pada komposit WPC. Yang berjumlah 18 spesimen. Yaitu 9 spesimen untuk uji tarik dan 9 spesimen untuk uji impak. Hanya diambil nilai harga rata – rata untuk dilakukan perhitungan α dan β hasil nilai harga yang terbaik.



Gambar 4.1 Sampel WPC hasil cetak (a). mesh 10,(b). mesh 20 dan (c). mesh 30

Sampel di atas kemudian akan di potong dengan ukuran standar uji impak ASTM D638 dan standart uji tarik ASTM D639 masing-masing terbagi menjadi tiga sampel uji tarik dan tiga sampel uji impak, yang kemudian akan diuji sifat mekanis nya.

4.1 Hasil uji tarik



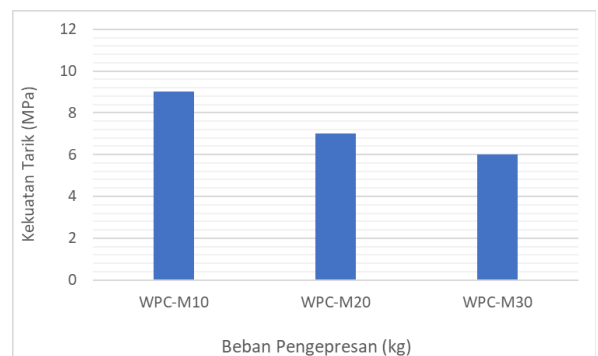
Gambar 4.2 Spesimen uji tarik (a) mesh 10, (b) mesh 20 dan (c) mesh 30

Sampel yang sudah dipotong akan dilakukan pengujian tarik sesuai standar yang telah di tentukan. Masing- masing variasi diwakili oleh

tiga sampel. Jumlah keseluruhan sampel uji tarik sembilan buah sampel.

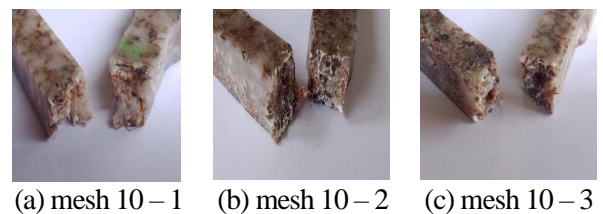
Tabel 4.1 Hasil uji tarik

kode Sample	Penguji tarik (MPa)			Kekuatan Tarik rata-rata (MPa)
	1	2	3	
WPC-M10	9	8	10	9
WPC-M20	7	6	8	7
WPC-M30	6	5	7	6

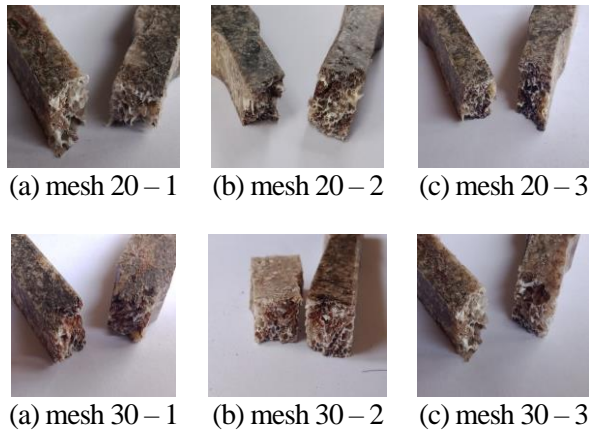


Gambar 4.3 Grafik pengaruh variasi mesh terhadap kekuatan tarik

Dari grafik pengujian tarik pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa regangan paling tinggi oleh komposit WPC-M10 kenaikan kekuatan tarik rata-rata dengan nilai sebesar 9 MPa. dan harga kekuatan tarik rata-rata terendah pada WPC-M30 dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 6 MPa. Membuktikan bahwa partikel kayu kelapa ukuran besar berpengaruh peningkatan pada kekuatan komposit. Ukuran serbuk gergaji kayu terkecil peningkatan kekuatan pada komposit regangannya rendah dari pada ukuran serbuk gergaji kayu besar.



(a) mesh 10 – 1 (b) mesh 10 – 2 (c) mesh 10 – 3



Gambar 4.4 Bentuk patahan uji tarik

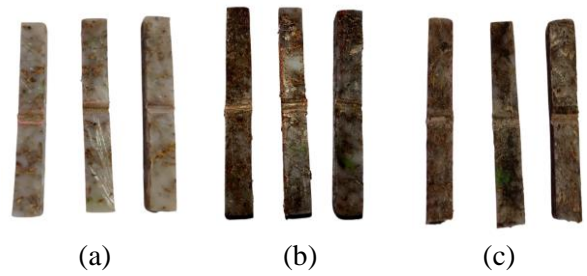
Sampel komposit dengan tiga variasi ukuran mesh serbuk kelapa, dengan bahan campuran recycle HDPE dan serabut kelapa, diuji kekuatan tariknya. Dari bentuk patahan dapat dikatakan semua berbentuk patahan liat.

Dari seluruh nilai kekuatan tarik berbagai ukuran partikel penguat, memiliki pola nilai yang berbeda yakni dikarenakan dari ukuran ayakan mesh pada partikel serbuk kayu kelapa berbeda dan setiap tiga sampel fraksinya sama komposisinya, semakin besar ukuran mesh serbuk kayu kelapa maka semakin tinggi regangan kekuatan tariknya. disebabkan karena besar ukuran serbuk kayu kelapa memiliki peningkatan perpanjangan putus menghantarkan tegangan lebih baik dari pada partikel serbuk kayu kelapa terkecil karena regangan rendah pada matrik pengikat.

Kemungkinan rendahnya kekuatan tarik komposit juga bisa disebabkan karena timbulnya void (udara terperangkap) hasil cetakan atau kurang sempurnanya ikatan antara serat dengan matrik sehingga menimbulkan serat lepas dari matrik (*debonding failure*).

4.2 Hasil uji impak

Metode yang dilakukan dalam uji impak adalah metode charpy untuk mengetahui keuletan material komposit. Dalam penelitian ini digunakan 9 spesimen pada tiap variasi untuk dilakukan perhitungan kekuatannya.

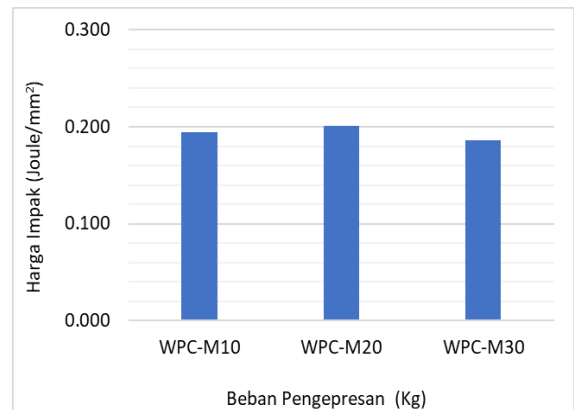


Gambar 4.5. Sampel uji impak (a) mesh 10, (b) mesh 20 dan (c) mesh 30

Pengujian impak menggunakan *Charpy impact testing machine*. Panjang lengan badul 1,36 m. berat bandul 10.32 kg. Sampel diuji impak untuk mengetahui seberapa besar energi yang dibutuhkan untuk mematahkan sampel uji. Perhitungan harga impak didasarkan pada selisih energi (ΔE) sebelum dan sesudah tumbukan. Parameter perhitungan ΔE adalah selisih antara sudut sebelum (α) dan sesudah tumbukan (β).

Tabel 4.2 hasil uji impak

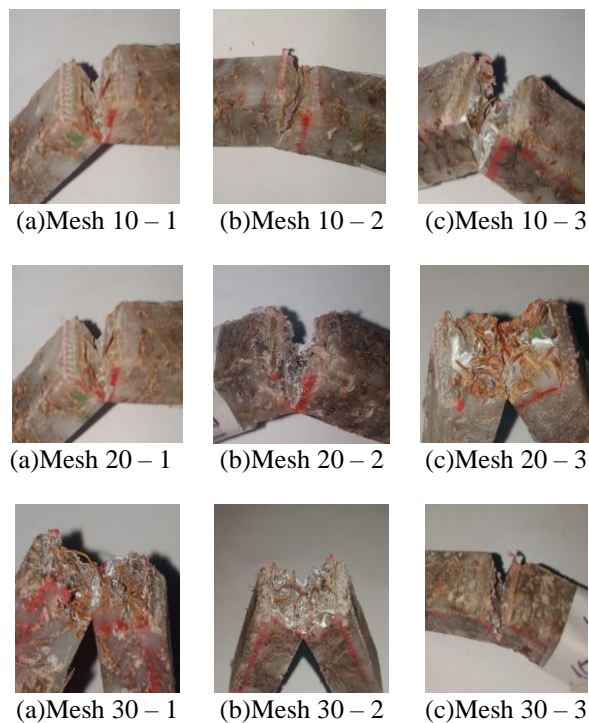
kode Sample	Kekuatan Impact (J/mm ²)			rata-rata
	1	2	3	
WPC-M10	31	25	29	0.195
WPC-M20	28	28	28	0.201
WPC-M30	29	30	28	0.187



Gambar 4.6 Grafik pengaruh variasi mesh terhadap kekuatan uji impak

Pada gambar 4.6 dapat dilihat hasil pengujian WPC dengan ukuran mesh 20 memiliki harga impact rata-rata tertinggi yaitu sebesar 0.201 Joule/mm². WPC dengan ukuran mesh 30 memiliki harga impact rata-rata terendah yaitu sebesar 0.187 Joule/mm². WPC dengan ukuran mesh 10 memiliki harga impact rata-rata 0.195 Joule/mm².

Hasil pengujian menunjukkan adanya pengaruh ukuran mesh terhadap harga impact. Semakin besar ukuran serbuk gergaji kayu kelapa maka harga impact semakin rendah. Harga impact tertinggi terdapat pada WPC- mesh 20 atau dengan harga impact sebesar 0.201 Joule/mm². Bentuk patahan hasil pengujian impact seperti terlihat pada gambar 4.7



Gambar.4.7 bentuk patahan uji impact (a) mesh 10 (b) mesh 20 (c) mesh 30

Hasil pengamatan permukaan patahan uji impact bentuk patahan sama seperti pengujian tarik. Bentuk permukaan patahan menunjukkan jenis patahan getas. Ukuran mesh 10, 20 dan 30 tidak memiliki perbedaan ukuran yang signifikan. Ukuran ketiga mesh tersebut menghasilkan WPC cenderung getas. Ukuran serbuk gergaji yang besar memiliki kontak permukaan antara matrik dan penguat lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran serbuk kayu kelapa yang kecil.

Perbedaan harga impact rata-rata yang tidak signifikan, diakibatkan karena adanya peranan serat serabut kelapa pada sampel komposit. Serat serabut kelapa berpengaruh terhadap penyerapan energi ketika sampel dibentur oleh bandul uji impact. Meskipun penambahan serat serabut kelapa pada presentase yang konstan, namun karena orientasi arah serat yang tidak teratur maka menghasilkan hasil pengujian yang tidak konsisten. Dalam hal ini sifat mekanis dipengaruhi secara bersama-sama oleh serat serabut kelapa dan erbuk gergaji kayu.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, berdasarkan hasil dan analisa dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ukuran mesh berpengaruh terhadap sifat mekanis WPC (kekuatan tarik dan harga impact) kekuatan tarik maksimum dihasilkan pada mesh 10 dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 9 MPa, dan minimum pada mesh 30 yaitu sebesar 6 MPa. nilai kekuatan impact maksimum terdapat pada mesh 20 dengan harga impact rata-rata 0.195 Joule/mm² dan minimum pada mesh 30 yaitu sebesar 0.187 Joule/mm².
2. Dari hasil pengujian tarik dan impact sifat mekanis optimum (kekuatan tarik dan impact) dihasilkan pada WPC dengan ukuran Mesh 10 bahwa ukuran partikel serbuk gergaji terhadap sifat mekanis memiliki tingkat kekuatan regangan, keuletan dan ikatan setiap komponen serat matrik yang baik pada komposit.

5.2 Saran

Penelitian yang sudah dilakukan tentunya masih ada yang kekurangan, oleh karena itu penelitian-penelitian selanjutnya mendapatkan hasil yang baik, maka memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Pencampuran material menggunakan alat pengaduk seperti mixer otomatis supaya mendapatkan hasil meratanya maksimal saat melakukan proses cetak selanjutnya.
2. Penambahan compatibilizer sebagai mengikat suatu material yang berbeda

- organik dan non organik akan meningkatkan kekuatan tarik dan impak antara serat dengan polimer plastik.
3. Pengujian diharapkan lebih ditambah lagi supaya data yang didapatkan lebih lengkap seperti uji mikro, densitas dan tekan.

DAFTAR PUSTAKA

- M. Budi Nur Rahman, S. Sudarisman, and E. Nugroho, "Pengaruh Ukuran Butir, Fraksi Volume Dan Penambahan Aseton Terhadap Kekuatan Flexural Komposit Papan Partikel Serbuk Gergaji Kayu Sengon-Matrik Polyester," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 2, no. 2, pp. 110–118, 2018.
- K. Papan, S. Komposit, K. Cocos, V. Ukuran, and D. A. N. B. Partikel, "Karakteristik Papan Semen Komposit dari Limbah Kelapa (*Cocos nucifera* L.) pada Berbagai Variasi Ukuran dan Bentuk Partikel," no. September, 2018.
- A. Mufidun, "PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DAN UKURAN FILLER SERBUK CANGKANG KERANG SIMPING (*Placuna placenta*) PADA MARIKS POLIESTER TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PAPAN KOMPOSIT," 2016.
- Sunardi, M. Fawaid, R. Lusiani, and R. Parulian, "Pengaruh Butiran Filler Kayu Sengon terhadap Karakteristik Papan Partikel yang Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit," *J. Mesin Teknol. (SINTEK J.)*, vol. 11, no. 1, pp. 28–32, 2017.
- S. Gergaji *et al.*, "Wood plastic composites made from post-used polystyrene foam and agricultural waste," *J. Thermoplast. Compos. Mater.*, vol. 32, no. 1, pp. 43–54, 2019.
- Falma Irawati Sijabat, Jenmoriso Saragih, and Halimatuddahlana, "Pengaruh Ukuran Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Pengisi Komposit Poliester Tak Jenuh Terhadap Sifat Mekanik Dan Penyerapan Air," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 4, pp. 31–37, 2013.
- F. Mulana, "Pembuatan Papan Komposit dari Plastik Daur Ulang dan Serbuk Kayu serta Jerami Sebagai Filler," *J. Rekayasa Kim. Lingkung.*, vol. 8, no. 1, pp. 17–22, 2011.
- B. Baku and C. Kayu, "Pemanfaatan limbah serbuk kayu kapur," vol. 15, no. September, pp. 76–79, 2016.
- T. Akhir, "Komposit Partikel Arang Kayu Jati Bermatrik Epoxy the Wear and Impact Strength of Composite Material of Coconut Wood Charcoal With Epoxy Matrix," 2008.
- L. Prabowo, "Pengaruh perlakuan kimia pada serat kelapa (Coir fiber)," *Tek. mesin Univ. sanata dharma*, pp. 7–17, 2007.
- C. F. Poyoh, "Pengaruh Variasi Butiran Filler Serbuk Gergaji Batang Kelapa Terhadap Sifat Mekanik Komposit," *J. Tek. Mesin*, 2013.
- Eqitha Dea Clareyna and L. J. Mawarani, "Pembuatan dan Karakteristik Komposit Polimer Berpenguat Bagasse," *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 2, pp. 208–213, 2013.
- Republika, "KLHK: Produksi Sampah Nasional 65,8 Juta Ton per Tahun," *Republika.co.id*, 2018. .
- D. W. Nurhajati and I. N. Indrajati, "Kualitas Komposit Serbuk Sabut Kelapa Dengan Matrik Sampah," *J. Ris. Ind. Vol.*, vol. V, no. 2, pp. 143–151, 2011.
- K. S. Chun *et al.*, "Wood plastic composites made from post-used polystyrene foam and agricultural waste," *J. Thermoplast. Compos. Mater.*, vol. 32, no. 11, pp. 1455–1466, 2019.