

Sifat dan Morfologi *Wood Plastic Composite* Berbasis Batang Sawit dengan Kadar Lignoselulosa yang Berbeda

Melly Anggraeni¹⁾, Irdoni²⁾, Bahrudin²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293
melly.anggraeni2706@gmail.com

ABSTRACT

Plantations of the palm in Indonesia is very large included Riau Province. It cause the palm trunk be the most waste and it has the potential to be utilized for manufacturing Wood Plastic Composite (WPC). Properties of the palm trunk is different and it has many weakness. Knowledge of stem's lignocellulose can be easier to modify suitable materials for compatibility between WPC components. The main objective of this study is to determine the percentage of palm trunk parts longitudinally, to determine the lignocellulose component before and after preparation using oxalic acid, to evaluate the effect of palm trunk parts longitudinally and ratio of wood flour/polypropylene to the properties and morphology of WPC. The composition of wood flour was 100 mesh as filler and polypropylene as matrix are 50/50; 60/40; 70/30 with mixture of 2% paraffin as plasticizer, 5% maleic anhydride (MAH) and 5% Benzoyl peroxide (BPO). The palm trunk was prepared using oxalic acid at 120°C for 15 minutes. WPC samples were prepared using internal mixer Labo Plastomill at temperature 170°C and rotor speed 80 rpm. Testing experiments were prepared to mechanical properties consists of tensile strength and elastic modulus (MOE) and physical properties consists density, water absorption and swelling thickness. Scanning Electron Microscopy was used as a morphology testing with 50x and 500x magnification. The results showed that each part of palm and ratio of wood flour/polypropylene gives an influence. The best of WPC material is the base of stem at 70/30 ratio with tensile strength 15,125 MPa, MOE 2.308, 303 MPa, density 0,854 gr/cm³, water absorption 0,565%, and swelling thickness 0,133%.

Keywords: lignocellulose, palm trunk, wood plastic composite

1. Pendahuluan

Hasil proyeksi jumlah penduduk Indonesia meningkat yaitu mencapai 305,6 juta pada tahun 2035 (BPS, 2017). Hal itu berbanding terbalik dengan jumlah kayu yang menurun hingga 4,5 juta Ha pada 2009-2013 (*Forest Watch Indonesia*, 2014). Akibatnya kebutuhan penduduk terhadap kayu sebagai bahan keperluan sehari-hari mengalami krisis sehingga diperlukan potensi pengganti kayu hutan alam sebagai bahan lain selain kayu.

Limbah batang sawit melimpah dikarenakan luas areal perkebunan kelapa sawit di Riau meningkat yaitu mencapai 2.462.095 Ha (Statistik Perkebunan Indonesia, 2016). Limbah tersebut memiliki kadar selulosa yang cukup tinggi yaitu 45,8%

(Isroi, 2008) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti kayu menjadi produk *Wood Plastic Composite* (WPC). WPC adalah komposit polimer yang dibuat dengan menggabungkan partikel serbuk kayu dan termoplastik (Clemons, 2002).

WPC memiliki sifat yang unggul seperti kekakuan dan ketahanan pukul yang baik, stabilitas dimensi yang tinggi, penyerapan terhadap air rendah, tahan cuaca, jamur dan rayap, dapat didaur ulang dan dapat diaplikasikan pada produk *interior* dan *eksterior* (Clemons dan Ibach, 2004). Endy, dkk. (2014) menyatakan bahwa batang sawit secara vertikal memiliki sifat yang bervariasi dan banyak kelemahan. Maka, penelitian ini membutuhkan pengujian kadar selulosa

batang sawit secara vertikal untuk mengetahui komposisi kimia batang sawit agar dapat memudahkan untuk memodifikasi bahan yang cocok dalam mengkompatibisasi antar komponen WPC.

Penelitian Ayrilmis, dkk. (2015) memodifikasi *filler Pinus sylvestris* 40-100 *mesh* dan matrik PP serta MAPP 3% sebagai *coupling agent*. Variasi yang dilakukan adalah rasio nisbah serbuk/PP 50/50; 40/60; 30/70. Hasil yang diperoleh telah memenuhi standar berdasarkan GB/T 17657-1999 untuk kerapatan dan ASTM D1037-93 untuk sifat mekanik. Parsaulian, dkk. (2015) melakukan penelitian menggunakan pelepah sawit dengan ukuran 100-200 *mesh* menggunakan *pretreatment* air dan asam oksalat 0,05% pada suhu 100°C, 120°C, dan 140°C selama 15 menit. Hasil terbaik ialah pada produk WPC dengan perendaman menggunakan asam oksalat pada suhu 120°C. Sifat mekanik WPC yang dihasilkan telah memenuhi standar berdasarkan ASTM D1037-93 (Kronotex, 2017) namun, nilai kerapatannya belum mencapai standar.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan komposisi lignoselulosa setiap bagian bagian batang sawit (pangkal, tengah, dan ujung) sebelum dan sesudah dilarutkan dengan asam oksalat. Kemudian, mempelajari pengaruh batang sawit secara vertikal dan rasio nisbah batang sawit/polipropilen terhadap sifat dan morfologi WPC. Hasil yang diperoleh diharapkan memenuhi kriteria standar WPC dalam pengembangan teknologi WPC dan meningkatkan daya guna bagian batang sawit.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah batang sawit (pangkal; tengah; ujung) sebagai *filler* berukuran 100 *mesh* yang diperoleh dari perkebunan rakyat Kampar, Riau; Polipropilen (PP) produksi PT. Pertamina Plaju sebagai matriks; MAH produksi OHG dari Honenbrunn, *Germany* sebagai *coupling agent*; BPO produksi EMD dari Darmstad, *Germany* sebagai inisiator;

plasticizer jenis parafin; asam oksalat 0,05 M dan *aquades* untuk kebutuhan *pretreatment*.

2.2 Penyiapan Partikel Batang Sawit

Batang sawit yang telah dipotong menjadi 3 bagian (pangkal; tengah; ujung) kemudian diperkecil menjadi serat. Selanjutnya direndam menggunakan asam oksalat 120°C selama 15 menit. Lalu, serat dibersihkan menggunakan *aquades*. Serat hasil rendaman kemudian dikeringkan di bawah panas matahari ±24 jam. Setelah itu, serat batang sawit di-*grinder* untuk memperoleh ukuran 100 *mesh*.

2.3 Analisa Bahan Baku

Analisa komponen kimia batang sawit yaitu dilakukan pada serat sebelum dan sesudah dipreparasi dengan asam oksalat. Batang sawit yang telah dibagi menjadi 3 bagian (pangkal; ujung; tengah) kemudian dihaluskan menjadi ukuran yang lebih kecil. Bahan baku dikeringkan sampai kadar air sisa ±5%. Kemudian dilakukan analisa komponen kimia batang sawit. Analisis komponen kimia bahan baku bertujuan untuk mengetahui kadar lignoselulosa yang terdapat dalam bahan baku, yang terdiri dari kadar air (SNI 01-2891-1992), kadar selulosa, hemiselulosa dan *lignin* (Chesson, 1981)

2.4 Pembuatan Sampel WPC

Pembuatan sampel WPC dilakukan selama 15 menit. Awalnya PP dilelehkan terlebih dahulu dalam *internal mixer* lalu, dimasukkan parafin 2% dan diaduk selama 1 menit. Setelah itu, Serbuk Batang Sawit (SBS) dimasukkan perlahan-lahan dan diaduk selama 7 menit. Terakhir, MAH 5% dari PP dan BPO 5% dari MAH dicampur dan diaduk selama 7 menit. Suhu pencampuran diatur pada 170°C dan laju rotor 80 rpm. Kompon WPC yang dihasilkan selanjutnya dibentuk spesimen uji.

Pembuatan spesimen uji yaitu pembuatan lembaran WPC menggunakan *hot press* pada suhu 180°C dengan tekanan 100kgf/cm². Lembaran yang dihasilkan dibiarkan pada suhu kamar selama 2x24 jam agar distribusi kadar air menjadi seragam dan melepaskan

tegangan sisa akibat pengempaan. Lalu, lembaran dipotong menggunakan *dumbbell* sesuai dengan spesimen uji

2.5 Pengujian Sampel

Pengujian sampel meliputi pengujian sifat mekanik, sifat fisik dan morfologi.

Pengujian Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik meliputi *tensile strength* (kuat tarik) dan *Modulus of Elasticity* (MOE). Spesimen uji dibentuk sebanyak 2 buah spesimen pada semua sampel. Spesimen diletakan pada penjepit alat *Universal Testing Machine* (UTM) kemudian ditarik hingga spesimen putus lalu dicatat nilai uji kuat tarik dan MOE.

Pengujian Sifat Fisik

Pengujian sifat fisik meliputi uji kerapatan, daya serap air dan pengembangan tebal yang masing-masing dihitung dengan persamaan 1, 2, dan 3. Masing masing sampel dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm sebanyak 3 spesimen dan ditimbang sebagai berat awal.

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{berat (gram)}}{\text{volume (cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

$$\% \text{ Daya serap air} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (2)$$

$$\% \text{ Pengembangan tebal} = \frac{D_2 - D_1}{D_1} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

W_1 = berat sampel kering (gram)

W_2 = berat setelah direndam air (gram)

D_1 = tebal sampel kering (cm)

D_2 = tebal setelah direndam air (cm)

Pengujian Morfologi (SEM)

Pengujian SEM dilakukan untuk melihat interaksi campuran ikatan *filler* ke dalam matrik. Sampel dipatahkan sedikit untuk dipoles dengan *diamond paste*, lalu dibersihkan permukaannya dengan *ultrasonic cleaner* dan bahan alkohol. Setelah itu, dilapisi emas (*coating* emas) agar sampel bersifat konduktor.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Kadar Komposisi Kimia Sawit

Pengujian komposisi kimia (lignoselulosa) bertujuan untuk melihat pengaruh preparasi setiap bagian batang sawit (pangkal; tengah; ujung) pada sampel WPC. Komposisi kimia yang dilihat ialah selulosa, hemiselulosa, *lignin* dan kadar air. Data hasil pengujian komposisi kimia batang sawit ditampilkan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian komposisi pada batang sawit sebelum dan setelah dipreparasi dengan asam oksalat. Setelah dipreparasi, kadar selulosa menjadi meningkat. Sesuai penelitian Li, dkk. (2011) menggunakan preparasi asam oksalat pada kayu *Loblolly pine* dimana, kadar hemiselulosa menurun menjadi 14,53% dan kadar selulosa meningkat menjadi 41,99%. Ia menyimpulkan bahwa preparasi asam oksalat tidak menyebabkan degradasi selulosa. Sedangkan *arabinan*, *galactan*, *xylan* dan *mannan* merupakan gugus dari hemiselulosa yang mengalami penurunan setelah dilakukan preparasi.

Kadar selulosa tertinggi terdapat pada bagian pangkal batang diikuti ujung dan tengah batang. Hal tersebut dikarenakan, pengambilan serat seragam secara vertikal namun, acak secara horizontal. Iswanto, dkk. (2010) menyimpulkan bahwa selulosa banyak terdapat pada jaringan pembuluh (*vascular bundles*) berdinding tebal dan pada jaringan yang tua. Secara vertikal, semakin ke atas tumbuhan tersusun oleh jaringan yang masih muda. Secara horizontal, semakin ke tepi tumbuhan tersusun oleh jaringan pembuluh berdinding tebal.

3.2 Sifat Mekanik

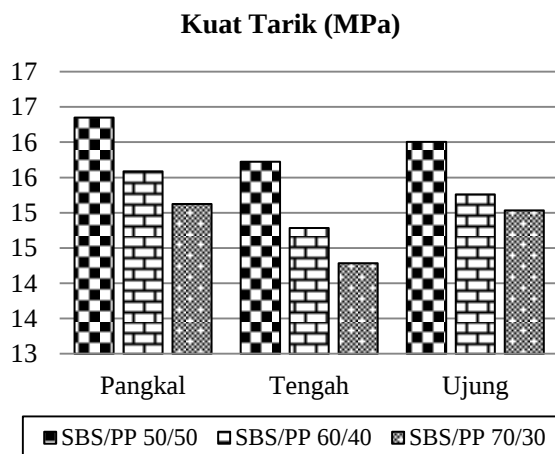
Pengujian ini untuk melihat kemampuan WPC mempertahankan dimensinya ketika ditarik hingga batasnya. Alat yang digunakan ialah *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan histogram Gambar 1 dan 2, menunjukkan hasil yang beragam dimana, nilai kuat tarik dan MOE berbanding lurus dari pangkal, ujung hingga tengah. Nilai kuat

Tabel 1. Komposisi Kimia Batang Sawit

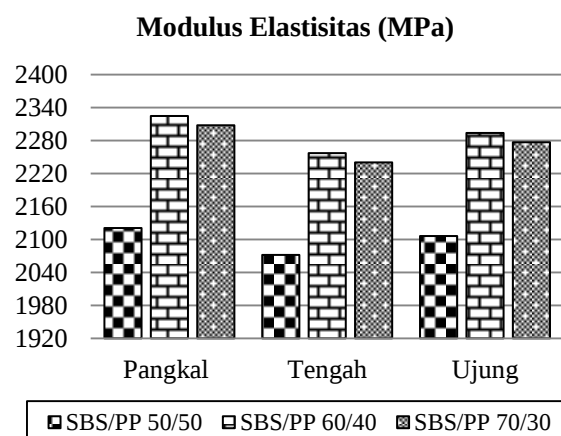
Perlakuan	Bagian Batang Sawit	Komposisi Lignoselulosa			
		Selulosa	Hemiselulosa	Lignin	Kadar Air
Sebelum	Pangkal	63,71	8,82	14,9	10,38
	Tengah	43,71	28,52	8,03	10,17
	Ujung	50,49	15,8	13,6	9,05
Setelah	Pangkal	64,57	4,29	21,49	7,77
	Tengah	62,3	9,7	18,02	7,21
	Ujung	64,55	6,44	18,45	6,8

tarik dan MOE tertinggi yaitu pada bagian pangkal masing-masing 16,353 Mpa (SBS/PP 50/50) dan 2.324,974 Mpa (SBS/PP 60/40). Hasil ini sesuai dengan Iswanto, dkk. (2010) yang menyatakan bahwa nilai kuat tarik dan MOE yang tinggi ditandai dengan kadar selulosa yang tinggi.

**Gambar 1.** Pengaruh Bagian Batang Sawit dan Nisbah SBS/PP terhadap Kuat Tarik

Hal tersebut dapat diindikasikan bahwa tingginya nilai kuat tarik dan MOE setiap bagian batang sawit membuat banyaknya selulosa dari *filler* SBS yang berikatan dengan matrik PP. Selain itu, tinggi rendahnya nilai kuat tarik dan MOE berbanding lurus dengan banyaknya kadar selulosa pada Tabel 1, artinya semakin tinggi kadar selulosa maka, semakin tinggi pula nilai kuat tarik dan MOE. Parsaulin, dkk. (2015) menyatakan bahwa selulosa yang tinggi akan memudahkan *filler* berikatan dengan matrik karena kekuatan antar muka *filler* dan matrik menjadi lebih tinggi sehingga meningkatkan sifat mekanik WPC.

Namun, hasil MOE berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik jika divariasikan dengan rasio nisbah SBS/PP. Pada Gambar 1, nilai kuat tarik semakin menurun seiring bertambahnya kadar serbuk. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, seperti Febrianto, dkk (2006); Adhikary, dkk (2008); Lubis, dkk. (2009); Bahrudin, dkk. (2011), Bahrudin, dkk. (2015), Ayrilmis, dkk (2015), yang memperoleh simpulan yang sama yaitu semakin banyak kadar serbuk sebagai *filler* maka, semakin menurun sifat kuat tariknya. Misalnya Bahrudin, dkk. (2015) melakukan penelitian pada pelepah sawit dengan variasi nisbah SPS/PP 50/50; 40/60; 30/70 dengan nilai kuat tarik masing-masing ialah 24,861 Mpa; 25,605 Mpa; 25,564 MPa pada MAPP 5%.

**Gambar 2.** Pengaruh Bagian Batang Sawit dan Nisbah SBS/PP terhadap MOE

Hal ini dapat diindikasikan bahwa keadaan ini menjadi tidak seimbang dengan kadar matrik PP yang semakin sedikit. Artinya, interaksi antara keduanya menjadi lemah sebab masih banyak partikel serbuk

batang sawit yang belum berinteraksi dengan PP.

Jika ditinjau pada Gambar 2, nilai MOE meningkat dari SBS/PP (50/50) ke (60/40). Sesuai penelitian Febrianto, dkk. (2006) menggunakan *filler Eucalyptus deglupta* ukuran <120 mesh dan platik PP. Rasio nisbah serbuk dan PP adalah 0:100; 10:90; 20:80; 30:70; 40:60; 50:50; 60:40; 70:30. Hasil yang diperoleh semakin banyak kadar serbuk maka, semakin tinggi nilai MOE. Hal ini dikarenakan, bertambahnya kadar serbuk menyebabkan banyak partikel serbuk yang saling berikatan satu sama lain membentuk ikatan hidrogen yang kuat. Namun, nilai MOE menurun dari SBS/PP (60/40) ke (70/30). Sesuai penelitian Lubis, dkk. (2009) juga memperoleh hasil yang sama dengan Adhikary, dkk. (2008), dimana Lubis, dkk. (2009) menggunakan *coupling agent* MAH dan inisiator DCP, menyebabkan nilai MOE menjadi turun dari kadar serbuk batang sawit/PE (40/60) yaitu 5.000 kgf/cm² ke 3.200 kgf/cm² pada kadar serbuk batang sawit/PE (30/70).

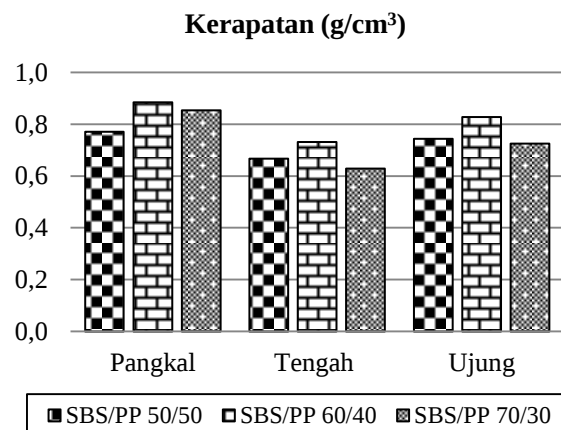
Hal tersebut dapat diindikasikan bahwa perbandingan plastik yang lebih dominan dan perbedaan perbandingan *filler* dan plastik yang semakin besar. Semakin besar perbedaan perbandingan *filler* terhadap matrik mengakibatkan hanya sebagian *filler* yang berikatan dengan PP saat pengempaan sehingga campuran menjadi kurang homogen. Maka, bertambahnya kadar serbuk, kemungkinan banyak terdapat partikel serbuk yang tidak berinteraksi dengan PP.

Standar WPC *USA Standards ASTM d1037-93* (Kronotex, 2017) mensyaratkan nilai kuat tarik ≥ 15 Mpa dan MOE ≥ 2.500 Mpa. Maka, hasil penelitian ini belum memenuhi standar pada nilai MOE. Berbeda pada nilai kuat tarik yang telah mencapai standar kecuali pada bagian tengah batang dengan nisbah (60/40) dan (70/30).

3.3 Sifat Fisik

Sifat fisik bertujuan untuk melihat perubahan secara fisik pada WPC tanpa berhubungan dengan gaya luar. Sifat fisik

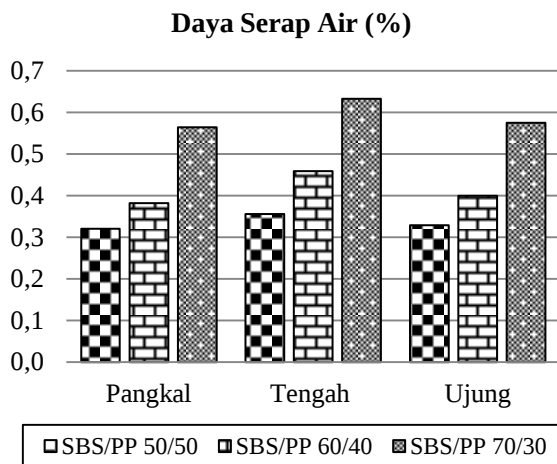
WPC meliputi kerapatan, daya serap air dan pengembangan tebal.



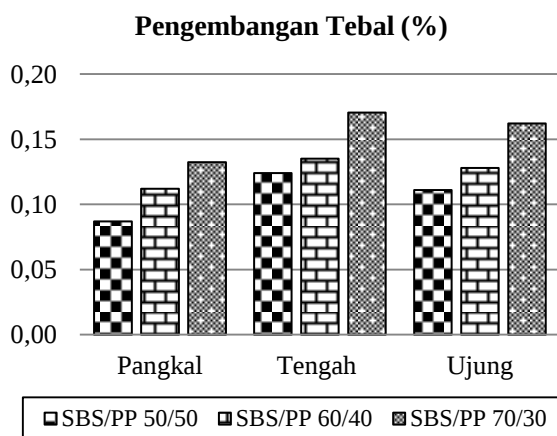
Gambar 3. Pengaruh Bagian Batang Sawit dan Nisbah SBS/PP terhadap Kerapatan

Berdasarkan histogram pada Gambar 3, menunjukkan hasil kerapatan tertinggi pada bagian pangkal batang dengan nisbah SBS/PP (60/40) yaitu 0,885 g/cm³ dan nilai terendah pada bagian tengah dengan nisbah SBS/PP (70/30) 0,629 g/cm³. Nilai kerapatan WPC berbanding lurus dengan nilai MOE. Hasil kerapatan ini tidak beda jauh dari hasil Wardani, dkk. (2013) yang menggunakan pelepah sawit sebagai *filler* dan RPP. Hasil kerapatan yang diperoleh berkisar antara 0,75 g/cm³ – 0,82 g/cm³. Ia menyatakan bahwa kerapatan WPC yang rendah dikarenakan adanya kadar air partikel yang masih tersimpan dalam *filler* sebelum adonan kempa dan menghilang ketika adonan terkena suhu tinggi.

Hal ini dapat diindikasikan bahwa selain dipengaruhi kadar selulosa dan besarnya perbedaan perbandingan nisbah, nilai kerapatan dan MOE juga dipengaruhi oleh berat jenis *filler*. Berat jenis *filler* yang tinggi mengakibatkan penyebaran *filler* ke dalam matrik merata sehingga kerapatan WPC menjadi tinggi. Parsaulian, dkk. (2015) menyatakan bahwa semakin rendah berat jenis partikel menyebabkan partikel tersebut tidak menyebar merata pada proses pencampuran sehingga menyebabkan kerapatan semakin turun.



Gambar 4. Pengaruh Bagian Batang Sawit dan Nisbah SBS/PP terhadap Daya Serap Air



Gambar 5. Pengaruh Bagian Batang Sawit dan Nisbah terhadap Pengembangan Tebal

Berdasarkan histogram Gambar 4 dan 5, menunjukkan bahwa nilai daya serap air WPC berbanding lurus dengan nilai pengembangan tebal WPC yaitu semakin menurun dari tengah, ujung hingga pangkal dan semakin meningkat seiring bertambahnya kadar serbuk. Nilai daya serap air tertinggi pada bagian tengah dengan variasi nisbah SBS/PP (70/30) yaitu 0,633% dan nilai pengembangan tebal terendah yaitu 0,087% pada bagian pangkal dengan variasi nisbah SBS/PP (50/50). Hasil ini sesuai dengan penelitian Adhikary, dkk. (2008) yang menggunakan *Pinus radiata* dan matrik PP. Daya serap air meningkat dari 1,24% (serbuk/PP 40/57) menjadi 1,31% (serbuk/PP 50/47).

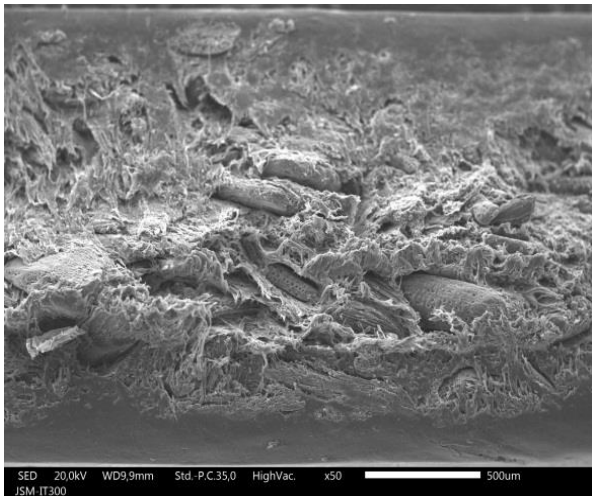
Moon, dkk. (2011) menyatakan bahwa pengurangan sifat higroskopis pada kayu disebabkan terjadinya degradasi struktur *amorphous* yang terdapat pada hemiselulosa. Li, dkk. (2011) menyimpulkan bahwa preparasi kayu menggunakan asam oksalat dapat mengurangi gugus *amorphous* dari hemiselulosa, seperti *arabinan*, *galactan*, *xylan* dan *mannan* namun, tidak mendegradasi selulosa. Iswanto, dkk. (2010) menyatakan bahwa sifat higroskopis kayu yang tinggi terdapat pada dinding sel yang tipis sehingga serat mempertahankan kadar air kesetimbangannya terhadap lingkungan melalui pelepasan dan penyerapan air. Akibatnya terjadi sifat pengembangan dan penyusutan serat yang mempengaruhi stabilitas dimensi serta sifat mekanis dari batang sawit.

Dari pernyataan hasil penelitian-penelitian tersebut, dapat diindikasikan bahwa banyaknya kadar serbuk dapat membuat penyerapan air oleh *filler* semakin besar yang disebabkan sifat dasar serat batang yang higroskopis. Dimana, keadaan ini akan mempengaruhi produk WPC. Berdasarkan teori dan hasil penelitian terdahulu, dapat dinyatakan bahwa pengambilan serat pada penelitian ini adalah acak, yaitu pangkal dan tengah batang area pusat sedangkan ujung batang area tepi batang. Hal itu dikarenakan, semakin besar daya serap air akibat higroskopis kayu yang tinggi, ditandai semakin besar kadar hemiselulosa serat pada Tabel 1. Standar WPC *Chinese* dan *USA Standards* (Kronotex, 2017) yang mensyaratkan kerapatan 1,0 – 1,4 g/cm³ pada GB/T 17657-1999; ASTM D648 daya serap air dan pengembangan tebal masing-masing ≤2% dan ≤1%. Maka, hasil penelitian ini telah memenuhi standar kecuali pada nilai kerapatan.

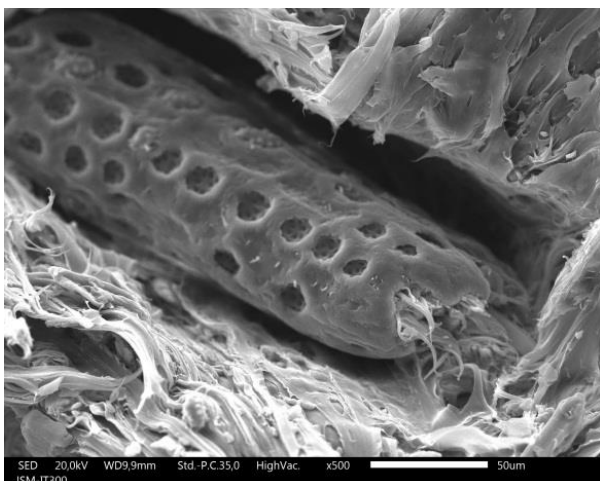
3.4 Sifat Morfologi

Pengujian ini untuk mengamati interaksi partikel serbuk batang sawit dengan PP. Pengujian morfologi dilakukan pada sampel yang memiliki nilai kuat tarik tertinggi, yaitu pangkal batang dengan SBS/PP (50/50). Hasil uji morfologi dapat dilihat pada Gambar 6

untuk melihat penyebaran *filler* ke dalam matrik dan Gambar 7 untuk melihat interaksi antara *filler* dalam matrik.



Gambar 6. Bentuk Morfologi WPC dengan Perbesaran 50x



Gambar 7 Bentuk Morfologi WPC dengan Perbesaran 500x

Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa penyebaran *filler* ke dalam matrik tersebar secara merata. Hal ini ditandai oleh rongga-rongga yang terisi oleh *filler* karena terjadi interaksi antara *filler* dan matrik. Namun, Gambar 7 menunjukkan permukaan *filler* yang terlihat seperti ruang kosong berupa lubang-lubang kecil dan terlepas dari bahan matrik lainnya. Hal ini dikarenakan beberapa alasan. Pertama, terjadinya ruang kosong akibat pematangan sampel saat pengujian morfologi. Kedua, kemungkinan ruang

kosong yang terbentuk dikarenakan campuran WPC masih kurang kompatibel.

4. Kesimpulan

Kadar selulosa batang sawit setelah preparasi asam oksalat meningkat menjadi 64,570%; 62,300%; 64,550%. Posisi bagian batang sawit secara vertikal serta rasio nisbah SBS/PP memberikan pengaruh terhadap sifat WPC, dengan hasil terbaik yaitu bagian pangkal batang dengan rasio nisbah SBS/PP 70/30. Hasilnya ialah kuat tarik 15,125 MPa, MOE 2.308,303 MPa, kerapatan 0.854 g/cm³, daya serap air 0,565%, dan pengembangan tebal 0,133%. Sifat WPC pada penggunaan *filler* yang lebih banyak menjadi hasil terbaik sebab lebih ekonomis pada pemanfaatan plastik dan lebih unggul dalam pemanfaatan limbah.

Daftar Pustaka

- Adhikary, K. B., S. Pang, dan M. P. Staiger. 2008. Dimensional Stability and Mechanical Behaviour of Wood-Plastic Composites based on Recycled and Virgin High-Density Polyethylene (HDPE). *Composites: Part B Engineering* 39: 807-815.
- Ayrlmis, N., A. Kaymakci, dan T. Gulec. 2015. Potential Use of Decayed Wood in Production of Wood Plastic Composite. *Industrial Crops and Products* 74: 279-284.
- Bahrudin, Irdoni, I. Zahrina, dan Zulfansyah. 2011. Studi Pembuatan Material Wood Plastic Composite Berbasis Limbah Pelepah sawit. *Jurnal Teknobiologi*. 2(1):77-84.
- Bahrudin, Z. Helwani, L. Saktiani, Y. Indrawati, dan Fakhri. 2015. Studi Pemanfaatan Limbah Pelepah Sawit untuk Pembuatan Material Wood Plastik Composite. Sustainable Energy and Mineral Processing for National Competitiveness. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2015*, Yogyakarta.
- BPS. 2017. Kepadaran Penduduk Indonesia dan Proyeksi Pendudukan Indonesia.

- <https://www.bps.go.id/website>. Diakses Tanggal 1 Agustus 2017.
- Clemons, C.M. 2002. Wood-Plastic Composites in the United States : The Interfacing Of Two Industries. *Forest Products Journal* 52(6): 10-18.
- Clemons, C.M. dan R.E. Ibach. 2004. Effect of Processing Method and Moisture History on Laboratory Fungal Resistance of Wood-HDPE Composite. *Forest Products Journal* 54(4): 50-57.
- Febrianto, F., D. Setyawati, M. Karina, E. S. Bakar, dan Y. S. Hadi. 2006. Influence of Wood Flour and Modifier Contents on the Physical and Mechanical Properties of Wood Flour-Recycle Polypropylene Composites. *Journal of Biological Science* 6(2): 337-343.
- Forest Watch Indonesia. 2014. fwi.or.id. Diakses Tanggal 19 Juli 2017.
- Isroi. 2008. Karakteristik Lignoselulosa sebagai Bahan Baku Bioetanol, <http://isroi.wordpress.com/2008/05/01/karakteristik-lignoselulosa-sebagai-bahan-baku-bioetanol/>, Diakses Tanggal 19 Juli 2017.
- Iswanto, A. H., T. Sucipto, I. Azhar, Z. Coto, F. Febrianto. 2010. Physical and Mechanical Properties of Palm Oil Trunk from Aek Pancur Farming-North Sumatera. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 3(1): 1-7.
- Kronotex. 2017. Wood Plastic Composite's Parameter. www.kronotex.gr/wp-content/uploads/technical-data.doc. Diakses Tanggal 5 Desember 2017.
- Li, X. Z. Chai, E. Horn, dan J. Winandy. 2011. Effects of Oxalic Acid Pretreatment of Wood Chips on Manufacturing Medium Density Fiberboard. *Holzforschung* 65 pp:737-741.
- Lubis, M. J., I. Risnasari, A. Nuryawan, dan F. Febrianto. 2009. Kualitas Papan Komposit dari Limbah Batang Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*) dan Polyethylene (PE) Daur Ulang. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 19(1): 16-20.
- Moon, R. J., A. Martini, J. Nairn, J. Simonsen, dan J. Youngblood. 2011. Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites. *Chemical Society Reviews* 40(7): 3941 – 3994
- Parsaulian, A. S., Bahruddin, dan Z. Helwani. 2015. Preparasi Pelepah Sawit dengan Asam Oksalat dan Pengaruhnya terhadap Sifat dan Morfologi Wood Plastic Composite. *JOM FTEKNIK* 2(1): 1-8.
- Statistik Perkebunan Indonesia. 2016. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2014-2016. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Wardani, L., M. Y. Massijaya, dan M. F. Machdie. 2013. Pemanfaatan Limbah Pelepah Sawit dan Plastik Daur Ulang (RPP) Sebagai Papan Komposit Plastik. *Jurnal Hutan Tropis* 1(1): 46-53
- Winandy, J. E., N. M. Stark, dan E. Horn. 2008. Wood-Plastic Composites Using Thermomechanical Pulp Made From Oxalic Acid-Pretreated Red Pine Chips. Kassel, Germany: 7th Global WPC and Natural Fibre Composites Congress and Exhibition.