

## Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit Berbasis Sabut Kelapa dan Ampas Tebu dengan Variasi Urea Formaldehid

Nida Haryanti<sup>a</sup>, Irfana Diah Faryuni<sup>a</sup>, Asifa Asri<sup>a\*</sup>, Hasanuddin<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura  
Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia  
\*Email : asifa.asri@gmail.com

### Abstrak

Penelitian papan komposit berbasis sabut kelapa dan ampas tebu telah berhasil dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh komposisi urea formaldehid (UF) terhadap sifat fisis dan mekanis pada papan komposit. Komposisi papan komposit terdiri dari sabut kelapa sebagai *core* dan ampas tebu sebagai *face* dan *back*, dengan UF sebagai perekat. Papan komposit dibuat dengan struktur 3 lapis dengan perbandingan sabut kelapa dan ampas tebu 50:50. Perekat yang digunakan 3 variasi UF, yaitu 6%, 8%, dan 10% dari berat kering partikel masing-masing bahan. Hasil dan metode pengujian papan komposit mengacu pada standarisasi JIS A 5908-2003. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, nilai tertinggi diperoleh pada variasi UF 10% dengan nilai kerapatan sebesar 0,75 g/cm<sup>3</sup>, kuat pegang sekrup sebesar 59 kg, keteguhan rekat internal sebesar 1,3 kg/cm<sup>2</sup>, keteguhan lentur sebesar 1.711,26 kg/cm<sup>2</sup>, keteguhan patah sebesar 26,740 kg/cm<sup>2</sup>, kadar air sebesar 10,86%. Serta nilai pengembangan tebal sebesar 45,03%. Semakin tinggi kadar perekat maka semakin tinggi nilai kerapatan, keteguhan lentur, keteguhan patah, keteguhan rekat internal, kuat pegang sekrup dan menurunkan nilai kadar air serta pengembangan tebal. Nilai kadar air, kerapatan, dan kuat pegang sekrup memenuhi standar JIS A 5908-2003.

**Kata Kunci** : papan komposit, sabut kelapa, ampas tebu, urea formaldehid

### 1. Latar Belakang

Pada tahun 2014 jumlah total produksi kelapa di Kalimantan Barat sebesar 78,6 ribu ton. Sedangkan pada tahun 2015, jumlah total produksi kelapa sebesar 78,8 ribu ton. Sedangkan lahan kelapa yang sudah digunakan pada tahun 2014 seluas 106,8 ribu hektar dan pada tahun 2015 lahan kelapa digunakan seluas 106,7 ribu hektar. Berdasarkan nilai tersebut dapat diketahui bahwa limbah sabut kelapa yang dihasilkan tiap tahun cukup besar [1].

Pemanfaatan tebu selama ini masih terbatas pada industri pengolahan gula yang hanya mengambil airnya. Sekitar 32% ampas tebu dari berat tebu yang digiling. Sebanyak 60% dari ampas tebu dimanfaatkan sebagai bahan bakar, bahan baku industri kertas dan sisanya sebanyak 40% yang belum dimanfaatkan atau dibuang sehingga menjadi limbah [2].

Sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang pengaruh kadar perekat terhadap sifat fisis dan mekanis papan komposit ampas tebu. Kadar perekat yang digunakan bervariasi yaitu 6%, 8%, 10% terhadap berat kering partikel ampas tebu, dengan target kerapatan 0,6 g/cm<sup>3</sup>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar UF berpengaruh terhadap pengembangan tebal, penyerapan air, dan meningkatkan modulus patah, modulus elastisitas dan kuat pegang sekrup [3].

Papan komposit merupakan gabungan dua atau lebih material yang dicampurkan oleh suatu matriks menjadi satu. Bahan komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai pengisi dan bahan pengikat serat yang disebut matriks [4]. Penggunaan serat alam seperti sabut kelapa dan ampas tebu dapat menjadi *filler* dalam komposit karena kandungan selulosa [5].

Penelitian ini menggunakan bahan baku dengan mengkombinasikan sabut kelapa dan ampas tebu, dengan sabut kelapa menjadi serbuk dan ampas tebu berbentuk serat. Adapun papan yang dibuat berbentuk papan komposit *sandwich* tiga lapis dengan sabut kelapa sebagai *core* dan ampas tebu sebagai *face* dan *back*.

### 2. Metodologi

#### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah ayakan 8 mesh, cetakan berukuran (30×30×1) cm, wadah, desikator, gelas ukur, gergaji, jangka sorong, lempeng aluminium 2 buah, mikrometer sekrup, timbangan analitik, *mixer*, mesin *hammer mill*, kempa hidrolik panas (*Hot press*), oven, dan *Universal Testing Machine*. Bahan-bahan yang digunakan sabut kelapa, ampas tebu, aquades, larutan NaOH 5%, urea formaldehid (UF), parafin, dan katalis.

### Persiapan Bahan Baku

Penelitian diawali dengan pengambilan bahan baku yaitu sabut kelapa dan ampas tebu. Sabut kelapa dicuci dan dijemur, sedangkan ampas tebu diawali dengan pembuangan inti tebu (empulur) lalu dicuci dan dijemur. Kemudian masing-masing bahan direndam dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam [6], dibilas dengan aquades hingga serat menjadi bersih. Serat yang sudah bersih dijemur selama 3 hari setiap rendaman. Bahan yang sudah kering dihaluskan menjadi partikel dengan menggunakan ayakan berukuran 8 mesh untuk serat ampas tebu. Selanjutnya masing-masing bahan dipanaskan dengan suhu 60°C selama 24 jam [7]. Bahan partikel serbuk sabut kelapa dan serat ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Serbuk sabut kelapa (b) Serat ampas tebu

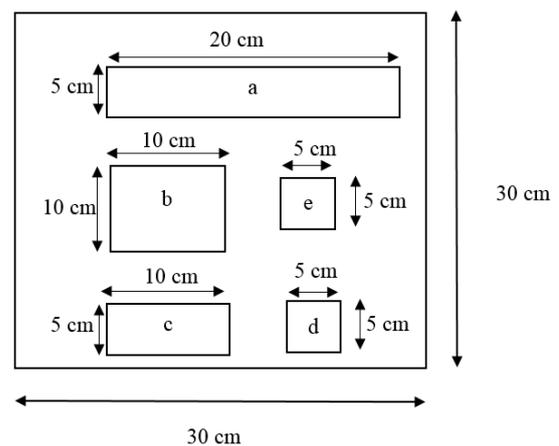
### Pembuatan Papan Komposit

Dilakukan penimbangan massa bahan sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan. Variasi perekat urea formaldehid (UF) yang digunakan 6%, 8%, dan 10% dari berat kering partikel ampas tebu dan serat sabut kelapa. Setiap komposisi papan komposit dibuat 3 sampel (3 ulangan), jadi total sampel 9 sampel. Papan dibuat dengan memasukkan serbuk kelapa sebagai inti (*core*), serat ampas tebu sebagai (*face* dan *back*) dan masing-masing dicampur dengan perekat ke dalam wadah

kemudian diaduk dengan menggunakan *mixer* hingga merata. Kemudian campuran bahan dimasukkan ke dalam cetakan dengan dimensi (30x30x1) cm serta disusun secara acak. Kemudian cetakan ditutup dan ditekan sampai penutup cetakan sudah menekan bahan secara merata dalam cetakan. Bahan yang sudah dicetak kemudian dimasukkan ke dalam mesin *hot press* dengan tekanan 25 kg/m<sup>2</sup> pada suhu 150°C dan waktu 10 menit [8]. Papan komposit yang sudah dicetak didiamkan selama 7 hari untuk menyeragamkan kadar air dan menghilangkan tegangan sisa yang terbentuk selama proses pengempaan. Selanjutnya dilakukan pemotongan untuk pengujian [9].

### Pemotongan Papan Komposit

Papan komposit dipotong-potong sesuai dengan contoh ukuran uji dan dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis. Pola pemotongan contoh uji papan dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemotongan contoh uji (tampak atas)

Keterangan :

- Contoh uji kekakuan dan keteguhan patah berukuran (5x20x1) cm.
- Contoh uji kerapatan dan kadar air berukuran (10x10x1) cm.
- Contoh uji kuat pegang sekrup berukuran (5x10x1) cm.
- Contoh uji pengembangan tebal berukuran (5x5x1) cm.
- Contoh uji keteguhan rekat internal berukuran (5x5x1) cm.

### Pengujian Papan Komposit

#### a. Kadar Air

Contoh uji berukuran (10x10x1) cm ditimbang berat awalnya, kemudian dioven pada suhu  $102 \pm 3^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Setelah itu dimasukkan ke dalam desikator untuk menstabilkan kadar air. Kadar air papan dihitung berdasarkan persamaan (1) [10].

$$K_A = \frac{B_a - B_k}{B_k} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan :

$K_A$  = kadar air (%)

$B_a$  = massa awal bahan sebelum dikeringkan (gram)

$B_k$  = massa kering bahan setelah dikeringkan (gram)

### b. Kerapatan

Contoh uji berukuran (10x10x1) cm dalam keadaan kering ditimbang beratnya serta diukur panjang, lebar dan tebal untuk mencari nilai kerapatan. Kerapatan dihitung berdasarkan persamaan (2) [10].

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Keterangan :  $\rho$  = kerapatan (g/cm<sup>3</sup>)

$m$  = massa bahan (gram)

$V$  = volume bahan (cm<sup>3</sup>)

### c. Pengembangan Tebal

Contoh uji berukuran (5x5x1) cm direndam dalam air selama 24 jam. Kemudian dapat dihitung pengembangan tebal papan komposit yang menyerap air berdasarkan persamaan (3) [10].

$$P = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

$P$  = pengembangan tebal (%)

$T_1$  = tebal bahan sebelum perendaman (cm)

$T_2$  = tebal bahan setelah perendaman (cm)

### d. Keteguhan Lentur (MOE)

Pengujian MOE papan komposit bersamaan dengan pengujian modulus patah, tetapi hanya saja yang dicatat dalam pengujian ini yaitu perubahan defleksi untuk setiap perubahan beban tertentu. Modulus elastisitas dihitung berdasarkan persamaan (4) [11].

$$E = \frac{\Delta p l^3}{4bh^3 \Delta \delta} \quad (4)$$

Keterangan :  $E$  = modulus elastisitas (kg/cm<sup>2</sup>)

$\Delta p$  = rentang beban yang diterima sampel (kg)

$l$  = jarak bentangan (cm)

$b$  = lebar (cm)

$h$  = tebal (cm)

$\Delta \delta$  = rentang defleksi (cm)

### e. Keteguhan Patah (MOR)

Pengujian MOR dilakukan dengan mesin uji universal dengan contoh uji berukuran (5x20x1) cm jarak pada penyangga yang digunakan 15 cm. Keteguhan patah dihitung berdasarkan persamaan (5) [11].

$$MOR = \frac{3pl}{2bh^2} \quad (5)$$

Keterangan : MOR = modulus patah (kg/cm<sup>2</sup>)

$p$  = massa maksimum yang diterima sampel (kg)

$l$  = jarak bentangan (cm)

$b$  = lebar (cm)

$h$  = tebal (cm)

### f. Keteguhan Rekat Internal

Contoh uji berukuran (5x5x1) cm direkatkan pada dua buah plat besi, menggunakan lem lilin dibiarkan mengering kemudian balok besi tersebut ditarik secara berlawanan sampai pada beban maksimum (sampel rusak). Keteguhan rekat dapat dihitung berdasarkan persamaan (6) [10]:

$$IB = \frac{P}{A} \quad (6)$$

Keterangan: IB = keteguhan rekat (kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = massa maksimum yang diterima sampel (kg)

$A$  = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

### g. Kuat Pegang Sekrup

Pengujian menggunakan contoh uji berukuran (5x10x1) cm dan sekrup berdiameter 2,7 mm dengan panjang 16 mm. Sekrup dipasang pada contoh uji sampai kedalaman 8 mm. Nilai kuat pegang sekrup merupakan massa maksimum saat sekrup tercabut dari contoh uji dalam satuan (kg). Nilai kuat pegang sekrup dapat dihitung berdasarkan persamaan (7) [12]:

$$KPS = P_{\max} \quad (7)$$

Keterangan: KPS = Kuat pegang sekrup (kg)

$P_{\max}$  = massa maksimum (kg)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Pabrikasi Papan Komposit

Papan komposit dibuat dengan menggunakan bahan sabut kelapa sebagai *core* dan ampas tebu sebagai *face* dan *back*. Bahan tersebut direndam selama 2 jam dengan larutan NaOH 5%. Perendaman dilakukan untuk menghilangkan hemiselulosa dan pektin yang kurang efektif [5]. Struktur papan yang dibuat berbentuk papan komposit *sandwich* tiga lapis dengan sabut kelapa sebagai *core* dan ampas tebu sebagai *face* dan *back*. Komposit *sandwich*

dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi [13]. Oleh karena itu untuk mendapatkan karakteristik tersebut, di antara kedua *face* dan *back* dipasang *core*. Komposit *sandwich* dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kekuatan yang tinggi. Sabut kelapa berbentuk partikel sedangkan ampas tebu berbentuk serat dengan ukuran ayakan 8 mesh. Hal ini dikarenakan serat ampas tebu yang memiliki ukuran lebih besar dari partikel sabut kelapa dapat berperan sebagai penguat pada papan komposit yang dihasilkan [14].



(a)

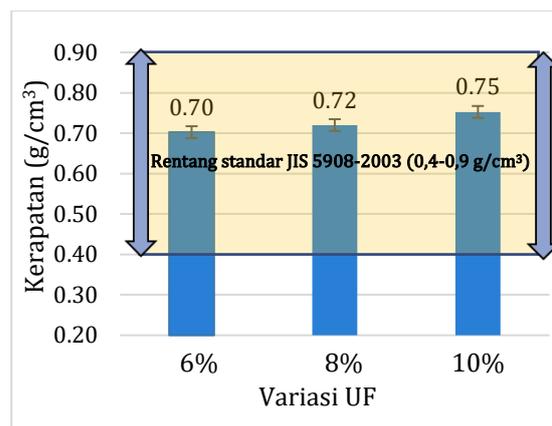


(b)

Gambar 3. Papan komposit: (a) Tampak samping (b) Tampak atas

#### a. Kerapatan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai kerapatan pada papan komposit yang disajikan pada Gambar 3 berkisar antara 0,70 gram/cm<sup>3</sup> sampai 0,75 gram/cm<sup>3</sup>. Kerapatan tertinggi terdapat pada sampel dengan 10% urea formaldehid sedangkan yang terendah terdapat pada sampel dengan 6% urea formaldehid. Secara keseluruhan kerapatan papan komposit yang dibuat melalui penelitian sudah memenuhi standar JIS A 5908-2003.



Gambar 4. Grafik Kerapatan Papan Komposit terhadap variasi UF

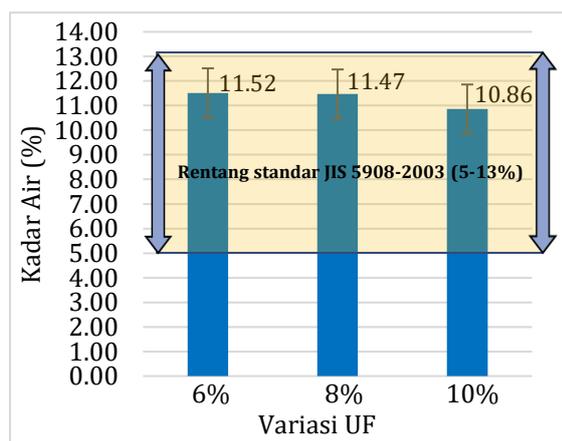
Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai kerapatan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan jumlah UF. Semakin tinggi komposisi perekat yang digunakan maka nilai kerapatan papan komposit semakin baik. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya kadar perekat maka papan komposit semakin padat dan mengakibatkan penyebaran perekat di dalam bahan lebih merata. Sehingga kerapatan yang dihasilkan akan lebih besar dibanding dengan kadar perekat yang rendah [15].

Penelitian ini menggunakan target awal kerapatan 0,7 gram/cm<sup>3</sup> dan semuanya memenuhi nilai kerapatan yang ditargetkan. Hal ini bersesuaian bahwa nilai kerapatan papan komposit yang dihasilkan berhubungan dengan variasi perekat yang digunakan [7].

#### b. Kadar Air

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai kadar air pada papan komposit sebesar 11,52% sampai 10,86%. Kadar air tertinggi pada sampel dengan 6% urea formaldehid, sedangkan yang terendah terdapat pada sampel dengan 10% urea formaldehid. Nilai kadar air pada papan komposit sudah memenuhi standar JIS A 5803-2003.

Kadar air yang terkandung pada papan komposit dihasilkan oleh beberapa faktor, yaitu kadar air pada bahan baku, jumlah air dalam perekat, dan sejumlah air yang menguap selama proses pengempaan [16]. Selain itu, proses pendiapan papan komposit dalam jangka waktu yang cukup lama menyebabkan papan komposit mengalami interaksi dengan udara yang mengandung uap air dan menyebabkan peningkatan kadar air papan komposit.

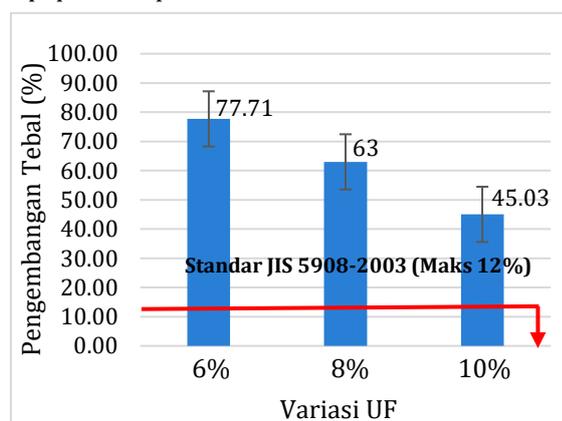


Gambar 5. Grafik Kadar Air Papan Komposit terhadap variasi UF

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 terlihat bahwa dengan penambahan UF nilai kadar air semakin menurun. Hal ini merupakan hal yang baik karena saat kadar airnya sedikit, maka pengembangan tebalnya akan menurun sehingga kualitas dari papan komposit akan lebih baik [17]. Selain itu, nilai kadar air juga dipengaruhi oleh kerapatan papan komposit, semakin tinggi kerapatan papan komposit maka semakin kecil kadar air papan komposit. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya komposisi perekat yang digunakan, kontak antar partikel semakin rapat sehingga air tersebut sulit masuk di antara partikel serat [18].

### c. Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal adalah pertambahan tebal papan setelah mengalami perendaman selama 24 jam [19]. Saat direndam, air akan masuk ke dalam pori-pori pada bahan penyusun papan komposit.



Gambar 6. Grafik Pengembangan Tebal Papan Komposit terhadap variasi UF

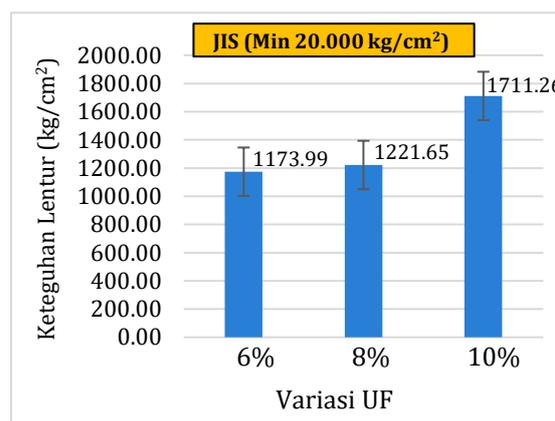
Pada Gambar 6 nilai pengembangan tebal papan komposit berkisar antara 77,71% sampai

45,03%. Persentase pengembangan tebal tertinggi terdapat pada sampel yang diberikan urea formaldehid sebanyak 6%. Keseluruhan nilai pengembangan tebal pada papan komposit yang dihasilkan belum memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan nilai pengembangan tebal maksimal 12%.

Penambahan persentase perekat dalam pembuatan papan komposit dapat mengurangi penyerapan air sehingga pengembangan tebal papan komposit menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak UF digunakan akan meningkatkan ikatan antar partikel dan lebih banyak memasuki rongga-rongga kosong dalam struktur serat sabut kelapa dan ampas tebu [3]. Selain kadar perekat yang digunakan, penambahan parafin ke dalam adonan akan meningkatkan sifat fisis papan yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian [7] yaitu penggunaan parafin yang digunakan dalam adonan menurunkan nilai pengembangan tebal papan komposit, dikarenakan parafin berfungsi sebagai penghambat air masuk kedalam papan komposit.

### d. Keteguhan Lentur (MOE)

Nilai MOE papan komposit yang dibuat berkisar 1.173,99 kg/cm<sup>2</sup> sampai 1.711,26 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai MOE tertinggi pada sampel dengan variasi perekat 10%. Sedangkan MOE terendah dimiliki oleh sampel dengan penambahan perekat 6%. Nilai MOE papan komposit yang dibuat belum memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan sebesar minimal 20.000 kg/cm<sup>2</sup>.



Gambar 7. Grafik MOE Papan Komposit terhadap variasi UF

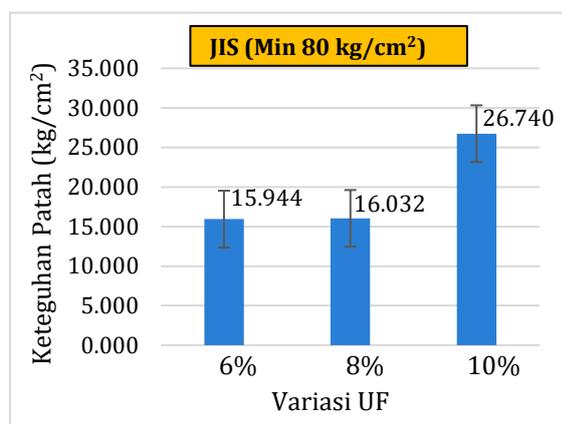
Hasil kekuatan lentur yang masih jauh di bawah standar diakibatkan karena ukuran serat yang pendek mengakibatkan rendahnya saling keterkaitan antar partikel dan kecilnya kadar perekat sehingga kekuatan papan komposit menurun [20]. Pada umumnya, semakin

meningkatkan nilai MOE papan komposit maka struktur papan semakin kuat atau tahan terhadap perubahan bentuk sehingga kemampuannya dalam menahan beban juga semakin besar.

Pada Gambar 7 terlihat bahwa saat UF ditambah 10% nilai MOE mengalami peningkatan dibandingkan sampel yang lain. Hal ini dikarenakan nilai kerapatan sampel tersebut adalah nilai yang paling besar. Dengan bertambahnya kadar perekat maka papan komposit akan semakin padat dan mengakibatkan penyebaran perekat di dalam bahan lebih merata. UF yang lebih merata dapat mengikat bahan baku pada papan komposit lebih kuat dibandingkan dengan sampel kadar UF yang rendah.

#### e. Keteguhan Patah (MOR)

Nilai keteguhan patah pada papan komposit yang dibuat sebesar 15,944 kg/cm<sup>2</sup> sampai 26,740 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai rata-rata papan yang tertinggi pada perekat yang 10% sedangkan yang terendah pada perekat yang 6%. Keseluruhan nilai keteguhan patah belum memenuhi standar JIS A 5980-2003 yang mensyaratkan sebesar minimal 80 kg/cm<sup>2</sup>.



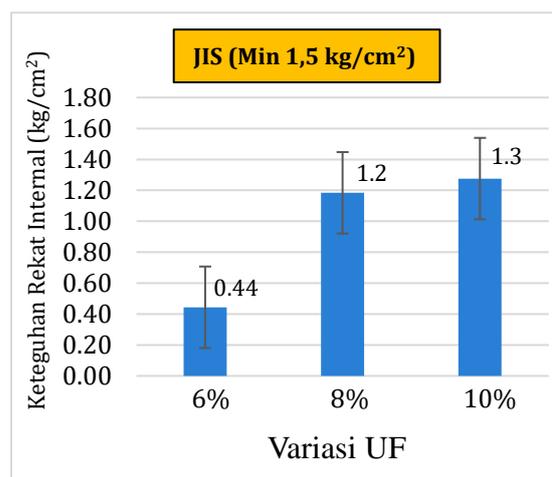
Gambar 8. Grafik MOR Papan Komposit terhadap variasi UF

Hasil uji menunjukkan terdapat perbedaan nilai keteguhan patah kadar perekat 6% , 8% dan 10%. Semakin tinggi kadar perekat semakin tinggi nilai keteguhan patahnya. Nilai MOR bersesuaian dengan nilai MOE, bahwa semakin tinggi nilai MOR maka nilai MOE juga akan semakin meningkat. Nilai MOR papan komposit akan meningkat pada kadar perekat yang lebih besar dikarenakan ikatan antar partikel yang terjadi pada papan komposit semakin kuat [7]. Hal ini memicu peningkatan kemampuan perekat dalam mengikat bahan baku sehingga secara struktural kekuatan

komposit akan meningkat. Oleh sebab itu sampel uji akan lebih kuat saat kadar UF ditambah [3].

#### f. Keteguhan Rekat Internal (IB)

Nilai keteguhan rekat internal pada papan komposit yang dibuat sebesar 0,44 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai keteguhan rekat internal tertinggi terdapat pada papan komposit dengan komposisi perekat 10%, sedangkan yang terendah terdapat pada dengan perekat 6%.



Gambar 9. Grafik Keteguhan Rekat Internal Papan Komposit terhadap Variasi UF

Pada saat pengujian, bagian papan yang rusak atau terlepas sebagian besar terdapat pada lapisan serbuk sabut kelapa (*core*). Sifat serbuk sabut kelapa yang rapuh menyebabkan kekuatannya menjadi rendah serta berdasarkan ukuran partikel yang kecil maka serbuk membutuhkan perekat yang lebih banyak. Dalam hal ini perekat yang digunakan pada pencampuran serbuk jumlahnya tidak menutupi luas permukaan serbuk [8].

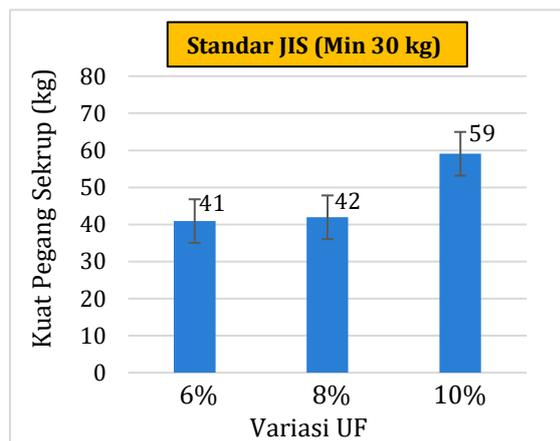
Pada umumnya, sifat keteguhan rekat internal akan semakin baik dengan bertambahnya jumlah perekat yang digunakan dalam proses pembuatan papan komposit. Hal ini disebabkan makin banyak perekat, nilai kerapatan semakin meningkat. Kerapatan yang tinggi karena UF mengikat bahan baku lebih optimal dibandingkan dengan papan komposit dengan kadar UF rendah.

#### g. Kuat Pegang Sekrup

Nilai kuat pegang sekrup pada papan komposit yang dibuat sebesar 41 kg sampai 59 kg. Nilai kuat pegang sekrup yang tertinggi terdapat pada sampel dengan perekat 10%, sedangkan yang terendah terdapat pada sampel perekat 6%. Nilai kuat pegang sekrup keseluruhan telah memenuhi standar JIS A

5908-2003 yang mensyaratkan nilai minimal 30 kg.

Faktor yang menyebabkan nilai kuat pegang sekrup yang dihasilkan tinggi adalah tingginya nilai kerapatan. Papan komposit yang padat menambah kuat pegang sekrup [21]. Selain itu, faktor partikel serat sabut kelapa memiliki luas bidang rekat yang besar sehingga kontak antara papan komposit dengan perekat menjadi lebih besar [8].



Gambar 10. Grafik Kuat Pegang Sekrup Papan Komposit terhadap Variasi UF

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, nilai uji sampel yang paling mendekati standar JIS A 5908-2003 (nilai terbaik) diperoleh pada sampel dengan variasi UF 10% dengan nilai kerapatan sebesar  $0,75 \text{ g/cm}^3$ , kuat pegang sekrup sebesar 59 kg, keteguhan rekat internal sebesar  $1,3 \text{ kg/cm}^2$ , keteguhan lentur sebesar  $1.711,26 \text{ kg/cm}^2$ , dan keteguhan patah sebesar  $26,740 \text{ kg/cm}^2$ , serta terjadi penurunan nilai kadar air sebesar 10,86% dan penurunan nilai pengembangan tebal sebesar 45,03%. Nilai kadar air, kerapatan, dan kuat pegang sekrup memenuhi standar JIS A 5908-2003.

#### Daftar Pustaka

- [1] Statistik, B. P., Produksi Perkebunan Rakyat Menurut Jenis Tanaman di Indonesia. Indonesia: Badan Pusat Statistik, 2016.
- [2] Subroto., Karakteristik Pembakaran Biobriker Campuran Batu Bara, Ampas Tebu dan Jerami. Jurnal Media Mesin, 7 (2), 47-54, 2006.
- [3] Supriadi, M. I. Iskandar. & A., Pengaruh Kadar Perekat Terhadap Sifat papan komposit Ampas Tebu. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol. 31 (No.1), pp. 19-26, 2013.
- [4] Andhitiya, M. R., Pengaruh Variasi Jumlah Sel pada Konfigurasi Penampang terhadap Gaya Remuk Rata-Rata (MFC) pada Material Struktur Panel *Sandwich*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019.
- [5] Erwin & Anjiu, L. D., Upaya Peningkatan Kualitas Sifat Mekanik Komposit Polyester Dengan Serat Bundung (*Scirpus Grossus*). POSITRON, Vol.VI, (No.2), pp. 77-81, 2016.
- [6] Maryanti, B., Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelap-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. Jurnal Rekayasa Mesin, 2(2), pp. 123-129, 2011.
- [7] Erwan, Faryuni, I. D. & Wahyuni, D., Sintesis Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Papan Komposit Dari Limbah Pelepeh Sawit dan Sabut Kelapa. PRISMA FISIKA, Vol. III (No.3), pp. 93-100, 2015.
- [8] Suherti., Sifat Fisik dan Mekanik Papan komposit dari Kulit Durian dengan Konsentrasi Urea Formalldehyde yang Berbeda. Pontianak: Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura, 2014.
- [9] Ariyani, M. S., Kualitas Papan Komposit dari Sabut Kelapa (*Cocos nucifera, L.*). Bogor: Institut Pertanian, 2009.
- [10] Maloney, T. M., *Modern Particle Board and Dry Process Fibre Board Manufacturing*. Miller Freeman, Inc. Fransisco, 1993.
- [11] Haygreen, J. G. dan Bowyer, J. L., Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Edisi ketiga, Sujipto, A.H, penerjemah; Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari: *Forest Product and Wood Science*, 1996.
- [12] Wastu, R. E. K. J., Kualitas Papan Komposit dari Log Diameter Kecil. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian, 2011.
- [13] Astika, I. M. & Gusti Komang, I. D., Pengaruh perlakuan Serat Tapis Kelapa terhadap Kekuatan Lentur Skin Komposit *Sandwich*. Jurnal Energi dan Manufaktur, Vol 10 (No.1), pp. 23-28, 2017.
- [14] Riki, Dirmansyah, M. Dan Setyawati, D., Sifat Fisik-Mekanik Papan Partikel dari Limbah Finir Berdasarkan Jumlah Lapisan dan Kerapatan. Jurnal Hutan Lestari, 6(4): 720-732, 2018.
- [15] Dani, A. L., Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Perekat Gambir (*Uncaria gambir, Roxb*) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Dari Sabut Buah Pinang. Padang: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas, 2016.
- [16] Prasetyani SR, Ruhendri S., Keteguhan Rekat Internal papan komposit Ampas

Tebu Dengan Swa Adhesi Dan Perekat Urea Formaldehida. Bogor: Institut Pertanian, 2009.

- [17] Yanto, F., Pengaruh Variasi Prosentasi Berat Urea Formaldehida Terhadap Sifat Mekanik Papan Komposit Dari Tongkol Jagung Dan Serat Kelapa. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, 2016.
- [18] Munawarah, J., Ekstraksi Tanin dari Limbah Serbuk Gergajian kayu Bengkirai (*Shorea Leavis Ridl*) sebagai Perekat Papan Komposit Kayu Bengkirai (*Shoea Leavis Ridl*). Pontianak: Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura, 2005.
- [19] Iswanto., Pengaruh Perendaman Sifat Fisis dan Mekanis papan komposit dari Ampas Tebu (*Saccarum officinarum*). Jurnal Perennial, Vol. 4 (1), pp. 6-9, 2007.
- [20] Suroto., Pengaruh Ukuran dan Konsentrasi Perekat terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Limbah Rotan. Jurnal Riset Industri Hutan. Vol 2. (No.2), pp. 18-30, 2010.
- [21] Anggrainie, O., Setyawati, D. & N., Kualitas Papan Komposit dari Sabut Kelapa dan Limbah Plastik Berlapis Bambu dengan Variasi kerapatan dan Lama Perendaman NaOH. Jurnal Hutan Lestari, Vol 1. (No 3), pp. 408-416, 2013.