

PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis*) DAN SERBUK KAYU JATI (*Tectona Grandis*) DALAM PEMBUATAN HURUF TIMBUL KOMPOSIT BERUPA PAPAN PARTIKEL

*THE USE OF EMPTY FRUIT BUNCH OF PALM OIL (*Elaeis*) AND TEAK SAWDUST (*Tectona Grandis*) IN MAKING COMPOSITE LETTER SIGN IN THE FORM OF PARTICLE BOARDS*

Anerasari Meidinariasty¹, Fadarina², Muhammad Hadiid Fadhllillah^{*1}

¹(Program Studi Teknologi Kimia Industri / Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya)

Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139, Telp. (0711) 353414,116 / Fax (0711) 355918

Email: *mhadiidf@gmail.com

ABSTRACT

Composite letter sign can be made from particle board. This study aims to produce composite letters sign in the form of particle board with the raw materials of Empty Bunch of Oil Palm, Teak Sawdust and Low Density Polyethylene (LDPE) recycled plastics using the hot press method. This study used variations in the concentration of NaOH in the alkalization process. The concentration variations used were 0%, 1%, 2%, 3%, 4% and 5%. The particle board was analyzed based on SNI 03-2105-2006 including moisture content, water absorption, density, thickness expansion, modulus of rupture and modulus of elasticity. The results of the analysis showed that in the test of water absorption, density and thickness expansion did not significantly influence the variation in NaOH concentration. However, in the test of water content, modulus of rupture and modulus of elasticity have an effect, this is indicated by the increasing concentration of NaOH, the more the quality of the particle board increases. The particle board used NaOH 5% concentration variations became the most optimum with water content data of 2.85%, modulus of rupture of 194.65 kgf/cm² and modulus of elasticity of 7007.90 kgf/cm².

Key words: Particle Board, Composite Letter Sign, Empty Bunch of Palm Oil, Teak Sawdust, Low Density Polyethylene Plastic, SNI.

1. PENDAHULUAN

Permasalahan mengenai ketersediaan bahan baku industri perkayuan mendorong penelitian tentang pemanfaatan material berlignoselulosa semakin berkembang. Beberapa jenis produk yang telah dikembangkan adalah papan serat dan papan partikel. Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat sintesis atau bahan pengikat lain dan dikempa dengan panas (Muzata, 2015).

Menurut penelitian yang dilakukan Lestari dkk. (2018) papan partikel dapat dibuat dengan serat tandan kosong kelapa sawit dan serbuk kayu akasia tanpa menggunakan proses alkalisasi atau proses penurunan kadar lignin menggunakan zat basa. Hasilnya membuat sifat

fisik dari papan partikel memenuhi syarat SNI 03-2105-2006. Namun, sifat mekaniknya tidak memenuhi syarat SNI 03-2105-2006. Menurut penelitian Malino dkk. (2016) papan partikel yang dibuat dari serat tandan kosong kelapa sawit dan serbuk sekam padi dengan menggunakan konsentrasi NaOH (w/v) pada proses alkalisasi. Hasilnya baik sifat fisik maupun sifat mekanik menjadi lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya.

Menurut penelitian Sari (2011), limbah plastik dapat dimanfaatkan sebagai perekat dalam pembuatan papan partikel (*particle board*). Sehingga limbah plastik dapat digunakan sebagai salah satu bahan baku pada industri pembuatan papan partikel (Septiari dkk, 2014).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka timbul keinginan peneliti untuk

melakukan penelitian dengan memvariasikan konsentrasi zat basa pada proses alkalisasi, yang mana zat basa yang digunakan adalah NaOH, kemudian menggunakan limbah plastik LDPE sebagai perekat. Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH (%) pada proses alkalisasi sehingga dihasilkan huruf timbul komposit berupa papan partikel yang sesuai SNI 03-2105-2006.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah tandan kosong kelapa sawit dari PT Daya Semesta Agro Persada, serbuk kayu jati dari Depot Kayu HB Palembang, biji plastik LDPE dan pelarut *xylene*. Peralatan yang digunakan adalah alat tekan panas Hung Ta, cetakan papan partikel berbahan kuningan, alat uji mekanik Humboldt, oven, gelas kimia 500 ml, ember, aluminium foil dan peralatan yang umum digunakan di laboratorium atau bengkel.

2.2 Pembuatan Papan Partikel

Pembuatan papan partikel dengan perekat LDPE ini menggunakan metode *Hand lay-up* yang dimana akan dibentuk menjadi huruf timbul komposit.

Penelitian diawali dengan persiapan bahan baku dan pencacahan serat tandan kosong kelapa sawit dengan ukuran 3-5 cm. Huruf timbul komposit berupa papan partikel dibuat dengan ukuran 20 cm x 15 cm x 1 cm. Bahan isian yang berupa tandan kosong kelapa sawit dan serbuk kayu jati direndam dalam larutan NaOH (alkalisasi). Variasi konsentrasi NaOH sebagai parameter yang akan diamati adalah 0% (tanpa perendaman), 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Variasi konsentrasi yang digunakan adalah berat per volume (w/v). Semua bahan disusun di cetakan berbahan kuningan dengan komposisi 15 gr serat tandan kosong kelapa sawit, 15 gr serbuk kayu jati, 70 gr perekat LDPE dan penambahan 10 ml *xylene* untuk menurunkan titik leleh LDPE. Panas yang digunakan adalah 115 °C dan tekanan yang digunakan adalah 10 kgf/cm² dalam waktu 1 jam.

Prosedur analisa mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-2006. Parameter yang dianalisa yaitu:

- Kadar air,
- Daya serap air,
- Pengembangan tebal (*swelling*),
- Kerapatan,
- Kuat lentur dan
- Kuat elastisitas.

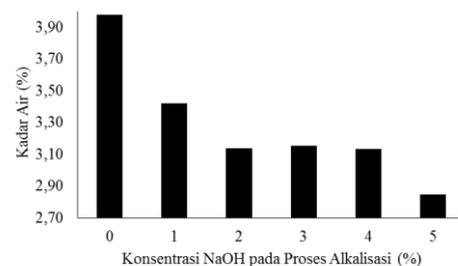
Analisa kadar air, kerapatan, pengembangan tebal dan daya serap air dilakukan dengan metode pengeringan menggunakan oven pada temperatur 100°C. Sedangkan kuat lentur dan kuat elastisitas dengan alat uji tekan material Humboldt.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hubungan antara Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Kadar Air.

Nilai kadar air papan partikel berkisar antara 2,85 – 3,98 %. Grafik kadar air papan partikel dengan variasi konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Hubungan Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Kadar Air

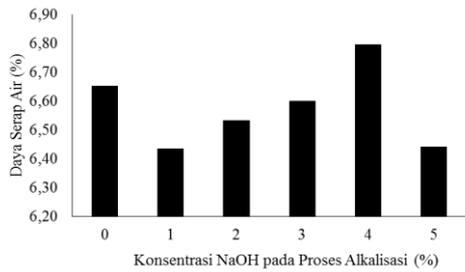


Gambar 1 menunjukkan bahwa kadar air papan partikel memiliki kecenderungan semakin menurun seiring penambahan konsentrasi larutan NaOH pada proses alkalisasi. Nilai kadar air tertinggi terdapat pada konsentrasi 0 % NaOH (tanpa perendaman) yaitu 3,98 % dan kadar air terendah terdapat pada konsentrasi 5 % NaOH yaitu sebesar 2,85 %. Hasil yang didapat disebabkan oleh perlakuan alkalisasi pada bahan isian berupa tandan kosong kelapa sawit dan serbuk kayu jati. Proses alkalisasi menyebabkan berkurangnya massa pada bahan isian, yang dibuktikan pada saat penimbangan awal dan setelah proses alkalisasi tersebut. Meskipun perlakuan pengeringan di setiap variasi sama, namun apabila massa bahan isian semakin berkurang maka semakin berkurang pula media untuk air terkandung di dalamnya.

3.2 Hubungan antara Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Daya Serap Air.

Pengukuran nilai daya serap air dengan perendaman selama 24 jam dilakukan untuk mengetahui pertambahan nilai penyerapan air papan partikel. Pengujian ini menggunakan sampel yang telah dipotong dengan ukuran 5 cm x 5 cm. Grafik nilai daya serap air papan

partikel selama 24 jam dapat dilihat pada Gambar 2.



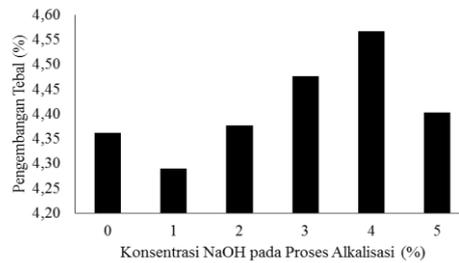
Gambar 2. Hubungan Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Daya Serap Air

Gambar 2 menunjukkan bahwa variasi konsentrasi larutan NaOH proses alkalisasi tidak terlalu mempengaruhi uji daya serap air. Kurva grafik cenderung mengalami naik turun seiring dengan bertambahnya konsentrasi pada larutan NaOH. Namun, nilai daya serap air yang diperoleh tidak terlalu jauh, dengan nilai daya serap air paling rendah adalah 6,43 % dan nilai daya serap air paling tinggi adalah 6,80 %. Nilai daya serap air yang cenderung tidak terlalu jauh disebabkan tidak banyaknya variasi yang digunakan dalam pembuatan sampel, sementara itu variasi konsentrasi larutan NaOH pada proses alkalisasi juga tidak terlalu mempengaruhi sifat fisik berupa daya serap air. Pada sampel 5 % dan 1 % daya serap air memiliki nilai lebih rendah dibandingkan sampel yang lain, hal ini disebabkan tekanan kempa yang diberikan pada proses pembuatan papan partikel sebesar 10 kgf/cm². Sedangkan nilai daya serap air sampel 0 % yang lebih tinggi dibandingkan 1 % dan 5%, lalu dimulai dari sampel 1 % sampai 4 % nilai daya serap air mengalami kenaikan diakibatkan karena tekanan tidak konstan dan berdampak pada kerapatan sampel papan partikel dan mempengaruhi kualitas pada daya serap air dan pengembangan tebal.

3.3 Hubungan antara Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Pengembangan Tebal.

Pengukuran pengembangan tebal dilakukan bersamaan dengan pengukuran daya serap air dengan perendaman selama 24 jam pada setiap sampel. Pengujian ini menggunakan sampel yang telah dipotong dengan ukuran 5 cm x 5 cm sesuai ketentuan SNI 03-2105-2006. Analisa pengembangan tebal dilakukan dengan membandingkan tebal awal sebelum perendaman dan tebal akhir setelah perendaman. Pengukuran ketebalan dilakukan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian

0,05 mm. Grafik pengembangan tebal papan partikel dapat dilihat pada Gambar 3.



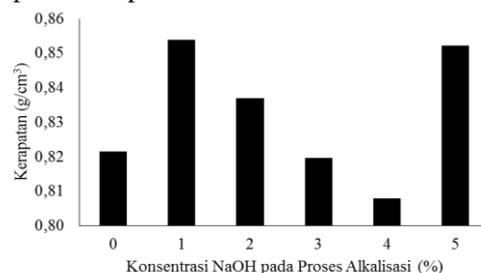
Gambar 3. Hubungan Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Pengembangan Tebal

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai pengembangan tebal umumnya berbanding lurus dengan nilai daya serap air semakin besar nilai daya serap air maka semakin besar pula nilai pengembangan tebal demikian sebaliknya. Pengembangan tebal papan partikel memiliki kecenderungan naik turun dengan nilai pengembangan tebal paling rendah adalah 4,29 % dan paling tinggi 4,57 %. Dari semua sampel yang diuji, semuanya memenuhi syarat SNI 03-2105-2006 yaitu dengan nilai dibawah 12 %.

Nilai pengembangan tebal berbanding lurus dengan nilai daya serap air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Haygreen dan Bowyer (1996), yang mengemukakan bahwa meningkatnya kadar air papan partikel mengakibatkan timbulnya pengembangan partikel kayu dan melemahnya ikatan antar partikel sehingga partikel-partikel kayu dapat membebaskan diri dari tekanan yang dialami pada waktu pengempaan. Semakin tinggi penyerapan air, maka akan meningkatkan pengembangan tebal papan partikel.

3.4 Hubungan antara Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Kerapatan.

Hasil analisa kerapatan papan partikel berkisar antara 0,81 gr/cm³ – 0,85 gr/cm³. Grafik nilai kerapatan papan partikel dengan variasi konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi dapat dilihat pada Gambar 4.



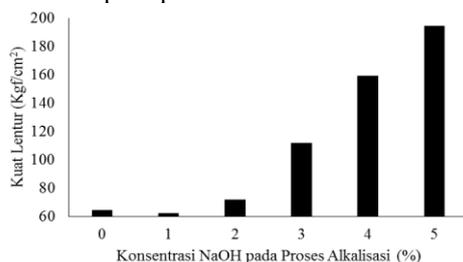
Gambar 4. Hubungan Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Kerapatan

Gambar 4 menunjukkan bahwa kerapatan papan partikel memiliki kecenderungan naik turun. Dimana kerapatan terendah dimiliki oleh sampel 4 % dan kerapatan tertinggi dimiliki oleh sampel 1 %. Dari semua sampel yang dibuat, semuanya memenuhi syarat uji kerapatan berdasarkan SNI 03-2105-2006 yaitu antara 0,4 – 0,9 %. Dari hasil yang didapat proses alkalisasi tidak terlalu mempengaruhi sifat fisik kerapatan, dengan hasil yang didapat tak berkisar jauh, cenderung berkisar di angka 0,8 %. Di lain kasus, tekanan pada proses kempa ikut mempengaruhi nilai kerapatan yang didapatkan oleh sampel. Sampel 1 % dan 5 % memiliki nilai kerapatan paling tinggi karena dikempa dengan tekanan yang konstan 10 kgf/cm².

Hasil uji kerapatan menunjukkan bahwa nilai kerapatan yang dihasilkan tidak jauh berbeda, berkisar antara 0,79-0,88 g/cm³ dan variasi konsentrasi NaOH tidak mempengaruhi nilai kerapatan. Nilai kerapatan yang cenderung naik turun, diakibatkan tekanan yang diberikan saat proses pencetakan tidak konstan, hal ini terjadi karena alat *Hot Press* sedikit mengalami masalah pada alat penekannya yang mana penekan hidrolik mengalami kobocoran oli ringan, sehingga tekanan yang diberikan tidak dapat konstan (berkisar 9-10 kgf/cm²).

3.5 Hubungan antara Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Kuat Lentur.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh nilai kuat tekan papan partikel untuk setiap variasi konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Kuat Lentur

Kuat Lentur merupakan besaran dalam bidang teknik yang menunjukkan beban maksimum yang dapat di tahan oleh material (dalam hal ini papan komposit plastik)

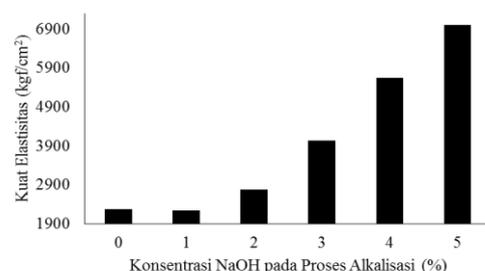
persatuan luas sampai material tersebut patah (Muthia, 2010). Nilai kuat lentur pada penelitian ini sudah sesuai dengan standar SNI 03-2105-2006 yang menetapkan nilai kuat lentur optimal > 80 Kgf/cm². Ukuran partikel yang semakin kecil membuat nilai kuat lentur semakin rendah. Maloney (1993) menyatakan bahwa sifat akhir yang dipengaruhi oleh ukuran partikel antara lain sifat mekanis, stabilitas dimensi, karakteristik permukaan papan dan sifat pengerjaan mesin.

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai kuat lentur tertinggi sebesar 194,65 kgf/cm² pada sampel 5 % dan nilai kuat lentur terendah sebesar 62,46 kgf/cm² pada sampel 1 %. Kurva grafik cenderung naik dimulai dari sampel 1% sampai 5 %, namun sempat mengalami penurunan dari 0 % ke 1 %. Pengaruh sampel 1 % yang lebih tebal membuat nilai kuat lentur mengalami penurunan meskipun tak terlalu jauh dari sampel 0 %. Disamping itu, hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi membuat keteguhan lenturnya semakin baik. Menurut SNI 03-2105-2006, dimulai dari sampel 3 % sampai 5 % telah memenuhi standar, namun 0 % sampai 2 % belum memenuhi standar, yaitu dengan standar nilai diatas 82 kgf/cm².

Semakin tinggi konsentrasi NaOH, maka semakin besar pula nilai kuat lenturnya. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi, maka kadar selulosa semakin meningkat dan meningkatkan gaya adhesi pada papan partikel, sehingga kuat kuat lentur semakin meningkat.

3.6 Hubungan antara Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Kuat Elastistas.

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh nilai kuat elastistas papan partikel untuk setiap variasi konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Variasi Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Terhadap Kuat Elastistas

Gambar 6 menunjukkan bahwa diperoleh nilai kuat elastisitas yang didapatkan cenderung naik, namun pada sampel 1 % kurva sedikit mengalami penurunan. Pengaruh sampel 1 % yang lebih tebal dari sampel 0 % membuat nilai kuat elastisitas mengalami penurunan. Dimulai dari sampel 1 % sampai 5 %, kurva terus mengalami kenaikan. Hasil tersebut variasi mempengaruhi kuat elastisitas.

Gambar 6 menunjukkan bahwa tidak ada satupun sampel yang memenuhi syarat SNI 03-2105-2006, dengan standar nilai yang seharusnya diatas 20.400. Nilai kuat elastisitas dipengaruhi oleh nilai defleksi yang diperoleh pada saat pengujian, yang mana nilai defleksi adalah jarak dari sampel papan saat dalam keadaan normal sampai papan mencapai

kelengkungan maksimumnya. Kelengkungan maksimum papan dapat diindikasikan pada saat sampel papan telah patah saat pengujian mekanik. Meskipun nilai defleksi yang didapat dari setiap sampel tidak jauh berbeda, namun beban yang dibutuhkan untuk mematahkan sampel papan semakin besar seiring dengan penambahan konsentrasi NaOH. Hal ini disebabkan gaya adhesi yang semakin meningkat karena pengaruh konsentrasi NaOH yang semakin tinggi.

3.7 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu.

Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu.

Bahan Serat	Bahan Perekat	Sifat Fisik			Sifat Mekanik			Referensi
		Kadar air (%)	Daya Serap Air (%)	Swelling (%)	Kerapatan (g/cm ³)	Kuat Lentur (kgf/cm ²)	Kuat Elastisitas (kgf/cm ²)	
Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serbuk Sekam Padi	Urea Formaldehida	6,58	-	8,7	0,70	140,10	15458,89	Malino dkk., 2016
Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serbuk Kayu Akasia	Urea Formaldehida	3,07	-	-	0,61	25,41	2847,68	Lestari dkk., 2018
Batang Ubi Kayu	LDPE	2,21	-	6,46	0,58	142,37	30501,62	Pratama dkk., 2020
Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serbuk Kayu Jati	LDPE	2,85	6,44	4,40	0,85	194,65	7007,90	Hasil Penelitian

Tabel 1 menunjukkan perbandingan hasil penelitian dan penelitian terdahulu, dengan membandingkan bahan serat, bahan perekat dan parameter uji pengujian. Salah satu pengujian yang dilakukan berupa sifat fisik. Berdasarkan

uji kadar air, Hasil Penelitian lebih baik dibandingkan penelitian Malino dkk. (2016) dan Lestari dkk. (2018), namun tidak lebih baik dari penelitian yang dilakukan Pratama dkk. (2020). Hal ini dapat terjadi karena ukuran dan

susunan partikel, serta jenis bahan serat yang digunakan. Hasil uji *swelling* pada Tabel 1, menunjukkan hasil penelitian lebih baik dari dua penelitian terdahulu. Peneliti saat ini menggunakan komposisi 70% perekat dan 30% bahan serat, namun peneliti sebelumnya menggunakan bahan perekat yang lebih sedikit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hal ini disebabkan penyusunan bahan serat dan perekat, serta komposisi dari kedua bahan tersebut mempengaruhi *swelling*. Berdasarkan uji kerapatan, penelitian Pratama dkk. (2020) menjadi yang paling rapat, hal ini disebabkan bahan baku serat yang berbeda, yaitu batang ubi kayu. Batang ubi kayu mempunyai serat yang lebih rapat dibandingkan tandan kosong kelapa sawit.

Berdasarkan sifat mekanik, Tabel 1 menunjukkan perbandingan antara kuat lentur dan kuat elastisitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat lentur dari peneliti saat ini adalah yang terbaik. Namun, kuat elastisitasnya tidak lebih baik dari penelitian yang dilakukan Malino dkk. (2016) dan Pratama dkk. (2020). Penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit yang berbentuk lurus dan memanjang membuat kondisi papan partikel tidak kaku, selain itu penggunaan perekat LDPE yang cenderung lunak membuat kelenturan dari papan partikel tersebut menjadi baik dan tidak mudah patah. Hal ini berbanding terbalik dengan kuat elastisitas pada penelitian saat ini, karena bentuk serat yang memanjang dan perekat yang lunak, membuat nilai kuat elastisitas terpengaruh oleh nilai defleksi yang besar. Penelitian yang dilakukan Pratama dkk. (2020) menggunakan bahan serat batang ubi kayu yang memiliki serat rapat, sehingga menghasilkan nilai defleksi yang rendah sehingga kuat elastisitasnya menjadi yang paling baik.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Papan partikel yang dihasilkan mengacu pada SNI 03-2105-2006 dengan kualitas sebagai berikut:
 - Kadar air paling rendah diperoleh dari alkalisasi dengan NaOH 5% senilai 2,85% dan memenuhi syarat SNI 03-2105-2006 yaitu kadar air kurang dari sama dengan 14%.
 - Pengembangan tebal papan partikel memiliki nilai rata-rata 4,41% dan memenuhi syarat SNI 03-2105-2006 yaitu pengembangan tebal kurang dari sama dengan 12%.

- Kerapatan papan partikel memiliki nilai rata-rata 0,83 g/cm³ dan memenuhi syarat SNI 03-2105-2006 yaitu kerapatan antara 0,4 - 0,9 g/cm³.
- Kuat lentur paling tinggi diperoleh dari alkalisasi dengan NaOH 5% senilai 194,65 kgf/cm² dan memenuhi syarat SNI 03-2105-2006 yaitu kuat lentur lebih dari sama dengan 82 kgf/cm².
- Kuat elastisitas paling tinggi diperoleh dari alkalisasi dengan NaOH 5% senilai 7.007,90 kgf/cm² dan belum memenuhi syarat SNI 03-2105-2006 yaitu kuat elastisitas lebih dari sama dengan 20.400 kgf/cm².

2. Papan partikel yang dialkalisasi dengan NaOH 5% menjadi papan partikel paling optimum untuk digunakan dalam pembuatan huruf timbul komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2006. *Mutu Papan Partikel SNI 03-2105-2006*. Bogor: Pusat Standardisasi dan Lingkungan Departemen Kehutanan. (diakses pada 5 April 2020).
- Haygreen, J.G. dan Bowyer J.L. 1996. *Forest Products and Wood Science- An Introduction*, Fourth edition. Iowa State University Press.
- Lestari, R. Y., Harsmuono, D., Cahyana, B. T., Atmaja, B. T. dan Asmoro, W.A. 2018. *Tingkat Redaman Suara Papan Komposit Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Serbuk Kayu Akasia. Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Inovasi Tahun 2018*, Surabaya: 18 Maret 2018. (diakses pada 2 Agustus 2020).
- Malino, M., Januerty dan Lapanporo, B. 2016. *Aplikasi Asam Maleat Dalam Minyak Jarak Pada Pembuatan Papan Partikel Berbasis Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit/Serbuk Sekam Padi*. Jurnal Prisma Fisika. Vol. 4 No.1. Universitas Tanjungpura. (diakses pada 5 Juni 2020).
- Maloney. T. M. 1993. *Modern Particle Board and Dry Process Fiberboard Manufacturing*. Inc San Fransisco: Miller Freeman Inc.
- Muthia, R. (2010). *Ketahanan Papan Komposit dari Limbah Batang Kelapa Sawit*

(Elais guineensis Jacq) dan Plastik Polipropilena Terhadap Cuaca. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. (diakses pada 24 April 2020).

Muzata, M.A. 2015. *Pembuatan Particle Board dari Ampas Tebu (Saccharumofficinarum) Berbasis Perekat Limbah Plastik Polipropilena dan Polistirena,* Laporan Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya.

Pratama, F. M. E., Widodo, L. U., Prastya S. M. 2020. *Pemanfaatan Limbah Batang Ubi Kayu Dan Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Papan Partikel.* *Journal of Reasearch and Technology.* Vol. 6 No. 1. Departemen Teknik Kimia UPN "Veteran" Jatim. (diakses pada 2 Agustus 2020).

Purba, D. 2011. *Pembuatan dan Karakterisasi Papan Partikel Komposit dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Pengikat Polietilena Kerapatan Tinggi Hasil Daur Ulang.* Tesis. Universitas Sumatera Utara. (diakses pada 6 April 2020).

Sari, M. N. 2011. *Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel dari Limbah Plastik Jenis HDPE (High Density Polyethylene) dan Ranting/Cabang Karet (Hevea Brasiliensis Muell. Arg).* Jurnal Riset Hasil Hutan, Vol.3 No.1. Banda Aceh: Universitas Syah Kuala (diakses pada 24 April 2020).

Septiari, I. A. P. W., Karyasa, I. W., dan Kartowarsono, N. 2014. *Pembuatan Papan Partikel dari Limbah Plastik Polyprophylene (PP) dan Tangkai Bambu.* *E-Journal Kimia Visvitalis.* Vol. 2 No.1. (diakses pada 25 April 2020).