

LAPORAN TAHUN TERAKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI
(PTUPT)



REKAYASA TEKNOLOGI BIOPRODUK MEDIUM DENSITY FIBREBOARD
DARI LIMBAH RUMPUT LAUT *Kappaphycus alvarezii* DAN *Gracilaria
verrucosa*

TAHUN KE-3 DARI RENCANA 3 TAHUN

PROF. MOCH. AMIN ALAMSJAH, IR., M.SI., PH.D.	0016017002
PROF. DR. SRI SUBEKTI, DEA., DRH.	0017055202
KUSTIAWAN TRI PURSETYO, S.PI., M.VET.	0006118303

DIBIYAI OLEH :

DIREKTORAT RISET DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
SESUAI DENGAN PERJANJIAN PENDANAAN PENELITIAN DAN
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
NOMOR : 122/SP2H/PTNBH/DRPM/2018

UNIVERSITAS AIRLANGGA

NOVEMBER 2018

KKC
KK
LP36/19
Ala
r

LAPORAN TAHUN TERAKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI
(PTUPT)



REKAYASA TEKNOLOGI BIOPRODUK MEDIUM DENSITY FIBREBOARD
DARI LIMBAH RUMPUT LAUT *Kappaphycus alvarezii* DAN *Gracilaria
verrucosa*

TAHUN KE-3 DARI RENCANA 3 TAHUN

PROF. MOCH. AMIN ALAMSJAH, IR., M.SI., PH.D.	0016017002
PROF. DR. SRI SUBEKTI, DEA., DRH.	0017055202
KUSTIAWAN TRI PURSETYO, S.PI., M.VET.	0006118303

DIBIYAI OLEH :

DIREKTORAT RISET DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
SESUAI DENGAN PERJANJIAN PENDANAAN PENELITIAN DAN
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
NOMOR : 122/SP2H/PTNBH/DRPM/2018

UNIVERSITAS AIRLANGGA

NOVEMBER 2018



HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Rekayasa Teknologi Bioproduk Medium Density
Fibreboard dari Limbah Rumput Laut Kappaphycus
alvarezii dan Gracilaria verrucosa

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : Ir MOCHAMMAD AMIN ALAMSJAH, M.Si, Ph.D
Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga
NIDN : 0016017002
Jabatan Fungsional : Guru Besar
Program Studi : Akuakultur
Nomor HP : 082225262554
Alamat surel (e-mail) : alamsjah@fpk.unair.ac.id

Anggota (1)
Nama Lengkap : Dr. drh. SRI SUBEKTI
NIDN : 0017055202
Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga

Anggota (2)
Nama Lengkap : KUSTIAWAN TRI PURSETYO S.Pi
NIDN : 0006118303
Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 3 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 100,000,000
Biaya Keseluruhan : Rp 272,938,000



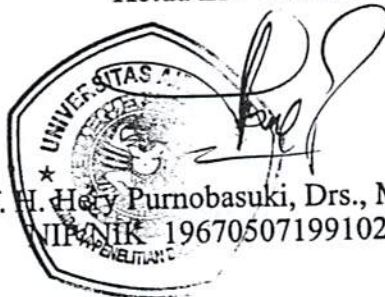
Mengetahui,
Dekan FPK UNAIR
(Prof. Dr. Mirni Lamid, MP., drh.)
NIP/NIK 196201161992032001

Kota Surabaya, 7 - 11 - 2018

Ketua,

(Ir MOCHAMMAD AMIN ALAMSJAH, M.Si,
Ph.D)
NIP/NIK 197001161995031002

Menyetujui,
Ketua LPI UNAIR



(Prof. H. Hedy Purnobasuki, Drs., M.Si., Ph.D.)
NIP/NIK 196705071991021001

RINGKASAN

Rekayasa Teknologi Bioproduk Medium Density Fibreboard Dari Limbah Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*

Upaya untuk konservasi hutan Indonesia menjadi prioritas pembangunan yang sangat diperlukan dalam menjaga keseimbangan ekosistem serta menghemat penggunaan kayu hutan dengan bijaksana. Beberapa produk alternatif seperti halnya papan komposit sangat ideal dikembangkan sebagai pengganti produk utama kayu karena memiliki keunggulan antara lain adalah bahan bakunya dapat diperoleh dari berbagai limbah non kayu. Salah satu bentuk pemanfaatan kayu sebagai bahan baku industri yang mempunyai prospek pemasaran dalam negeri dan ekspor yang cerah adalah industri papan serat kayu berkerapatan sedang yang dikenal dengan *Medium Density Fibreboard* (MDF). Dekade terakhir menunjukkan bahwa kebutuhan MDF berkembang pesat di Asia Pasifik dan Eropa hingga mencapai lebih 15% per tahun. MDF dibuat dari serat lignoselulosa yang dikombinasikan dengan resin sintetik atau ikatan lain yang sesuai dengan perlakuan temperatur tinggi dan tekanan. Komponen utama pembentukan MDF adalah lignoselulosa yang bisa diperoleh dari bahan kayu, jerami, rumput-rumputan, limbah pertanian/hutan, limbah industri (kayu, kertas) dan bahan berserat lainnya. Lignoselulosa mengandung tiga komponen penyusun utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin, dimana limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*, yang sudah mengalami ekstraksi karagenan dan agar masih memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup sebagai bahan dasar pembuatan MDF. Rekayasa teknologi bioproduk MDF dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* merupakan upaya alternatif yang sangat menguntungkan bagi keseimbangan ekosistem maupun inovasi teknologi yang ramah lingkungan.

Indikator capaian tahunan pada tahap I adalah diperolehnya teknologi tepat guna berupa bioproduk Medium Density Fibreboard dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* serta publikasi ilmiah Internasional. Capaian tahap II adalah mampu mengidentifikasi struktur pori lapisan yang terbentuk dan tingkat toxicity bioproduk Medium Density Fibreboard dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* serta publikasi ilmiah Internasional, selanjutnya pada tahap III diupayakan mampu melakukan transfer teknologi kepada masyarakat melalui aplikasi lapangan dan distribusi pemasaran bioproduk Medium Density Fibreboard dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* serta publikasi ilmiah Internasional.

Kata Kunci : Medium Density Fibreboard, limbah rumput laut, *Kappaphycus alvarezii*, *Gracilaria verrucosa*



SUMMARY

Engineering of bioproduct technology of medium density fibreboard from waste seaweed of *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria verrucosa*

The effort to for conservation the jungle of indonesia become a priority for was needed to keep the ecosystem stability as well as save some spaces at the use of its wood the forest with wise. Some of the products an alternative as composite boards or frames of the female frog dilates during birth is very ideal developed as a substitute for of the main product of wood due to having an edge between other is feedstocks can be obtained from a variety of any type of waste you non wood. One form of the use of timber as the raw material for an industry that have the prospect of marketing in public and export industry bright is density of fiberboard wood being known as medium density fiberboard (MDF). The last decade shows that the needs MDF developed rapidly in the Asia Pacific region and Europe until it reaches more 15 % per year. Made up of fibers MDF lignocellulose which is combined with a synthetic resins or tie treatment in accordance with high temperatures and pressure. Among the main components of the formation of MDF is lignocelluloses which can be collected through of material wood, hay, an agricultural waste / the forest, the industrial wastes (wood, paper) and other fibrous material., Lignocellulose containing three components of the major composer, that is cellulose , hemicellulose, and lignin, where waste seaweed *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria verrucosa*, already suffering the extraction of customs and excise authorities to carrageenan and owning amount minimize lignocelluloses which is quite as an ingredient of a basis for creating the MDF. It can be overcome with technology engineering design of bio product MDF out of a waste seaweed *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria verrucosa* is an effort of an alternative that extremely beneficial for the for ecosystem stability as well as technological innovations that more energy efficient environmentally friendly.

The achievement of indicators annual in phase I is procures efficient technology in the form of medium density bioproduk fibreboard from the wastes seaweed *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria verrucosa* and international scientific publication .The achievement of phase II is able to identify pore structure of whose layers formed and the level of toxicity bioproduk medium density fibreboard from the wastes seaweed *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria verrucosa* and international scientific publication , the authorities had been proposing in phase III are capable of doing to transfer technology to the masses through the application of the court and the distribution of medium density marketing bioproduct fibreboard from the wastes seaweed *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria verrucosa* and international scientific publication

Keywords : Medium Density Fibreboard, limbah rumput laut, *Kappaphycus alvarezii*, *Gracilaria verrucosa*

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah swt. atas segala karunia-Nya sehingga dapat terselesaikan laporan kemajuan tahun pertama Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi dengan judul Rekayasa Teknologi Bioproduk Medium Density Fibreboard dari Limbah Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*.

Peneliti juga menyampaikan terima kasih atas dukungan dana Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi dalam rangka penyelesaian Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi tersebut, demikian juga bantuan semua pihak yang turut serta secara tidak langsung dalam penyelesaian laporan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi tersebut.

Dalam penyusunan laporan penelitian tahun terakhir tersebut, peneliti menyadari masih banyak kekurangan sehingga saran dan kritik yang membangun sangat kami harapkan demi kesempurnaan laporan penelitian tersebut.

Surabaya, November 2018

Hormat kami,

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	11
BAB 4. METODE PENELITIAN	13
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	22
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Pengujian keteguhan lentur (MOE) dan keteguhan patah (MOR)	17
Gambar 4.2 Pengujian internal bond	18
Gambar 4.3 Sekrup	18
Gambar 5.1. Structure porositas green polybag dari limbah rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i> dan <i>Kappaphycus alvarezii</i> pada hari ke-0, 7, 14 dan 21	21
Gambar 5.2 Kandungan mineral green polybag dari limbah rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i> dan <i>Kappaphycus alvarezii</i> pada hari ke-0, 7, 14 dan 21.....	22

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik Medium Density Fibreboard (MDF)	6
Tabel 2.2 Klasifikasi Papan Serat Berdasarkan Kerapatan (Kollmann et al.,1975 dalam Putri, 2009)	6
Tabel 2.3 Road Map Penelitian Universitas Airlangga	10
Tabel 5.1. Rata-Rata Kerapatan MDF (<i>Medium Density Fibreboard</i>)	22
Tabel 5.2 Rata-Rata Kadar Air MDF (<i>Medium Density Fibreboard</i>)	23
Tabel 5.3 Rata-Rata Daya Serap Air MDF (<i>Medium Desnsity Fibreboard</i>)	24
Tabel 5.4 Rata-Rata Pengembangan Tebal MDF (<i>Medium Density Fibreboard</i>)	25
Tabel 5.5 Rata-Rata Keteguhan Lentur (MOE) MDF (<i>Medium Density Fibreboard</i>)	26
Tabel 5.6 Rata-Rata Keteguhan patah (MOR) MDF (<i>Medium Density Fibreboard</i>)	27
Tabel 5.7 Rata-Rata Keteguhan Rekat (<i>Internal bond</i>) MDF (<i>Medium Density Fibreboard</i>)	28
Tabel 5.8 Rata-Rata Kuat Pegang Sekrup MDF (<i>Medium Density Fibreboard</i>)	29
Table 5.9 Data kualitas media tanah	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dukungan Sarana dan Prasarana Penelitian	46
Lampiran 2. Artikel Ilmiah	47
Lampiran 3. Publikasi Ilmiah	63
Lampiran 4. Acceptance Letter INCOFIMS 2018	71
Lampiran 5. Formulir Permohonan Pendaftaran Merek	72
Lampiran 6. Buku Referensi “Limbah Rumput Laut Sebagai Produk Medium Density Fibreboard (MDF)	75

BAB 1. PENDAHULUAN

Keberadaan rumput laut sebagai kegiatan budidaya alternatif selain menangkap ikan sudah banyak dilakukan oleh nelayan Indonesia saat ini, meskipun produk yang dihasilkan masih berbentuk rumput laut kering (*raw material*). Produksi rumput laut kering Indonesia, terutama *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* pada tahun 2010 sebesar 800.000 ton/tahun merupakan kontributor 50% produsen dunia, dimana 85% produknya diekspor, selanjutnya oleh importer diproses menjadi bahan industri pangan maupun produk kesehatan serta kosmetik. Indonesia telah memiliki 34 industri pengolahan rumput laut untuk di proses menjadi carrageenan dan agar namun pemanfaatan limbah rumput laut sebagai produk yang berdaya guna belum menjadi fokus perhatian. Limbah yang dihasilkan biasanya hanya dibiarkan menumpuk di lokasi penimbunan. Meski tidak berbahaya, timbunan limbah tersebut berpotensi menimbulkan masalah pencemaran, terutama jika lokasi penimbunan sudah tidak mampu menampung limbah hasil produksi (Saputra, 2011). Afrianto dan Liviawati (1993) serta Ilknur dan Cirik (2004) serta Basmal (2011) bahkan menyebutkan bahwa manfaat rumput laut tidak hanya sebagai sebagai bahan pangan, namun pemanfaatan sebagai bahan farmasi maupun bahan baku industri juga perlu dieksplorasi lebih lanjut, demikian juga pemanfaatan limbah rumput laut sebagai bahan alternatif pembuatan papan komposit.

Papan komposit sangat ideal dikembangkan sebagai pengganti produk utama kayu karena memiliki keunggulan antara lain adalah bahan bakunya dapat dari berbagai limbah non kayu (Wulandari, 2013). Salah satu bentuk pemanfaatan kayu sebagai bahan baku industri yang mempunyai prospek pemasaran dalam negeri dan ekspor yang cerah adalah industri papan serat kayu berkerapatan sedang yang dikenal dengan *Medium Density Fibreboard* (MDF). Dalam 10 tahun terakhir ini konsumsi MDF berkembang pesat di Asia Pasifik berkisar 16-17% per tahun dan di Eropa 15% per tahun (Toha, 1994 dalam Effendi, 2001). MDF dibuat dari serat lignoselulosa yang dikombinasikan dengan resin sintetik atau ikatan lain yang sesuai dengan perlakuan temperatur tinggi dan tekanan (Mahzan, 2011). Perekat merupakan bahan yang sangat penting di dalam pembuatan produk komposit karena dapat menentukan kualitas produk hasil rekatannya (Sulastiningsih dkk., 2013). Perekat merupakan salah satu bahan utama yang sangat penting karena berperan 20-60% dari seluruh biaya produksi pada industri kaya majemuk (Santoso, 2012).



Hasil penelitian Luthfy (1988) tentang kandungan rumput laut dari jenis *Eucheuma cottoni* melaporkan bahwa rumput laut jenis *E. cottoni* memiliki kandungan kadar abu 19,92%, protein 2,80%, lemak 1,78%, serat kasar 7,02% dan karbohidrat merupakan kandungan yang cukup tinggi pada rumput laut *E. cottoni* yaitu sekitar 68,48%. Karbohidrat memiliki kandungan lignoselulosa, dimana merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Wiratmaja dkk., 2011). Pada penelitian terdahulu lainnya tentang rumput laut *E. cottoni* menjelaskan bahwa kandungan komponen selulosa sebesar 17,47%; hemiselulosa 21,16% dan lignin 8,23% (Sintaria, 2012). Bahan-bahan berlignoselulosa dapat diolah menjadi suatu produk yang dapat menggantikan kayu solid, yaitu produk papan komposit. Papan komposit adalah produk kayu yang terbuat dari potongan yang lebih kecil dan direkat bersama-sama (Risnasari, 2008). Produk-produk papan komposit antara lain adalah papan lamina, papan partikel dan papan serat (Wulandari, 2013). Papan serat merupakan salah satu produk panel kayu yang dihasilkan dari pengempaan panas serat kayu atau bahan berlignoselulosa lain dengan ikatan utama berasal dari bahan baku yang bersangkutan atau bahan lain (khususnya perekat) untuk memperoleh sifat khusus. Produk papan serat memiliki banyak jenis salah satunya yaitu *Medium Density Fiberboard* (MDF) yang merupakan produk panel kayu yang terbuat dari serat berlignoselulosa dengan kerapatan 0,4 sampai 0,8 g/cm³ (Maloney, 1993).

Furniture yang memakai bahan MDF biasa dipakai untuk *furniture* praktis yang diproduksi masal oleh pabrik. Sistem *knock down* digunakan hampir di semua industri *furniture* dengan menggunakan dowel (batang kayu atau plastik kecil) atau *connecting bolt* yang membuat produk dapat dibongkar pasang dengan mudah. Latar belakang dibuatnya MDF adalah dikarenakan kebutuhan industri dengan bahan baku kayu yang semakin hari semakin sangat meningkat tajam. Indikasi ini dapat dilihat dengan tumbuh suburnya industri *furniture* dan industri lain yang menggunakan bahan dasar dari kayu. Dari tumbuh suburnya industri tersebut di atas, jika bahan baku yaitu berupa kayu tidak tersedia secara berkelanjutan (luas hutan sebagai penghasil kayu pasti tidak bertambah) maka industri tersebut lama kelamaan akan mengalami kebangkrutan. Dari analisis ini maka dibuatlah semacam kayu olahan yang diciptakan sebagai pengganti kebutuhan kayu untuk industri *furniture*.

Selama ini kebutuhan MDF di dalam negeri masih harus diimpor dari Singapura, Taiwan dan Malaysia sebesar 200-300 ribu m³ per tahun. Peningkatan konsumsi MDF ini dikarenakan pemanfaatannya yang serbaguna, terutama untuk berbagai keperluan interior. MDF lebih fleksibel

dalam penggunaannya dibandingkan kayu lapis dan papan partikel, sehingga MDF pada masa mendatang akan dapat menggantikan kedua jenis panel tersebut. Selain itu MDF mempunyai kerapatan dan kekerasan yang seragam dibandingkan panel atau papan serat lainnya sehingga penggunaannya makin meluas antara lain untuk mebel (*furniture*), *moulding*, *interior*, *window frame*, *door skins*, kotak TV, radio, dan barang dekoratif lainnya. Kapasitas produksinya meningkat pesat terutama di Eropa dan pada tahun 2000 produksi MDF diproyeksikan mencapai jumlah 20 juta m³, negara-negara penghasil MDF tersebut antara lain adalah Italia, Jerman, Spanyol, Perancis, Portugal dan Inggris (Effendi, 2001).

Produksi papan serat dari sisa-sisa produksi kayu merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah kelangkaan kayu saat ini, baik sebagai bahan baku papan struktural (papan konstruksi) maupun nonstruktural (interior dan pelapis). Produk komposit tersebut dapat berupa papan partikel, papan serat, OSB, *comply*, WPC dan produk komposit lainnya (Hakim dkk., 2011). Dalam pembuatannya MDF umumnya menggunakan serbuk kayu yang berasal dari pepohonan, hal ini memicu hubungannya dengan isu lingkungan global terkait keberadaan pepohonan merupakan sumber O₂ dan penyerap CO₂ (diperkirakan, setiap tahun dilepaskan 18,35 miliar ton CO₂).

Limbah rumput laut juga merupakan bahan sisa (*waste product*) yang masih mengandung lignoselulosa. Oleh karena itu hal ini akan menarik dan sangat berguna untuk diteliti dan dimanfaatkan menjadi papan komposit sebagai alternatif lain bahan baku industri yang dapat dijadikan produk panel. Berdasarkan hal tersebut perlu dikaji tentang rekayasa teknologi limbah rumput laut sebagai bahan alternatif pengganti serbuk kayu untuk pembuatan MDF yang berkualitas dan berdaya guna sekaligus upaya alternatif yang sangat menguntungkan bagi keseimbangan ekosistem maupun inovasi teknologi yang ramah lingkungan.

Fokus tahun ketiga penelitian pembuatan limbah rumput laut sebagai MDF adalah identifikasi struktur pori lapisan yang terbentuk dan aplikasi bioproduk Medium Density Fibreboard terpilih dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. Hal ini sangat dibutuhkan untuk memperkuat korelasi uji mekanis, uji teknis dan uji biologis yang dihasilkan dengan aplikasi bioproduk MDF berbasis limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* di lapangan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Rumput laut atau *seaweed* merupakan salah satu tumbuhan laut yang tergolong dalam makroalga benthik yang banyak hidup melekat di dasar perairan. Rumput laut merupakan ganggang yang hidup di laut dan tergolong dalam divisi *thallophyta* (Suparmi dan Sahri, 2009). Jenis rumput laut yang dikembangkan di Indonesia adalah jenis alga merah yang umumnya diusahakan secara komersil misalnya *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* yang dibudidayakan terutama di perairan pantai atau laut. Berdasarkan morfologinya, rumput laut tidak memperlihatkan adanya perbedaan antara akar, batang dan daun. Tubuhnya berupa *thallus* yang memiliki bentuk yang bermacam-macam. *Thallus* ini ada yang uniseluler dan multiseluler. Sifat substansi *thallus* beranekaragam, ada yang lunak seperti gellatin (*gellatinous*), kertas diliputi atau mengandung zat kapur (*calcareous*), lunak seperti tulang rawan (*cartilagenous*), berserabut (*spongious*) dan sebagainya (Aslan, 1995). Karena sifat substansinya tersebut, rumput laut memiliki kemampuan menyerap dan menyimpan air yang berbeda dengan tanaman lain yang tumbuh di darat. Sedangkan morfologinya mempunyai tipe percabangan sebagai berikut : tidak bercabang, *dichotomous*, *pinnate alternate*, *pinnate distichous*, *tetraticous*, *ferticillate*, *polystichous*, *pectinate*, *monopodial* dan *sympodial*.

Berdasarkan catatan statistik Departemen Kelautan dan Perikanan 2007 (DKP, 2008) produksi rumput laut nasional pada tahun 2004 baru mencapai 410.570 ton. Pada tahun 2005 jumlah produksi tersebut meningkat menjadi 910.636 ton, kemudian pada tahun 2006 terus meningkat hingga mencapai 1.079.850 ton. Pada tahun 2007, tercatat sebanyak 1.343.700 ton rumput laut dihasilkan dalam waktu satu tahun. Nilai produksi yang sangat besar ini dikarenakan permintaan rumput laut sebagai bahan baku industri sangat besar baik di dalam maupun di luar negeri. Peningkatan ini didukung oleh kegiatan intensif budi daya rumput laut yang dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat. Indonesia memiliki potensi sebanyak 540 jenis rumput laut tetapi sampai saat ini, jenis rumput laut yang banyak dibudidayakan hanya berkisar kurang dari 10 jenis.

Pengolahan dari 100% rumput laut segar menghasilkan sisa – sisa olahan yang belum diolah dan dioptimalkan dengan baik di Indonesia. Besarnya potensi dan tujuh prospek pengolahan rumput laut masih belum diimbangi dengan penanganan pengolahan limbahnya. Sehingga limbah pengolahan rumput laut cenderung terbuang dan hanya menjadi sampah organik. Pada tahun 2008 sisa-sisa dari pengolahan rumput laut yang tidak termanfaatkan sekitar 1.682.542 ton. Jumlah yang besar ini sangat disayangkan jika tidak diolah dan dimanfaatkan dengan baik (Harvey 2009). Perlu

adanya pemanfaatan dan pengolahan rumput laut. Produk olahan rumput laut dapat menjadi suatu produk yang memiliki nilai tambah yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai produk awalnya. Hasil olahan rumput laut tersebut mengandung selulosa dan kadar selulosa yang dikandung oleh rumput laut mencapai 15-25%. Selulosa tersebut merupakan bahan baku yang berpotensi untuk pembuatan materi dekomposit dalam pembuatan papan serat (Kim *et al.* 2007). Lignoselulosa adalah komponen organik di alam yang berlimpah dan terdiri dari tiga tipe polimer, yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komponen ini merupakan sumber penting untuk menghasilkan produk bermanfaat seperti gula dari proses fermentasi, bahan kimia dan bahan bakar cair. Lignoselulosa bisa diperoleh dari bahan kayu, jerami, rumput-rumputan, limbah pertanian/hutan, limbah industri (kayu, kertas) dan bahan berserat lainnya (Anindyawati, 2009). Lignoselulosa mengandung tiga komponen penyusun utama, yaitu selulosa (30-50%-berat), hemiselulosa (15-35%-berat), dan lignin (13-30%-berat) (Wiratmaja dkk., 2011). Sumber karbohidrat lain yang terkandung dalam bahan lignoselulosa adalah hemiselulosa atau yang dikenal juga dengan poliosa, karena terdiri atas berbagai macam gula monomer, yaitu pentose (skilosa, rhamnosa dan arabinosa), heksosa (glukosa, manosa, dan galaktosa) dan asam uronik (4-O-metilglukoronik, D-glukoronik dan D-galaktoronik). Hemiselulosa mempunyai rantai polimer yang pendek dan tak berbentuk, sehingga sebagian besar dapat larut dalam air (Ibrahim, 1998 dalam Octavia dkk., 2011). Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun dari molekul molekul anhidroglukosa. Molekul-molekul tersebut saling berkaitan dan membentuk rantai panjang, sehingga berat molekul selulosa sangat besar. Rumus molekul dapat ditulis dengan $(C_6H_{10}O_5)_n$. Selulosa dapat mengadakan reaksi kimia karena mengandung gugus reaktif (Mastuti, 2005). Lignin merupakan komponen utama penyusun kimia kayu selain selulosa dan hemiselulosa. Kandungan lignin dalam tumbuhan berlignoselulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan perekat lignin dan perekat likuida melalui proses likuifikasi (Sucipto, 2009).

MDF adalah papan serat yang dibuat melalui proses kering dengan perekat sintetis dan berkerapatan lebih besar dari 0,4 g/cm³. Menurut Maloney (1993), papan serat berkerapatan sedang (MDF) adalah produk panel kayu yang terbuat dari serat berlignoselulosa dikombinasikan dengan perekat buatan atau perekat lainnya yang mempunyai kerapatan 0,4 sampai 0,8 g/cm³. MDF pertama kali dikembangkan pada tahun 1960 untuk keperluan konstruksi dan mebel, yang kemudian berkembang dengan pesat pada tahun 1980-an. MDF memiliki sifat fisik yang seragam,

permukaan halus dan padat sehingga memungkinkan untuk dicetak, dicat, dan diberi bahan pelapis, memiliki sifat penyekrupan yang baik serta memiliki kestabilan dimensi yang relatif tinggi di bawah perubahan kondisi kelembaban lingkungan.

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik *Medium Density Fibreboard* (MDF)

Sifat Fisik dan Mekanik	MDF (ketebalan < 7 mm)
Kerapatan (g/cm^3)	$\geq 0,4-0,80$
Modulus Patah (N/mm^2)	Min 306
Modulus Elastisitas (N/mm^2)	Min 25500
Pengembangan Tebal (%)	≤ 17
Internal Bond (N/mm^2)	Min 5,1
Kadar Air (%)	5 - 13

Sumber : JIS A 5905: 2003

Klasifikasi papan serat menurut Kollmann *et al.* (1975) dalam Putri (2009) dibedakan atas dasar tipe bahan baku, metode pembuatan lembaran, kerapatan dan fungsi atau kegunaan. Klasifikasi untuk jenis papan serat berdasarkan kerapatannya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi Papan Serat Berdasarkan Kerapatan (Kollmann *et al.*, 1975 dalam Putri, 2009)

No	Jenis Papan Serat	Kerapatan (g/cm^3)
1.	Non Compressed Fiberboard (insulation board)	
	a. Semi rigid insulation	0,02 – 0,15
	b. Rigid insulation board	0,15 – 0,40
2.	Compressed Fiberboard	
	a. Intermediate/Medium Density Fiberboard (MDF)	0,40 – 0,80
	b. Hardboard	0,80 – 1,20
	c. Special Density Fiberboard	1,20 – 1,45

Sifat papan serat baik sifat fisis maupun mekanis, tidak terlepas dari faktor-faktor yang mempengaruhinya. Faktor-faktor ini digunakan sebagai pertimbangan dalam pembuatan papan

serat untuk mendapatkan hasil sesuai kriteria yang diinginkan. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sifat papan serat yaitu bahan baku dan bahan pendukung. Bahan baku ditentukan dari berat jenis, kandungan kimia dan dimensi serat, sedangkan bahan pendukung ditentukan diantaranya perekat dan bahan tambahan khusus (additives). Panshin dan Zeeuw (1980) menyatakan bahwa kayu yang mempunyai berat jenis tinggi, seratnya lebih kaku dan sukar untuk dipipihkan. Hal ini disebabkan kayu yang mempunyai berat jenis tinggi umumnya mempunyai dinding sel yang tebal sehingga daya tahan terhadap pengembangan lebih besar. Keadaan tersebut akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik papan serat yang dihasilkan. Zat ekstraktif berupa minyak dan lemak mengurangi daya ikat papan serat, sedangkan resin dan tanin berpengaruh baik terhadap kekuatan papan serat. Zat ekstraktif dapat juga menimbulkan noda pada papan serat yang dihasilkan serta meningkatkan pemakaian perekat dan daya serap air (Maloney, 1993). FAO (1958) dalam Yandesman (1998), mengemukakan bahwa serat yang berdinding tebal akan mempertahankan bentuk pipa dan bersifat kaku. Hal ini menyebabkan pengikatan tidak sempurna, namun sebaliknya serat yang berdinding tipis akan mudah menjadi pipih, sehingga permukaan pengikatan lebih luas. Pemberian perekat pada pembuatan MDF proses kering harus dilakukan, sedang pada proses basah perekat ditambahkan hanya untuk memperbaiki ikatan antar serat dan ketahanan terhadap cuaca. Perekat yang biasa digunakan dalam pembuatan papan serat adalah urea formaldehida, melamin formaldehida, dan phenol formaldehida. Urea formaldehida lebih disukai karena harganya lebih murah, penanganannya mudah, dan tidak menimbulkan pewarnaan pada produk akhir (Maloney, 1993). Pemberian bahan tambahan khusus dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu papan serat. Bahan tambahan yang sering digunakan pada pembuatan MDF yaitu parafin (*wax*) sebagai bahan penolak air (*water repellent*), asam sulfur untuk menurunkan pH adonan (*slurry*), dan natrium bikarbonat untuk meningkatkan pH adonan ke tingkat yang diinginkan (Koch, 1985 dalam Yandesman, 1998). Menurut Tsoumis (1991), MDF biasanya dibuat dengan proses kering, dan resin yang ditambahkan sebanyak 8-12%.

Perekat merupakan faktor yang paling menentukan dalam berbagai produk kayu olahan. Perekat yang biasa digunakan untuk produk kayu merupakan perekat untuk kempa dingin (Tambunan, 2010). Dalam produk komposit, perekat merupakan bahan yang sangat penting karena menentukan kualitas produk hasil rekatannya (Sulastiningsih dkk., 2013). Menurut Fahmi dan Juwono (2007), perekat merupakan hasil polipaduan seperti paduan karet polikloropren dengan polimetil metakrilat (PMMA). Epoxy merupakan senyawa kimia thermosetting yang tersusun dari

ikatan atom oksigen dan karbon. Epoxy diproduksi melalui reaksi antara *epichlorohydrin* dan *bisphenol A* (Marsyahyo dkk., 2005). Perekat epoxy terdiri dari resin dan hardener. Resin merupakan perekat yang dihasilkan penyulingan pohon damar yang kandungan utamanya adalah getah yang diencerkan dengan aseton. Perekat resin sintetik ada yang bersifat thermo setting dan ada pula yang bersifat thermo plastik. Hardener adalah suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda yang terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. Pengeras atau hardener yang dihasilkan terdiri dari monomer polyamine, misalnya Triethylenetetramine (Teta) (Rosyidin dan Kusnan, 2015). Menurut Nurdiana (2013), resin epoxy telah diketahui memiliki sifat mekanik yang baik dan sifat perekat yang sangat baik, sehingga telah banyak digunakan dalam industri seperti perekat, pelapis, laminasi, bahan enkapsulasi elektronik dan aplikasi komposit. Sifat resin epoxy secara umum adalah sebagai berikut: 1) ketahanan kimia yang luar biasa; 2) penyusutan rendah atau *curing*; 3) kekuatan adhesi yang luar biasa untuk berbagai substrat; 4) kekuatan mekanik tinggi dan 5) sifat isolasi listrik yang baik. Penambahan perekat ke dalam campuran serat pada pembuatan MDF dengan proses kering sangat diperlukan, sedangkan pada proses basah perekat ditambahkan hanya untuk memperbaiki ikatan antar serat. Kadar perekat yang digunakan dalam proses kering berkisar antara 8-11% dari berat kering serat, sedangkan proses basah berkisar antara 1-2% dari berat kering serat (Putri, 2009). Santoso dan Iskandar (2009) menyatakan bahwa pada penelitiannya banyaknya perekat yang digunakan antara 8-16%, ditimbang dari bobot (partikel kayu) sesuai target kerapatan dengan kadar perekat bervariasi (8-16% dari bobot partikel).

Anti rayap mengandung bahan aktif berupa zat kimia murni tertentu. Anti rayap sangat dibutuhkan untuk pencegahan dan pengendalian serangan rayap perusak karena anti rayap memiliki daya racun tinggi (*high toxic*) serta tingkat residu yang cukup tinggi dan persisten. Daya residu dari bahan aktif anti rayap sangat berpengaruh terhadap aplikasi pencegahan dan pengendalian serangan rayap perusak. Beberapa kandungan bahan aktif pada anti rayap diantaranya organoklor, organofosfat, nitroguanidine, pythroid dan neonicotinoids (Radhitya dan Zulfahmi, 2010). Kitosan adalah suatu polisakarida yang diperoleh dari hasil deasetilasi kitin, yang umumnya berasal dari limbah kulit hewan crustacea. Kitosan memiliki sifat relatif lebih reaktif dari kitin dan mudah diproduksi dalam bentuk serbuk, pasta, film, serat. Kitosan merupakan bahan bioaktif dan aktivitasnya dapat diaplikasikan dalam bidang farmasi, pertanian, lingkungan industri. Kitosan memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki struktur yang mirip dengan serat

selulosa yang terdapat pada buah dan sayuran. Keunggulan lain yang sangat penting adalah kemampuannya dalam menghambat dan membunuh mikroba (Killay, 2013). Kitosan merupakan kopolimer D-glucosamine dan N-acetyl-D-glucosamine dengan ikatan β -(164), yang diperoleh dari alkali ataudeacetylasasi enzimatis dari polisakarida kitin. Kitosan mempunyai nama kimia *Poly d-glucosamine (beta (1-4) 2-amino-2-deoxy-D-glucose)* (RadhityadanZulfahmi, 2010). Kitosan merupakan padatan amorf berwarna putih dengan struktur kristal tetap dari bentuk awal kitin murni, memiliki sifat biologi dan mekanik yang tinggi diantaranya adalah biorenewable, biodegradable, dan biofungsional. Kitosan mempunyai rantai yang lebih pendek daripada rantai kitin (Rokhati, 2006). Bahan anti rayap lainnya adalah boraks, yaitu garam natrium subklas karbonat dengan rumus kimia yaitu $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ atau $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (Nugroho dan Darmono, 2012). Sifat senyawa boraks memiliki banyak fungsi diantaranya beracun terhadap jamur yang menyebabkan pelapukan pada kayu, beracun terhadap rayap dan tidak korosif terhadap logam (Nugroho dan Darmono, 2012). Biasanya penggunaan boraks sebagai anti rayap dilakukan penambahan asam borat. Asam borat atau Natrium Karbonat memiliki rumus kimia Na_2CO_3 . Asam borat memiliki sifat berwarna putih, tidak berbau, dan larut dalam air (Nugroho dan Darmono, 2012). Asam borat di dunia industri disebut juga soda abu atau soda kue. Penggunaan boraks dan asam borat banyak dipilih sebagai anti rayap karena mempunyai toksisitas yang rendah (Yamauchi *et al.*, 2007). Imidakloprid juga merupakan bahan aktif insektisida yang bekerja secara sistemik dalam membunuh serangga ketika serangga mendekat. Imidakloprid termasuk dalam kelompok nicotinoid/neonicotinoid yang memiliki sistemik kimia terkait dengan tembakau racun nikotin alami (racun tembakau). Imidakloprid juga sangat sulit terdegradasi (Cox, 2001). Pengembangan imidakloprid untuk pengendalian rayap dimulai pada akhir 1980-an di Jepang menunjukkan efektivitas imidakloprid yang digunakan pada tanah dengan serangan rayap lebih dari 20 spesies rayap termasuk *Allodontermes*, *Amitermes*, *Coptotermes*, *Heterotermes*, *Macrotermes*, *Mastotermes*, *Microcerotermes*, *Microtermes*, *Nasutitermes*, *Reticulitermes*, dan *Schedorhinotermes* (Majid, 2008).

Tabel 2.3 Road Map Penelitian Universitas Airlangga

Bidang	Tema Riset Unggulan	Topik Penelitian	Judul Penelitian 2016	Judul Penelitian 2017	Judul Penelitian 2018
Pertanian	Keamanan dan Ketahanan Pangan	Pengolahan Produk Limbah Pangan	Rekayasa Teknologi Bioproduk Medium Density Fibreboard dari Limbah Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i> dan <i>Gracilaria verrucosa</i> (Tahun I)	Rekayasa Teknologi Bioproduk Medium Density Fibreboard dari Limbah Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i> dan <i>Gracilaria verrucosa</i> (Tahun II)	Rekayasa Teknologi Bioproduk Medium Density Fibreboard dari Limbah Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i> dan <i>Gracilaria verrucosa</i> (Tahun III)

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan dari penelitian dengan judul “Rekayasa Teknologi Bioproduk Medium Density Fibreboard dari Limbah Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*” yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil terbaik dari uji coba rekayasa teknologi bioproduk MDF dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* melalui identifikasi struktur pori lapisan yang terbentuk dari bioproduk Medium Density Fibreboard terpilih berbasis limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*, serta korelasi dengan pengujian sifat fisik, mekanis dan biologis papan MDF dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*.
2. Mengetahui hasil terbaik uji kelayakan dan teknologi bioproduk MDF dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* skala lapangan.

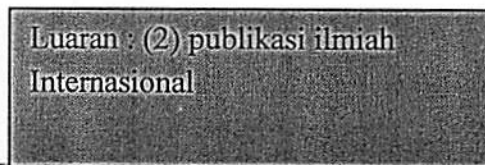
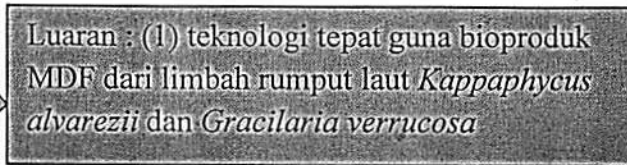
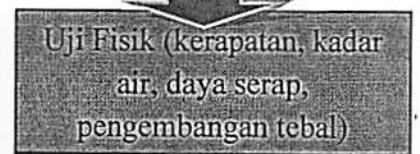
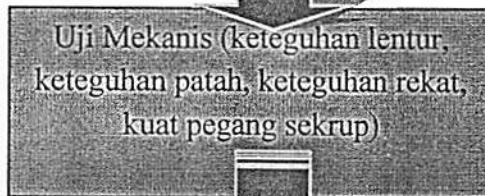
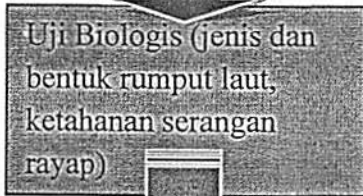
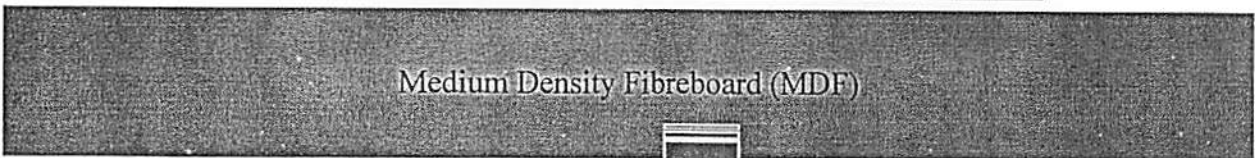
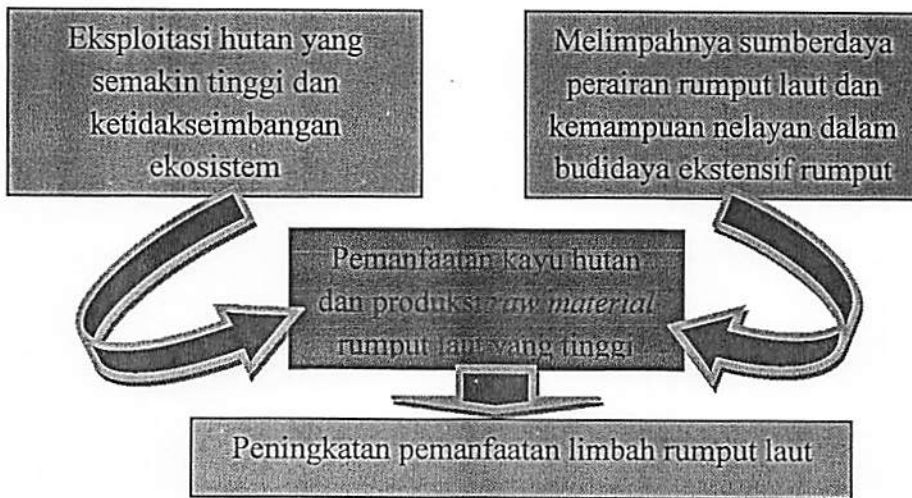
Manfaat dari penelitian dengan judul “Rekayasa Teknologi Bioproduk Medium Density Fibreboard dari Limbah Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*” yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui model terbaik dari rekayasa teknologi bioproduk MDF berbasis limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*.
2. Memberikan informasi dan transfer teknologi bagi masyarakat dan wirausaha, khususnya di wilayah pesisir tentang pemanfaatan bioproduk MDF berbasis limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*”.

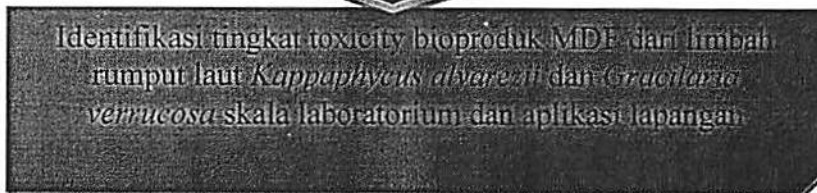


Kerangka Konsep Penelitian

Tahun ke-1



Tahun ke-2 dan ke-3



BAB 4. METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian tahun kedua ini dibagi ke dalam 2 jenis penelitian, yaitu penelitian laboratorium dan penelitian lapangan yang terdiri dari 3 tahap (3 tahun), yaitu :

- Penelitian tahap I (tahun I), yaitu uji coba rekayasa teknologi bioproduk Medium Density Fibreboard dari Limbah Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*, melalui identifikasi limbah rumput laut Laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*, pembuatan Medium Density Fibreboard dengan pemanfaatan limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*, pengujian sifat biologis, fisik dan mekanis papan Medium Density Fibreboard dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*.
- Penelitian tahap II (tahun II), yaitu (1) identifikasi struktur pori lapisan yang terbentuk dari bioproduk Medium Density Fibreboard terpilih berbasis limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*, serta korelasi dengan pengujian sifat fisik, mekanis dan biologis papan MDF dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*, (2) uji toxicity serta identifikasi bakteri maupun jamur dalam skala laboratorium dari papan Medium Density Fibreboard limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*.
- Penelitian tahap III (tahun III), yaitu identifikasi struktur pori lapisan yang terbentuk dan uji kelayakan teknologi bioproduk Medium Density Fibreboard dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* skala lapangan.

Penelitian menggunakan metode eksperimental. Rancangan percobaan yang digunakan adalah K: perlakuan serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: perlakuan serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%.

Prosedur Kerja

A. Persiapan Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian dicuci dengan detergen dan dibilas dengan air bersih, kemudian dicuci lagi dengan klorin 12 ppm, selanjutnya dicuci dengan air bersih dan



dikeringkan di bawah sinar matahari. Masing-masing wadah penelitian diletakkan pada rak dengan posisi sesuai pada desain penelitian.

B. Persiapan Rumput laut

Limbah *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* yang digunakan adalah limbah panen rumput laut yang berasal dari sisa panen tambak budidaya atau hasil limbah pabrik rumput laut. Kemudian dilakukan proses *repulping* dan pencucian. Limbah rumput laut dimasukkan ke dalam alat *disintegrator* (pengaduk dan pemisah serat) dan ditambahkan air sampai rumput laut tenggelam sepenuhnya. Campuran ini kemudian diaduk selama 20–25 menit. Hal ini dilakukan untuk mencuci rumput laut agar terpisah dari kandungan dan kotoran lainnya sehingga hanya serat rumput laut yang diperoleh utuh.

Tahap selanjutnya adalah penyaringan dan pengeringan rumput laut. Rumput laut yang diperoleh, disaring dengan menggunakan saringan agar terpisah dari kotoran dan air, kemudian dikeringkan dengan pengeringan alami dan oven hingga kadar airnya mencapai 5–8%. Pada proses pembuatan MDF juga ditambahkan serbuk kayu sebagai campuran dengan limbah rumput laut dan perekat epoxy sesuai dosis perlakuan.

C. Pembuatan *Medium Density Fibreboard* (MDF)

Pembuatan MDF ini dilakukan dengan proses kering (*dry process*), yaitu dengan menggunakan pengempaan panas (*hot press*). Setelah bahan baku dicampur perekat, dilakukan pengempaan (*pressing*) dengan menggunakan kempa panas (*hot press*) dengan suhu 170°C dan tekanan 45 Pa selama 25 menit. Ukuran papan yang akan dibuat adalah 20 x 20 x 2 cm³ dengan kerapatan target 0,4-0,8 g/cm³. Setelah itu, dilakukan pengkondisian: papan yang telah dikeluarkan dari kempa panas dibiarkan dalam *frame* selama 24 jam agar papan serat yang dihasilkan tidak melengkung. Kemudian dilakukan pengkondisian kembali selama 2 hari untuk mendapatkan papan serat yang berkualitas tinggi (Hakim dkk, 2011).

D. Analisa Penelitian

Analisa yang dilakukan terhadap sampel MDF meliputi pengujian sifat fisik (kerapatan, kadar air, daya serap air dan pengembangan tebal), mekanik (keteguhan lentur, keteguhan patah, keteguhan rekat, dan kuat pegang sekrup) yang mengaju pada standar pengujian *Japan Industrial*

Standard (JIS) 5905-2003, serta pengujian biologis (jenis dan bentuk rumput laut, ketahanan serangan rayap).

Kerapatan

Kerapatan atau densitas merupakan suatu indikator penting suatu komposit, karena sangat mempengaruhi sifat dari material komposit. Uji densitas komposit ini dilakukan dimana berat jenis diperoleh berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$Kr = \frac{B}{V}$$

Keterangan :

Kr = kerapatan (g/cm^3)

B = berat contoh uji kering udara (g)

V = volume contoh uji kering udara (cm^3)

Kadar air

Pengujian kadar air dilakukan dengan cara menggunakan *wood moisture meter*. Pemeriksaan dilakukan setelah MDF yang sudah dicetak didiamkan selama 2 hari , dimana dalam keadaan siap diuji sifat fisik dan mekanik.

Daya serap

Pengujian daya serap air dilakukan selaras dengan pengujian pengembangan tebal. Pada umumnya semakin tinggi sifat pengembangan tebal maka semakin tinggi pula sifat daya serap air, dan begitu juga sebaliknya semakin rendah sifat pengembangan tebal papan maka semakin rendah pula sifat daya serap airnya (Subiyanto, 2003). Pada standar JIS A 5908 (2003) daya serap air tidak dipersyaratkan. Daya serap air diuji dengan mengukur berat MDF setelah direndam selama 24 jam dan sebelum dilakukan perendaman. Daya serap air dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$(W_0 - W_1) / W_1 \times 100\%$$

Keterangan :

W_0 = Berat awal (gr).

W_1 = Berat akhir setelah perendaman 24 jam (gr).

Pengembangan Tebal

Sifat pengembangan tebal papan partikel merupakan salah satu sifat fisik yang akan menentukan suatu papan komposit yang digunakan untuk keperluan *interior* dan *eksterior*. Apabila pengembangan tebal suatu papan komposit tinggi berarti stabilitas dimensi produk tersebut rendah, sehingga produk tersebut tidak dapat digunakan untuk keperluan *eksterior* dan sifat mekanisnya akan menurun dalam jangka waktu yang tidak lama.

Pengujian pengembangan tebal dilakukan bersamaan dengan pengujian daya serap air. Parameter yang diukur adalah pertambahan panjang, lebar dan tebal MDF sebelum dan sesudah direndam dalam air dalam waktu 24 jam. Pengembangan tebal tersebut dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Pengembangan tebal dan linier (%)

T₁ = tebal/panjang awal contoh uji sebelum perendaman (cm)

T₂ = tebal/panjang contoh uji setelah perendaman 24 jam (cm)

Keteguhan lentur

Keteguhan lentur atau *Modulus of elasticity* (MOE) adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu atau untuk menahan beban mati maupun hidup selain beban pukulan. *Modulus of Elasticity* (MOE) menguji kemampuan contoh benda uji untuk menahan kelengkungan. Dalam hal ini sifat mekanis dari benda uji ditentukan dari kemiringan dari garis lurus defleksi beban. Kemudian MOE dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$MOE = \frac{PL^3}{4bh^3\Delta Y}$$

Keterangan :

MOE = Keteguhan lentur

PL = Beban pada batasimbang (Kg)

L = Panjang benda uji (mm)

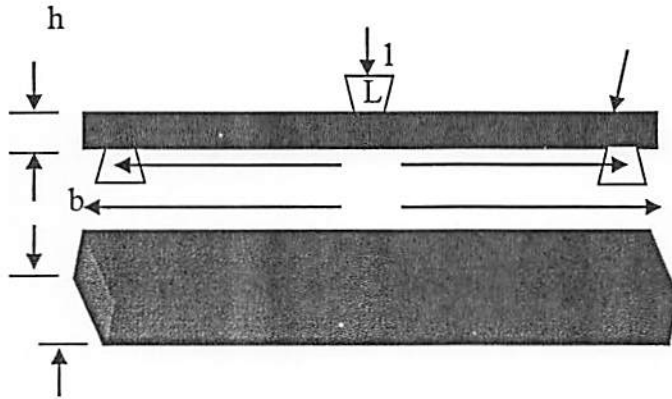
b = Lebar benda uji (mm)

d = Tebal benda uji (mm)

Y = Kemiringan pusat pada batasimbang

Keteguhan patah

Pada uji keteguhan patah, contoh uji MDF ditempatkan pada dua tumpuan lalu diterapkan beban ditengah tumpuan tersebut dengan laju pembebanan konstan. Dalam uji keteguhan patah menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Posisi beban dan jarak sangga disajikan pada gambar berikut :



Gambar 4.1 Pengujian keteguhan lentur (MOE) dan keteguhan patah (MOR)

Keterangan : L= panjang contoh uji (20 cm); l = jarak sangga (15 cm); h = tebal contoh uji (2 cm); b = lebar contoh uji (5 cm)

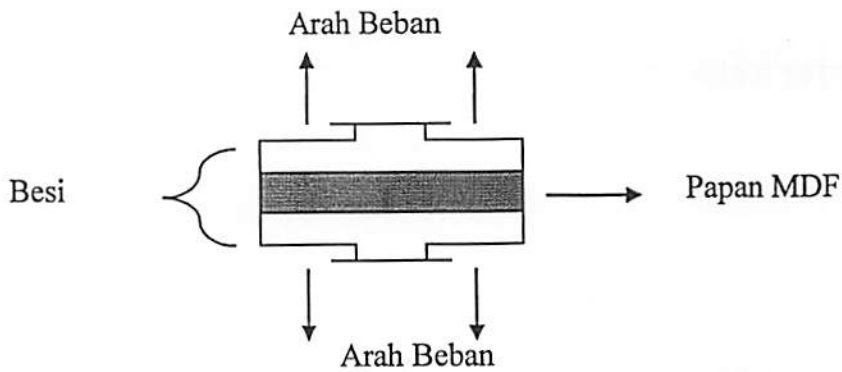
Keteguhan patah atau *Modulus of Rupture* (MOR) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$MOR = 3PL : 2bd^2$$

Keterangan : MOR = *Modulus of Rupture* (Mpa); P = Pembebanan *bending* maksimum (N); L = Panjang contoh uji MDF (mm); b = Lebar contoh uji MDF (mm); D = Tebal/kedalaman contoh uji MDF (mm).

Keteguhan rekat

Determinasi keteguhan rekat atau *Internal Bond* dilakukan dengan merekatkan kedua permukaan papan pada balok besi dengan menggunakan perekat epoxy selama 24 jam kemudian balok besi tersebut ditarik dengan arah berlawanan. Cara pengujian *internal bond* ini disajikan pada gambar berikut.

Gambar 4.2 Pengujian *internal bond*

Keteguhan rekat tersebut dihitung dengan menggunakan rumus :

$$IB = \frac{P_{maks}}{A}$$

Keterangan :

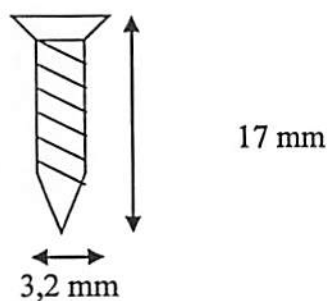
IB = keteguhan rekat (Kgf/cm²)

P = beban maksimum (Kgf)

A = luas permukaan contoh uji (cm²)

Kuat Pegang Sekrup

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah kekuatan sekrup pada ujung papan (*edge screw holding*). Pengujian kekuatan sekrup ini gunanya untuk mengetahui kekuatan tarik sekrup yang diikatkan pada bagian ujung papan dengan ketentuan diameter sekrup 3,2 mm dalam kedalaman 17 mm. Setelah sekrup ditancapkan kemudian dicabut tegak lurus permukaan dengan kecepatan 2 mm/menit. Gaya yang diperlukan untuk mencabut sekrup menunjukkan kekuatan MDF dalam memegang sekrup.



Gambar 4.3 Sekrup

Uji Ketahanan Serangan Rayap

Uji ketahanan terhadap serangan rayap dilakukan dengan menggunakan pengumpanan terhadap rayap dengan memasukan MDF yang telah dicampur dengan anti rayap pada akuarium kosong, kemudian akuarium diisi tanah sebagai media hidup rayap. Untuk menjaga kelembaban ditambahkan 20 ml air. Selanjutnya rayap tanah *Coptotermes* sp. yang terdiri atas rayap pekerja, rayap prajurit dan rayap ratu dimasukan ke dalam akuarium yang telah diisi tanah dan biarkan selama 2 minggu ditempat yang gelap dan tertutup dengan pemberian sedikit aerasi. Untuk menentukan uji ketahanan serangan rayap dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kehilangan berat umpan (\%)} (P) = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100 \%$$

Keterangan : P = penurunan berat (%); W1 = berat kayu kering tanur sebelum diumpankan (g); W2 = berat kayu kering tanur setelah diumpankan (g).

Mortalitas rayap merupakan salah satu indikator dalam penentuan keaktifan bahan termitisida dalam hal ini kitosan, boraks dan imidakloprid yang terdapat pada MDF (Hakim dkk, 2011). Mortalitas rayap juga diamati setiap hari. Penghitungan mortalitas rayap dengan menggunakan rumus :

$$\text{Mortalitas (\%)} = \frac{N_1}{N_2} \times 100\%$$

Keterangan : N₁ = jumlah rayap yang mati setelah pengumpanan; N₂ = jumlah rayap awal

Uji Struktur Porositas dan Kandungan Mineral

Dilakukan dengan menguji produk MDF yang dibuat dengan melihat struktur porositas dan kandungan mineral melalui Scanning Electron Microscope (SEM), yaitu mikroskop electron yang mampu menyelidiki permukaan obyek solid secara langsung dengan perbesaran 10-300000x, depth of field 4-0,4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm.

Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis limbah rumput laut terhadap sifat fisik, mekanik dan biologis bioproduk MD. Jika perbedaan jenis rumput laut memberikan pengaruh terhadap sifat

fisik, mekanik dan ketahanan MDF, maka dilakukan uji lanjutan dengan analisis Duncan's *multiple range test* (DMRT) untuk mengetahui jenis rumput laut yang paling berpengaruh terhadap sifat fisik, mekanik dan ketahanan MDF (Kusriningrum, 2008).

Analisa Komponen Fisika

Identifikasi struktur pori lapisan bioproduk MDF melalui *Scanning Electron Microscope* (SEM), uji temperatur, warna dan bau pada uji coba rekayasa teknologi bioproduk MDF dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan rentang waktu per minggu/bulan skala laboratorium dan lapangan.

Analisa Komponen Kimia

Uji kelayakan komponen kimia bioproduk MDF dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii*, meliputi uji pH, uji komponen makro dan mikro. Pengujian dilakukan dengan rentang waktu per minggu/bulan skala laboratorium dan lapangan.

Analisa Komponen Mikrobiologi

Uji kelayakan mikrobiologi didasarkan pada jumlah bakteri dengan perhitungan total plate count (TPC). Pengujian dilakukan dengan rentang waktu per minggu/bulan skala laboratorium dan lapangan.

Analisa Distribusi Pemasaran Bioproduk

Uji kelayakan distribusi pemasaran produk berikut analisa usaha bioproduk MDF dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*. Pengujian dilakukan dengan rentang waktu per produksi.

Parameter Penunjang

Parameter penunjang pada penelitian ini adalah pengukuran suhu ruangan (25-30°C), suhu refrigerator (<25 °C) dan suhu out door (> 30 °C) yang diberlakukan pada bioproduk MDF dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*.

Analisis Data

Analisis data menggunakan Analisis Varian (ANOVA) dengan rancangan penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk mengetahui adanya perbedaan dalam perlakuan.

Jika terdapat perbedaan pada perlakuan maka dilakukan uji jarak Duncan dengan derajat kepercayaan 0,05 untuk mengetahui perbedaan diantara semua perlakuan (Kusriningrum, 2008).

Indikator Capaian Tahunan

Tahun ke-1

- a. Teknologi tepat guna berupa bioproduk Medium Density Fibreboard dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*
- b. Publikasi ilmiah Internasional dan *International Conference*

Tahun ke-2

- a. Identifikasi struktur pori lapisan bioproduk MDF dan analisa tingkat toxicity bioproduk Medium Density Fibreboard dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*
- b. Publikasi ilmiah Internasional dan *International Conference*

Tahun ke-3

- a. Transfer teknologi kepada masyarakat melalui identifikasi struktur porositas dan aplikasi lapangan bioproduk Medium Density Fibreboard dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa*
- b. Publikasi ilmiah Internasional dan *International Conference*

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Hasil Penelitian

5.1 Uji Fisik

Pengujian sifat fisik pada green polybag yang dibuat dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* berguna untuk mengetahui karakteristik dan kualitas fisik dari sampel *Medium Density Fibreboard* (MDF). Uji fisik terdiri dari uji kerapatan, kadar air, daya serap dan pengembangan tebal (Hakim, dkk 2011).

5.1.1 Kerapatan

Pengujian kerapatan merupakan salah satu pengujian sifat fisik yang menunjukkan perbandingan antara massa benda terhadap volumenya pada kadar air kesetimbangan. Kerapatan papan serat berfungsi untuk menentukan kelas papan serat apakah termasuk ke dalam kelas kerapatan rendah (*Low Density Fibreboard*), kerapatan sedang (*Medium Density Fibreboard*) atau kerapatan tinggi (*High Density Fibreboard*). Nilai kerapatan dipengaruhi oleh tebal dinding sel, kadar air dan proses perekatan. Peningkatan kerapatan juga disebabkan terjadinya pemadatan perekat akibat pengempaan sewaktu pembuatan MDF (Bowyer *et al* 2003).

Secara keseluruhan nilai kerapatan MDF yang dihasilkan dalam penelitian ini telah memenuhi standar JIS A 5908 (2003) yaitu berkisar antara $0,4 \text{ g/cm}^3$ sampai $0,8 \text{ g/cm}^3$. Nilai rata-rata kerapatan papan partikel dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 5.1. Rata-Rata Kerapatan MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata Kerapatan (g/cm^3)
G	$0,5701 \pm 0,0134$
K	$0,6600 \pm 0,0107$

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Rata-rata kerapatan yang paling tinggi yaitu pada perlakuan K (Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%) dan rata-rata kerapatan yang paling rendah yaitu G (Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%), hal ini disebabkan jumlah berat bahan yang diperlukan untuk pembuatan MDF untuk menuju sasaran kerapatan yang diinginkan ($0,4-0,8 \text{ g/cm}^3$) dan memiliki panjang lebar dan tinggi yang seragam antar perlakuan berbeda-beda. Meskipun dari kedua perlakuan tersebut masih memenuhi standar JIS A 5908 (2003) namun dari hasil data dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan kerapatan MDF yang sama pada ukuran $20 \times 20 \times 2 \text{ cm}^3$ dibutuhkan lebih banyak bahan dari serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50% dibandingkan bahan serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%.

5.1.2 Kadar air

Kadar air yang diuji adalah kadar air pada papan MDF yang sudah diberikan perlakuan awal dan pengkondisian sehingga diketahui apakah papan MDF tersebut memenuhi standar yang diterapkan. Untuk kadar air sesuai dengan standar JIS A 5905-2003 ditentukan antara 5-13% untuk memenuhi kriteria MDF yang baik. Dari hasil pengujian tiap perlakuan didapatkan rata-rata kadar air tiap sampel MDF adalah sebagai berikut :

Tabel 5.2 Rata-Rata Kadar Air MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata Kadar air (%)
G	$6,8100 \pm 0,1109$
K	$5,8291 \pm 0,0912$

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Dari hasil pengujian kadar air dapat dilihat dalam tabel bahwa semua perlakuan memenuhi standar yang diterapkan dalam pembuatan MDF, hal ini disebabkan sebelum pembuatan papan MDF telah dilakukan preaprase bahan utama seperti serbuk kayu dan limbah rumput laut sudah dalam keadaan kering dengan kadar air rendah setelah melalui proses penjemuran dan pengeringan dalam oven.

Nilai kadar air tertinggi yaitu pada perlakuan G (Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%) karena jenis rumput laut *Gracilaria verrucosa* tersebut adalah yang paling banyak mengandung air daripada bahan *Kappaphycus alvarezii*.

5.1.3 Daya Serap

Daya serap yang diuji adalah daya serap MDF terhadap air yang dilakukan dengan cara perendaman dalam waktu 24 jam sehingga diperoleh pertambahan berat dari papan MDF dan dapat diketahui prosentase daya serap MDF terhadap air. Dari hasil pengujian tiap perlakuan diperoleh rata-rata daya serap air tiap perlakuan adalah sebagai berikut :

Tabel 5.3 Rata-Rata Daya Serap Air MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata Daya Serap (%)
G	20,2200 ± 0,1190
K	18,9333 ± 0,1978

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Penyerapan air yang tinggi ditandai dengan penambahan berat sampel MDF yang dihasilkan. Pengujian Daya Serap Air untuk MDF tidak dipersyaratkan pada JIS A 5905-2003. Namun pengujian daya serap air ini perlu dilakukan untuk mengukur kualitas MDF karena hal ini berhubungan dengan daya tahan dan kekuatan MDF tersebut.

Dari hasil pengujian diperoleh daya serap air paling banyak adalah pada perlakuan G (Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%) dan daya serap air paling rendah adalah pada perlakuan K (Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%). Hal ini berhubungan dengan kerapatan pada papan MDF yang telah dibuat, pada perlakuan dengan kerapatan yang tinggi mengakibatkan daya serapnya yang lebih rendah dan begitu pula sebaliknya.

5.1.4 Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal dilakukan dengan mengukur penambahan panjang dari papan MDF yang telah diberi perlakuan perendaman dalam air selama 24 jam. Dari hasil pengujian diperoleh hasil pengembangan tebal sebagai berikut :

Tabel 5.4 Rata-Rata Pengembangan Tebal MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata Pengembangan Tebal (%)
G	11,7375 ± 0,1272
K	10,9667 ± 0,1198

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Dalam JIS A 5905-2003 pengembangan tebal yang termasuk dalam MDF yang memenuhi standar adalah kurang dari 17 %. Dari hasil yang diperoleh, perlakuan K (Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%) memiliki pengembangan tebal terendah dibandingkan dengan perlakuan G (Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%) yang memiliki pengembangan tebal lebih tinggi, namun masih memenuhi standar JIS A 5905-2003 yang diterapkan. Hasil uji pengembangan tebal ini berbanding lurus dengan uji daya serap air.

5.2 Uji Mekanik

Sifat Mekanik adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan, ukuran kemampuan untuk menahan gaya dari luar yang bekerja pada papan MDF yang dapat merubah bentuknya. Sifat mekanik pada papan serat MDF yang diuji pada penelitian ini yaitu Keteguhan Lentur (MOE), Keteguhan Patah (MOR), Keteguhan Rekat (*Internal bond*) dan Kuat Pegang Sekrup (Hakim, dkk 2011).

5.2.1 Keteguhan Lentur (MOE)

Pengujian Keteguhan Lentur atau *Modulus of Elasticity* (MOE) yaitu kemampuan contoh benda uji untuk menahan kelengkungan. Dalam hal ini sifat mekanis dari benda uji ditentukan dari kemiringan dari garis lurus defleksi beban. Dari hasil pengujian di dapatkan rata-rata MOE yang dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 5.5 Rata-Rata Keteguhan Lentur (MOE) MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata MOE (g/cm ²)
G	13.599,2803 ± 1,1182
K	14.793,0134 ± 1.0039

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Dari hasil tersebut diperoleh nilai MOE tertinggi adalah pada perlakuan K (Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%) dibandingkan perlakuan G (Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%). Pada standar JIS A 5905-2003 Standar nilai MOE adalah > 25.500 ini menunjukkan semua perlakuan tidak memasuki kriteria dalam standar pembuatan MDF. Namun menurut JIS 15 dalam Darmawan dkk. (2010) MDF kualitas 3 yaitu memiliki standar > 13.000 sehingga perlakuan K dan G masuk dalam MDF kriteria kualitas 3.

5.2.2 Keteguhan Patah (MOR)

Keteguhan patah atau *Modulus Of Rupture* (MOR) adalah kekuatan maksimum dari papan MDF untuk menahan benda. Dari hasil pengujian didapatkan rata-rata MOR yang dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 5.6 Rata-Rata Keteguhan patah (MOR) MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata MOR (kg/cm ²)
G	195,0971 ± 1,5304
K	238,3762 ± 1,9036

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Dalam JIS A 5905-2003 Standar nilai MOE adalah minimal 306 kg/cm² sehingga rata-rata keteguhan patah dari produk polybag dari limbah rumput laut tersebut belum memenuhi standar MDF, hal ini dikarenakan ikatan antara perpaduan dan komposisi bahan tersebut hanya mampu menghasilkan keteguhan patah ± 200 kg/cm².

Rendahnya nilai MOR pada perlakuan yang lain disebabkan karena kurangnya ikatan lignoselulosa antar bahan sehingga saat dibentuk menjadi papan, serat-serat kurang saling mengikat. Selain itu, hal ini juga disebabkan oleh proses perekatan pada permukaan papan yang kurang sempurna. Bila dibandingkan dengan penelitian pembuatan papan MDF dari *sludge*, papan MDF dari limbah rumput laut ini mempunyai nilai sifat mekanik yang lebih tinggi dimana nilai MOR papan yang dihasilkan berkisar antara 195–238 kg/cm² (Folorunso *et al.*, 2007).

5.2.3 Keteguhan Rekat (*Internal bond*)

Keteguhan rekat atau *Internal bond* merupakan salah satu sifat mekanik dari bahan struktural yang menunjukkan besarnya nilai daya rekat antara perekat dan MDF yang dipadukan.

Dari hasil uji *Internal bond* dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 5.7 Rata-Rata Keteguhan Rekat (*Internal bond*) MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata <i>Internal bond</i> (kg/cm ²)
G	2,1791 ± 0,2091
K	2,3922 ± 0,2112

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Dari hasil tabel diatas dapat dilihat bahwa seluruh sampel MDF tidak memenuhi standar JIS A 5905-2003 dimana nilai standar *Internal bond* yang disyaratkan adalah minimal 5,1 kg/cm². Nilai *Internal bond* sampel MDF yang rendah dipengaruhi oleh proses perekatan isosianat dengan serat-serat bahan pembentuk MDF. Proses pencampuran perekat dengan bahan-bahan sesuai perlakuan dilakukan dengan pengadukan secara manual (dengan tangan) dimana terdapat kemungkinan penyebaran perekat yang tidak merata ke seluruh serat-serat dan dapat menyebabkan kekuatan rekat MDF yang dihasilkan sangat rendah.

5.2.4 Kuat Pegang Sekrup

Pengujian kuat pegang sekrup adalah kekuatan dari MDF untuk menahan tertancapnya sekrup yang ditanamkan dalam MDF tersebut. Dari hasil pengujian diperoleh rata-rata kuat pegang sekrup adalah sebagai berikut :

Tabel 5.8 Rata-Rata Kuat Pegang Sekrup MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata Kuat Pegang Sekrup (kg)
G	37,3529 ± 1.0079
K	39,7775 ± 1.1176

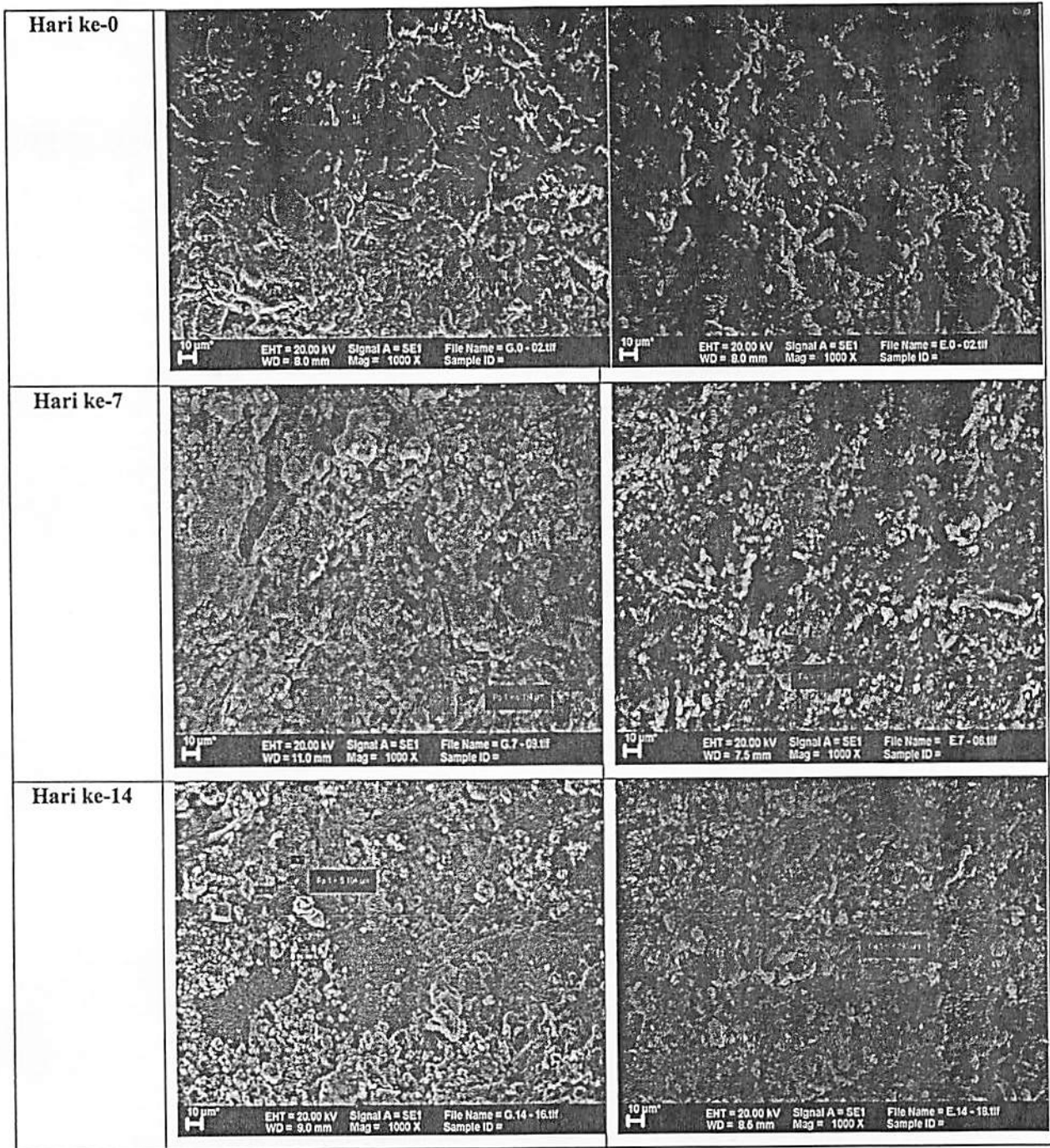
Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

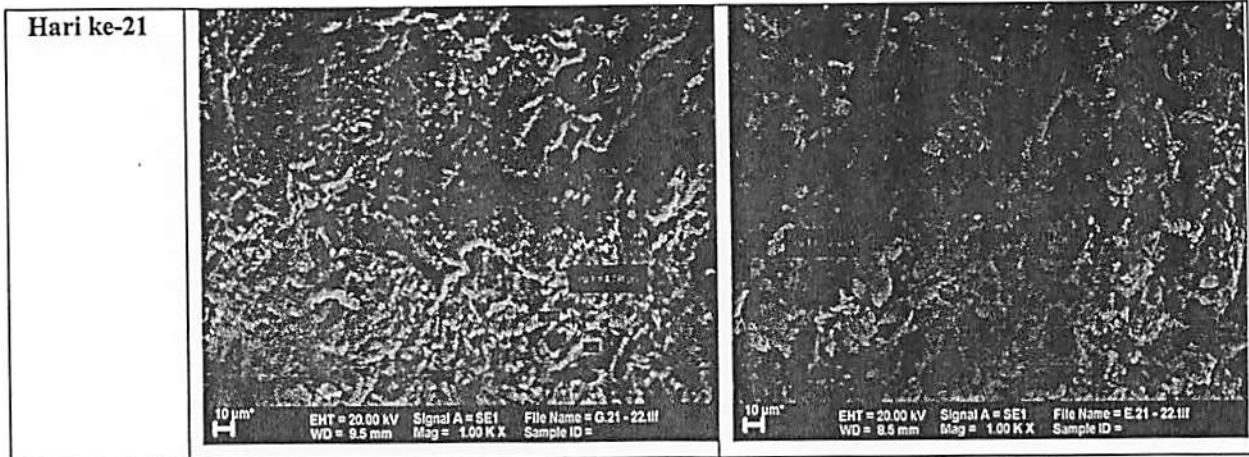
Nilai standar JIS A 5905-2003 adalah minimal 50,98 kg. Jika dibandingkan nilai standar dengan hasil pengujian kuat pegang sekrup yang telah dilakukan, maka seluruh sampel perlakuan belum memenuhi standar yang ditetapkan.

Hasil dari pengujian kuat pegang sekrup ini sejalan dengan hasil pengujian MOE, MOR, dan *Internal bond* sebelumnya dimana kekuatan MDF yang dihasilkan rendah akibat proses pencampuran perekat dengan bahan-bahan sesuai perlakuan dilakukan dengan pengadukan secara manual. Akibatnya, kekuatan untuk menahan sekrup yang disambungkan pada sampel MDF pun rendah karena ikatan antar serat tidak terjalin kuat. MDF tetap memiliki kelemahan yang sama dengan jenis papan yang lain, yaitu sekrup kurang kuat pada sisi tebal, perekat tidak bekerja secara efektif pada permukaan dan tidak mengikat sekrup sekuat kayu solid.

5.3 Uji Struktur Porositas

Perlakuan	Struktur Porositas Limbah Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	Struktur Porositas Limbah Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i>
-----------	--	---





Gambar 5.1. Structure porositas green polybag dari limbah rumput laut *Gracilaria verrucosa* dan *Kappaphycus alvarezii* pada hari ke-0, 7, 14 dan 21

Perlakuan	Kandungan Mineral Limbah Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	Kandungan Mineral Limbah Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i>																																																																																																																																																																								
Hari ke-0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN</th> <th>Series</th> <th>unn</th> <th>C norm</th> <th>C Atom</th> <th>C Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[at.%]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O</td><td>8</td><td>K-series</td><td>49.32</td><td>49.32</td><td>45.97</td><td>30.8</td></tr> <tr><td>C</td><td>6</td><td>K-series</td><td>39.57</td><td>39.57</td><td>49.13</td><td>13.2</td></tr> <tr><td>K</td><td>19</td><td>K-series</td><td>2.77</td><td>2.77</td><td>1.06</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>20</td><td>K-series</td><td>2.28</td><td>2.28</td><td>0.85</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>S</td><td>16</td><td>K-series</td><td>1.75</td><td>1.75</td><td>0.81</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>17</td><td>K-series</td><td>1.47</td><td>1.47</td><td>0.62</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Si</td><td>14</td><td>K-series</td><td>1.02</td><td>1.02</td><td>0.54</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Na</td><td>11</td><td>K-series</td><td>0.66</td><td>0.66</td><td>0.43</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Al</td><td>13</td><td>K-series</td><td>0.59</td><td>0.59</td><td>0.33</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>22</td><td>K-series</td><td>0.29</td><td>0.29</td><td>0.09</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>12</td><td>K-series</td><td>0.29</td><td>0.29</td><td>0.18</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="3">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN	Series	unn	C norm	C Atom	C Error				[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]	O	8	K-series	49.32	49.32	45.97	30.8	C	6	K-series	39.57	39.57	49.13	13.2	K	19	K-series	2.77	2.77	1.06	0.1	Ca	20	K-series	2.28	2.28	0.85	0.1	S	16	K-series	1.75	1.75	0.81	0.1	Cl	17	K-series	1.47	1.47	0.62	0.1	Si	14	K-series	1.02	1.02	0.54	0.1	Na	11	K-series	0.66	0.66	0.43	0.1	Al	13	K-series	0.59	0.59	0.33	0.1	Ti	22	K-series	0.29	0.29	0.09	0.0	Mg	12	K-series	0.29	0.29	0.18	0.0	Total:			100.00	100.00	100.00		<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN</th> <th>Series</th> <th>unn</th> <th>C norm</th> <th>C Atom</th> <th>C Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[at.%]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C</td><td>6</td><td>K-series</td><td>53.32</td><td>53.32</td><td>62.65</td><td>17.4</td></tr> <tr><td>O</td><td>8</td><td>K-series</td><td>38.18</td><td>38.18</td><td>33.68</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>17</td><td>K-series</td><td>3.53</td><td>3.53</td><td>1.40</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>K</td><td>19</td><td>K-series</td><td>1.99</td><td>1.99</td><td>0.72</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>S</td><td>16</td><td>K-series</td><td>1.60</td><td>1.60</td><td>0.70</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Na</td><td>11</td><td>K-series</td><td>1.18</td><td>1.18</td><td>0.72</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>12</td><td>K-series</td><td>0.21</td><td>0.21</td><td>0.12</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="3">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN	Series	unn	C norm	C Atom	C Error				[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]	C	6	K-series	53.32	53.32	62.65	17.4	O	8	K-series	38.18	38.18	33.68	12.4	Cl	17	K-series	3.53	3.53	1.40	0.1	K	19	K-series	1.99	1.99	0.72	0.1	S	16	K-series	1.60	1.60	0.70	0.1	Na	11	K-series	1.18	1.18	0.72	0.1	Mg	12	K-series	0.21	0.21	0.12	0.0	Total:			100.00	100.00	100.00	
El	AN	Series	unn	C norm	C Atom	C Error																																																																																																																																																																				
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]																																																																																																																																																																				
O	8	K-series	49.32	49.32	45.97	30.8																																																																																																																																																																				
C	6	K-series	39.57	39.57	49.13	13.2																																																																																																																																																																				
K	19	K-series	2.77	2.77	1.06	0.1																																																																																																																																																																				
Ca	20	K-series	2.28	2.28	0.85	0.1																																																																																																																																																																				
S	16	K-series	1.75	1.75	0.81	0.1																																																																																																																																																																				
Cl	17	K-series	1.47	1.47	0.62	0.1																																																																																																																																																																				
Si	14	K-series	1.02	1.02	0.54	0.1																																																																																																																																																																				
Na	11	K-series	0.66	0.66	0.43	0.1																																																																																																																																																																				
Al	13	K-series	0.59	0.59	0.33	0.1																																																																																																																																																																				
Ti	22	K-series	0.29	0.29	0.09	0.0																																																																																																																																																																				
Mg	12	K-series	0.29	0.29	0.18	0.0																																																																																																																																																																				
Total:			100.00	100.00	100.00																																																																																																																																																																					
El	AN	Series	unn	C norm	C Atom	C Error																																																																																																																																																																				
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]																																																																																																																																																																				
C	6	K-series	53.32	53.32	62.65	17.4																																																																																																																																																																				
O	8	K-series	38.18	38.18	33.68	12.4																																																																																																																																																																				
Cl	17	K-series	3.53	3.53	1.40	0.1																																																																																																																																																																				
K	19	K-series	1.99	1.99	0.72	0.1																																																																																																																																																																				
S	16	K-series	1.60	1.60	0.70	0.1																																																																																																																																																																				
Na	11	K-series	1.18	1.18	0.72	0.1																																																																																																																																																																				
Mg	12	K-series	0.21	0.21	0.12	0.0																																																																																																																																																																				
Total:			100.00	100.00	100.00																																																																																																																																																																					
Hari ke-7	<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN</th> <th>Series</th> <th>unn</th> <th>C norm</th> <th>C Atom</th> <th>C Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[at.%]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O</td><td>8</td><td>K-series</td><td>51.53</td><td>51.53</td><td>47.83</td><td>16.4</td></tr> <tr><td>C</td><td>6</td><td>K-series</td><td>38.71</td><td>38.71</td><td>47.86</td><td>13.0</td></tr> <tr><td>K</td><td>19</td><td>K-series</td><td>3.71</td><td>3.71</td><td>1.41</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>S</td><td>16</td><td>K-series</td><td>2.61</td><td>2.61</td><td>1.21</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>17</td><td>K-series</td><td>1.30</td><td>1.30</td><td>0.55</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Na</td><td>11</td><td>K-series</td><td>0.63</td><td>0.63</td><td>0.44</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>20</td><td>K-series</td><td>0.63</td><td>0.63</td><td>0.23</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>12</td><td>K-series</td><td>0.40</td><td>0.40</td><td>0.25</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Si</td><td>14</td><td>K-series</td><td>0.28</td><td>0.28</td><td>0.15</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Al</td><td>13</td><td>K-series</td><td>0.14</td><td>0.14</td><td>0.08</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="3">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN	Series	unn	C norm	C Atom	C Error				[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]	O	8	K-series	51.53	51.53	47.83	16.4	C	6	K-series	38.71	38.71	47.86	13.0	K	19	K-series	3.71	3.71	1.41	0.1	S	16	K-series	2.61	2.61	1.21	0.1	Cl	17	K-series	1.30	1.30	0.55	0.1	Na	11	K-series	0.63	0.63	0.44	0.1	Ca	20	K-series	0.63	0.63	0.23	0.0	Mg	12	K-series	0.40	0.40	0.25	0.1	Si	14	K-series	0.28	0.28	0.15	0.0	Al	13	K-series	0.14	0.14	0.08	0.0	Total:			100.00	100.00	100.00		<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN</th> <th>Series</th> <th>unn</th> <th>C norm</th> <th>C Atom</th> <th>C Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[at.%]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C</td><td>6</td><td>K-series</td><td>65.48</td><td>65.48</td><td>72.58</td><td>20.7</td></tr> <tr><td>O</td><td>8</td><td>K-series</td><td>31.54</td><td>31.54</td><td>26.25</td><td>10.1</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>17</td><td>K-series</td><td>1.46</td><td>1.46</td><td>0.55</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>S</td><td>16</td><td>K-series</td><td>1.40</td><td>1.40</td><td>0.58</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>K</td><td>19</td><td>K-series</td><td>0.11</td><td>0.11</td><td>0.04</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Na</td><td>11</td><td>K-series</td><td>0.01</td><td>0.01</td><td>0.00</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>12</td><td>K-series</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="3">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN	Series	unn	C norm	C Atom	C Error				[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]	C	6	K-series	65.48	65.48	72.58	20.7	O	8	K-series	31.54	31.54	26.25	10.1	Cl	17	K-series	1.46	1.46	0.55	0.1	S	16	K-series	1.40	1.40	0.58	0.1	K	19	K-series	0.11	0.11	0.04	0.0	Na	11	K-series	0.01	0.01	0.00	0.0	Mg	12	K-series	0.00	0.00	0.00	0.0	Total:			100.00	100.00	100.00								
El	AN	Series	unn	C norm	C Atom	C Error																																																																																																																																																																				
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]																																																																																																																																																																				
O	8	K-series	51.53	51.53	47.83	16.4																																																																																																																																																																				
C	6	K-series	38.71	38.71	47.86	13.0																																																																																																																																																																				
K	19	K-series	3.71	3.71	1.41	0.1																																																																																																																																																																				
S	16	K-series	2.61	2.61	1.21	0.1																																																																																																																																																																				
Cl	17	K-series	1.30	1.30	0.55	0.1																																																																																																																																																																				
Na	11	K-series	0.63	0.63	0.44	0.1																																																																																																																																																																				
Ca	20	K-series	0.63	0.63	0.23	0.0																																																																																																																																																																				
Mg	12	K-series	0.40	0.40	0.25	0.1																																																																																																																																																																				
Si	14	K-series	0.28	0.28	0.15	0.0																																																																																																																																																																				
Al	13	K-series	0.14	0.14	0.08	0.0																																																																																																																																																																				
Total:			100.00	100.00	100.00																																																																																																																																																																					
El	AN	Series	unn	C norm	C Atom	C Error																																																																																																																																																																				
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]																																																																																																																																																																				
C	6	K-series	65.48	65.48	72.58	20.7																																																																																																																																																																				
O	8	K-series	31.54	31.54	26.25	10.1																																																																																																																																																																				
Cl	17	K-series	1.46	1.46	0.55	0.1																																																																																																																																																																				
S	16	K-series	1.40	1.40	0.58	0.1																																																																																																																																																																				
K	19	K-series	0.11	0.11	0.04	0.0																																																																																																																																																																				
Na	11	K-series	0.01	0.01	0.00	0.0																																																																																																																																																																				
Mg	12	K-series	0.00	0.00	0.00	0.0																																																																																																																																																																				
Total:			100.00	100.00	100.00																																																																																																																																																																					

Hari ke-14	Si-AN Series: un, C, Ca, K, S, Al, Fe, P, Error				Si-AN Series: un, C, Ca, K, S, Al, Fe, P, Error
	(wt.%)	(wt.%)	(wt.%)	(%)	
	C 6 K-series	55.06	55.06	67.36	17.5
	O 8 K-series	37.39	37.39	31.66	11.9
	S 16 K-series	1.85	1.85	0.71	0.1
	Cl 17 K-series	1.30	1.30	0.51	0.1
	K 19 K-series	0.81	0.81	0.28	0.1
	Ca 20 K-series	0.51	0.51	0.25	0.0
	Al 23 K-series	0.22	0.22	0.10	0.0
	Fe 24 K-series	0.19	0.19	0.11	0.0
	P 25 K-series	0.14	0.14	0.07	0.0
	Mg 28 K-series	0.00	0.00	0.00	0.0
	Total:	100.00	100.00	100.00	

Hari ke-21	Si-AN Series: un, C, Ca, K, S, Al, Fe, P, Error				Si-AN Series: un, C, Ca, K, S, Al, Fe, P, Error
	(wt.%)	(wt.%)	(wt.%)	(%)	
	C 6 K-series	52.19	52.19	60.25	16.7
	O 8 K-series	33.46	33.46	42.97	11.1
	S 16 K-series	5.13	5.13	2.02	0.2
	Cl 17 K-series	3.13	3.13	1.36	0.1
	K 19 K-series	2.61	2.61	1.25	0.1
	Ca 20 K-series	1.71	1.71	1.16	0.1
	Al 23 K-series	1.22	1.22	0.69	0.1
	Mg 28 K-series	0.57	0.57	0.36	0.1
	Total:	100.00	100.00	100.00	

Gambar 5.2 Kandungan mineral green polybag dari limbah rumput laut *Gracilaria verrucosa* dan *Kappaphycus alvarezii* pada hari ke-0, 7, 14 dan 21

Bila di lihat dari struktur porositas green polybag dari limbah rumput laut *K. alvarezii* lebih baik dari *G. verrucosa* sebab hingga hari ke-21 sirkulasi air yang terjadi pada green polybag yang terbuat dari MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* mempunyai ukuran porositas 3,976 μm , sedangkan ukuran porositas yang terbentuk dari limbah rumput laut *G. verrucosa* terukur 4,794 μm . Kandungan mineral karbon dari green polybag yang terbuat dari MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* lebih besar 50% sedangkan pada MDF limbah rumput laut *G. verrucosa* kurang dari 50%. Namun sebaliknya, kandungan mineral oksigen dari green polybag pada MDF limbah rumput laut *G. verrucosa* lebih besar dari 50% sedangkan kandungan mineral oksigen dari green polybag pada

MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* kurang dari 50%. Hal tersebut juga menguatkan hasil dari uji fisik (kerapatan, kadar air, daya serap dan pengembangan tebal) dan uji mekanik (keteguhan lentur, keteguhan patah, keteguhan rekat dan kuat pegang sekrup) menunjukkan bahwa green polybag dari MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* lebih baik dibandingkan *G. verrucosa*. Pada sisi yang lain, struktur porositas dari MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* dan *G. verrucosa* mendukung terjadinya sirkulasi air dan oksigen dalam jumlah yang mencukupi guna mendukung produktivitas media tanam dan tanaman untuk tumbuh dengan baik.

Parameter	Nilai
Temperatur (°C)	27 – 29
Humidity (pF)	3.0 – 6.2
pH	6.5 – 7

Kondisi kualitas media tanah yang berada di green polybag dari MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* dan *G. verrucosa* menunjukkan bahwa temperature, kelembaban dan pH tanah berada pada kondisi optimal untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang disemai.

5.4 Pembahasan

Uji fisik (kerapatan, kadar air, daya serap, pengembangan tebal) dan uji mekanik (modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bond, kuat pegang sekrup) MDF merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap pembentukan MDF. Berdasarkan uji fisik dan mekanik dapat diketahui bahwa perlakuan MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* dan *G. verrucosa* menunjukkan hasil yang hampir sama meskipun perbedaan yang dihasilkan tidak significant.

Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa papan MDF yang dibuat dari limbah rumput laut *K. alvarezii* dan *G. verrucosa* dengan campuran serbuk kayu

dengan perbandingan yang sama dan kandungan bahan perekat yang sama menghasilkan bioproduk green polybag MDF yang optimal untuk pertumbuhan awal (penyemaian) bibit tanaman sehingga dapat menjadi alternatif pengganti polybag dari plastik. Menurut Kelly (1977), besarnya kerapatan papan partikel dipengaruhi oleh kerapatan bahan awal, kandungan perekat serta bahan aditif yang digunakan. Hakim dkk. (2013) juga menyebutkan bahwa kadar air merupakan perbandingan antara massa air dalam kayu atau papan komposit dengan massa kayu atau papan komposit pada kondisi kering tanur sehingga permukaan partikel papan MDF semakin besar sehingga banyak uap air yang dapat diserap dari lingkungannya. Zat ekstraktif yang terkandung pada rumput laut lebih mudah larut dalam air sehingga ikatan yang terjadi antar partikel lebih kompak dan lebih tahan terhadap air. Puspita (2008) menekankan bahwa waktu kempa yang lebih lama akan menghasilkan ikatan antar partikel yang lebih kompak dan lebih terpadatkan sehingga ruang masuk air ke dalam papan lebih sedikit. Pada penelitian ini waktu kempa yang digunakan berkisar selama 25 menit mampu menghasilkan bioproduk green polybag MDF limbah rumput laut yang terbaik. Pengujian daya serap air tetap dilakukan untuk mengetahui ketahanan papan terhadap air jika digunakan untuk penggunaan eksterior atau penggunaan bioproduk green polybag MDF dalam kondisi out door yang memungkinkan berinteraksi langsung dengan pengaruh cuaca (kelembaban air dan hujan). Pengembangan tebal merupakan perubahan dimensi tebal kayu yang terjadi akibat perubahan kadar air dalam kayu, dimana bioproduk green polybag MDF dari limbah rumput laut memiliki nilai pengembangan tebal memenuhi standar yang telah ditetapkan *Japanese Industrial Standard* (JIS). Nilai standar menurut JIS mensyaratkan nilai pengembangan tebal maksimum 17%. Perlakuan pengempaan panas (hot press) dan pengempaan (pressing) dengan suhu 170°C dan tekanan 45 Pa menghasilkan pori struktur MDF terbentuk dalam ukuran yang seragam dan meminimalisir terbentuknya rongga kosong yang membuat pengembangan tebal

melebihi standar JIS. Lubis dkk.(2011) menegaskan bahwa nilai pengembangan tebal yang tinggi pada suatu papan komposit berarti stabilitas dimensi produk tersebut rendah sehingga produk tersebut tidak dapat digunakan untuk keperluan *eksterior* dan sifat mekanisnya akan menurun dalam jangka waktu yang tidak lama.

Uji mekanik menunjukkan bahwa keteguhan lentur atau MOE (*Modulus of Elasticity*) merupakan sifat mekanis papan yang menunjukkan kemampuan papan dalam menahan beban sampai batas proporsi yang sering disebut keteguhan lentur. Nilai keteguhan lentur bioproduk green polybag MDF dari limbah rumput laut memenuhi standar kualitas pembentukan MDF. Demikian juga dengan pengujian keteguhan patah atau MOR (*Modulus of Rupture*) digunakan untuk mengetahui tingkat kekuatan papan dalam menahan beban terhadap papan tersebut hingga patah. Alamsjah *et al.* (2017) menyatakan bahwa nilai keteguhan patah MDF mengalami peningkatan seiring dengan penambahan konsentrasi perekat, demikian juga yang terjadi pada pengukuran kuat pegang sekrup yang merupakan kemampuan suatu produk komposit untuk menahan beban sekrup yang diberikan pada papan komposit tersebut.

Menurut Bima (2007) apabila air yang diberikan pada tanaman dalam jumlah yang besar maka akan menyebabkan media akan jenuh dengan air, sehingga akan menyebabkan aerasi tanah menjadi jelek karena kurangnya oksigen dalam tanah. Air yang diberikan dalam kondisi yang berlebihan dapat mengakibatkan perakaran tanaman terganggu untuk menyerap unsur hara dan air. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang sangat berbeda nyata, karena ditunjang oleh parameter pendukung seperti suhu, kelembaban, pH tanah, dan data fisik. Tanaman membutuhkan sinar matahari yang cukup atau tidak terlalu panas. Data fisik yang menjadi parameter pendukung adalah daya serap air, kadar air, dan kerapatan. Hasil data fisik menunjukkan bahwa perlakuan menunjukkan kadar optimal untuk daya serap, kadar air dan

kerapatan karena limbah rumput laut masih mengandung banyak gel yang kemampuannya untuk mengikat air yang cukup tinggi (Amalia, 2013). Uji porositas struktur pot MDF juga mengalami dinamika perubahan struktur seiring dengan jumlah komposisi air dan pemanfaatannya sehingga pada kondisi hari ke-21 dimana porositas partikel menjadi relative stabil sebagaimana porositas pot MDF pada hari ke-0. Efisiensi penggunaan air terbaik pada perlakuan sehingga menjadi model untuk prototype penggunaan pot MDF pada tanaman lainnya. Analisa terkait komponen penyusun pot MDF tercatat didominasi oleh atom C, O, S, Cl, K, Si, Ca, Na, Al, dan Mg. Komposisi O mengalami kenaikan prosentase dari hari ke-0 hingga ke-21. Hal ini disebabkan interaksi oksigen dari H₂O yang terjadi dengan polysacharida dari pot MDF semakin banyak berdasarkan waktu penggunaan pot MDF dari hari ke-0 hingga ke-21. Pada sisi yang lain, struktur porositas pot MDF semakin terbuka namun dari sisi pertumbuhan tanaman menjadi menguntungkan sebab ketersediaan O₂ meningkat dan mempertahankan produktivitas media tanah yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman. Demikian juga komponen C, S, Cl, K, Si, Ca, Na, Al, dan Mg relatif stabil sehingga menjamin ketersediaan unsur hara bagi tanaman yang dikembangbiakkan, sekaligus mengurangi penambahan pupuk bagi tumbuh kembang tanaman. Kandungan mineral banyak didominasi komponen C yang menunjukkan lignoselulosa pada limbah rumput laut sangat berperan dalam pembentukan struktur porositas. Perez *et al.* (2002) dan Ibrahim *et al.* (20012) menyebutkan bahwa struktur lignoselulosa tersusun atas lignin, hemiselulosa dan selulosa. Howard *et al.* (2003) secara khusus mengidentifikasi untuk jenis rumput-rumputan didominasi oleh selulosa (45%), hemiselulosa (31,4%) dan lignin (12%). Kandungan selulosa yang tinggi pada limbah rumput laut dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan papan partikel MDF (Sedayu dkk., 2008), demikian juga untuk pembuatan green polybag MDF dari limbah rumput laut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur porositas green polybag dari *Gracilaria verrucosa* dan *Kappaphycus alvarezii* sesuai dengan hasil dari uji fisik dan mekanik MDF sehingga mampu menyimpan air dalam waktu lebih lama, demikian juga dengan kandungan mineral yang dimiliki oleh green polybag ternyata mampu memperkaya kandungan unsur hara media tanah serta mempertahankan ketersediaan unsur hara bagi tanaman yang disemaikan.

BAB 6. SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

1. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik sampel MDF dari *Gracilaria verrucosa* dan *Kappaphycus alvarezii* yang dihasilkan seluruhnya memenuhi syarat untuk produksi green polybag MDF.
2. Struktur porositas green polybag dari *Gracilaria verrucosa* dan *Kappaphycus alvarezii* sesuai dengan hasil dari uji fisik (kerapatan, kadar air, daya serap, pengembangan tebal) dan uji mekanik (modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bond, kuat pegang sekrup) MDF.

6.2 Saran

Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang lama daya tahan *Medium Density Fibreboard* yang dibuat dari bahan rumput laut pada berbagai tanaman sehingga dapat mengetahui tingkat pertumbuhan tanaman, efisiensi penggunaan air dan ketahanan struktur porositas green polybag MDF.



DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E. dan E. Liviawati. 1993. *Budidaya Rumput Laut dan Cara Pengolahannya*. PT. Bhratara Niaga Media. Jakarta.
- Alamsjah M A, Sulmartiwi L, Pursety K T, Amin M N G, Wardani K A and Arifianto M D 2017 *Modifying Bioproduct Technology of Medium Density Fibreboard From The Seaweed Waste Kappaphycus alvarezii and Gracilaria verrucosa* J. Indian Acad Wood Sci 14(1): 32-45.
- Alamsjah M A 2010 *Producing New Variety of Gracilaria sp. Through Cross Breeding Research* Journal of Fisheries and Hydrobiology 5(2): 159-167.
- Alamsjah, M. A. 2010. *Eksplorasi Bahan Aktif Algicidal Rumput Laut (I)*. Global Persada Press. Surabaya. 62 hal.
- Alamsjah, M. A., R.F. Christina dan S. Subekti. 2011. *Pengaruh Fermentasi Limbah Rumput Laut Gracilaria sp. Dengan Bacillus subtilis Terhadap Populasi Plankton Chlorophyceae*. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan, 3(2): 203-213.
- Amalia, D. R. N. 2013. *Efek Temperatur Terhadap Pertumbuhan Gracilaria verrucosa*. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Jember. Jember. hal 18.
- Andhini, H.A. 2011. *Pengaruh Logam Berat Pb Terhadap Profil Protein Alga Merah (Gracilaria sp.)*. Tugas Akhir SB 1385. Institute Sepuluh November Surabaya. Surabaya.
- Anggadiredja, T. 2006. *Rumput Laut*. Jakarta: Penerbit Penebar Swadaya.
- Angkasa W.I, Purwoto H dan Anggadireja J.T. 2011. *Teknik Budidaya Rumput Laut*. <http://kenshuseidesu.tripod.com/id49.html>. 29 November 2013.
- Anindyawati, T. 2009. *Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa untuk Produksi Bioetanol*. Berita Selulosa, 44(1): 49-56.
- Anindyawati, T. 2010. *Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian untuk Pupuk Organik*. Berita Selulosa, 45(2): 70-77.
- Arrosyad, F. H. 2015. *Pengaruh Perbedaan Umur Rumput Laut (Eucheuma cottonii) Sebagai Bahan Pembuatan Medium Density Fibreboard (MDF)*. Skripsi. Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Airlangga. Surabaya. 27 hal.
- Aslan, M.L. 1995. *Budidaya Rumput Laut*. Jakarta. Kanisius. 97 hal.

- Atmadja, W. S., A. Kadi., Sulistijo, dan Rachmaniar. 1996. Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut di Indonesia. Puslitbang Oseanologi. LIPI. Jakarta.
- Atmadja WS dan Soelistijo. 1988. Beberapa aspek vegetasi dan habitat tumbuhan laut bentik di pulau-pulau Seribu. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI.
- Basmal, J., Yeni, Y., Murdinah, Suherman, M., dan Gunawan, B. 2003. Laporan Teknis Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Badan Riset Kelautan dan Perikanan Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta. 61 hal.
- Bima, C. L. 2007. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Pemberian Air Melalui Irigasi Tetes Pada Budidaya Tanaman Cabai (*Capsium annum L.*). Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Bowyer J.L., R. Shmulsky and J.G. Haygreen. *Forest Product and Wood Science an Introduction*, 4th Ed., Iowa State Press A Blackwell Publ., Iowa, USA, 2003, 213 hal.
- Budi, S. W., A. Sukendro dan L. Karlinasari. 2012. Penggunaan Pot Berbahan Dasar Organik Untuk Pembibitan *Gmelina arborea* Roxb. di Persemaian. Jurnal J. Agron. Indonesia 40(3): 239-245.
- Chapman VJ. 1970. *Seaweeds and Their Uses* . London : Methuen & Co. LTD.
- Cox, C. 2001. Insecticide Factsheet Imidacloprid. Northwest Coalition For Alternatives To Pesticides/NCAP. Eugene, Oregon. Journal of Pesticide Reform/Spring 2001.21(1).
- Dawes CJ. 1981. *Marine Botany*. New York: John Wiley dan Sons, University of South Florida. 268 hal.
- Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP). 2008. Statistik Departemen Kelautan dan Perikanan 2007. Jakarta: DKP.
- Doty MS. 1985. *Eucheuma alvarezii* sp.nov (Gigartinales, Rhodophyta) from Malaysia. Di dalam: Abbot IA, Norris JN (editors). *Taxonomy of Economic Seaweeds. California Sea Grant College Program*. Hal 37 – 45.
- Effendi R. 2001. Kajian Tekno Ekonomi Industri MDF (*Medium Density Fiberboard*). Jurnal Info Sosial Ekonomi 2 (2):103-112.
- Fateha. 2007. Penanganan Pasca Panen Rumput Laut Coklat, *Sargassum filipendula* Sebagai Bahan Baku Alginat. Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan.
- Folorunso O.P., B.U. Anyata, J. App. 2007. Sci. 2/5. 548 hal.

- Goodwin, T. W. 1974. *Carotenoids and Billiprotein dalam Algal Physiology and Biochemistry*. Editor W. D. P Steward. Blackwell Scientific Publication. London.
- Hakim L, Herawati E dan Wistara INJ. 2011. Papan Serat Berkerapatan Sedang Berbahan laku *Sludge* Terasetilasi dari Industri Kertas. *Makara, Teknologi*, 15(2): 123-130.
- Harvey F. 2009. Produksi bioetanol dari limbah Karegenan. [skripsi] Bogor: Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Insitut Pertanian Bogor.
- Hakim, L. dan F. Febrianto. 2005. Karakteristik Fisis Papan Komposit dari Serat Batang Pisang (*Musa sp.*) dengan Perlakuan Alkali. *Peronema Forestry Science Journal*, 1(1): 21-26.
- Hakim, L., E. Herawati, dan I. J. Wistara. 2011. Papan Serat Berkerapatan Sedang Berbahan Baku *Sludge* Terasetilasi dari Industri Kertas. *Jurnal Makara Teknologi*. 15(2): 123-130.
- Ichsanudin, M. 2016. Bercocok Tanam Tomat dalam Pot/Polybag. <http://homeseed.id/panduan-menanam/bercocok-tanam-tomat-dalam-pot-polybag/>. Diakses tanggal 27 Maret 2017.
- Ilknur, A. and S. Cirik. 2004. Distribution of *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Peppenfuss (Rhodophyta) in Izmir Bay (Eastern Aegean Sea). *Pakistan Bio. Sci.* 7(11): 2022-2023.
- Japanese Industrial Standard A 5905. 2003. Fibreboards. Japanese Standards Asociation. Tokyo. Japan.
- Japanese Industrial Standard for Particle Board JIS A 5908. 2003. Japanese Standard Association. Japan. 28 p.
- Kadi A dan Atmadja WS. 1988. Rumput Laut Jenis Algae. Reproduksi, Produksi, Budidaya dan Pasca Panen. Proyek Studi Potensi Sumberdaya AlamIndonesia. Jakarta: Pusat penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 101 hal.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2016. Komoditas Rumput Laut Kian Strategis. www.kkp.go.id. 12 Oktober 2016. 1 hal.
- Killay, A. 2013. Kitosan Sebagai Anti Bakteri pada Bahan Pangan yang Aman dan Tidak Berbahaya (*Review*). Jurusan Biologi. FMIPA. Universitas Pattimura, Ambon.
- Kim O.T., K.H Bang and Y.S Shin. 2007. Enhanced production of asiaticoside from hairy root cultures of *Centella asiatica* (L.) Urban elicited by methyl jasmonate. *Plant Cell Rep*, 26: 1941-1949.
- Kollmann, F.J.P., E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975. Principles of Wood Science and Technology. Volume II. Wood Based Materials. Springer-Verlag : New York.
- Komarawidjaja, W. 2005. Rumput Laut *Gracilaria sp.* Sebagai Fitoremediasi Bahan Organik Perairan Tambak Budidaya. *Teknologi Lingkungan (P3TL)-BPPT*. 6(2): 410-415.

- Kusriningrum, R. S. 2008. Perancangan percobaan. Universitas Airlangga. Surabaya. hal 43-63.
- Kusriningrum, R.S. 2012. Perancangan Percobaan. Universitas Airlangga. Surabaya. hal. 31-35.
- Luthfy, S. 1988. *Mempelajari Ekstraksi Karaginan dengan Metoda Semi refine dari Eucheuma cottonii*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 106 pp.
- Maharani MA dan Widyayanti. 2009. Pembuatan alginat dari rumput laut untuk menghasilkan produk dengan rendemen dan viskositas yang tinggi. Universitas Diponegoro.
- Mahzan, S., A.M.A. Zaidi., M.I. Ghazali., N. Asrat., M.N.M. Hatta and S.R Mohidden. 2011 Mechanical Properties of Medium Density Fibreboard Composites Material Using Recyled Rubber and Coconut Coir. Journal of Engineering. Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering. UTHM. pp. 21-27.
- Majid, A.B. 2008. Studies On Foraging and Evaluations of Imidacloprid Treatments For Controlling Subterranean Termites In Selected Premises (Isoptera : Rhinotermitidae). Universiti Sains Malaysia, Malaysia.
- Maloney, T.M. 1993. Modern Particleboard and Dry-Process Fibreboard Manufacturing. San Francisco, USA: Miller Freeman Inc. pp. 30-40.
- Maong, R., J.A. Rorong., F. Fatimah. 2016. Aktivitas Ekstrak Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) Sebagai Penstabil Oksigen Singlet Dalam Reaksi Fotooksidasi Asam Linoleat. Jurusan Kimia. FMIPA UNSRAT. Jurnal Mipa Unsrat Online. 5 (1): 60-64.
- Marliah, A., M. Hayati., I. Muliansyah. 2012. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Varietas Tomat (*Lycopersicum esculentum* L.). Program Studi Agroteknologi. Fakultas Pertanian. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh. Jurnal Agrista. 16(3).
- Marsha, N. D., N. Aini dan T. Sumarni. 2014. Pengaruh Frekuensi dan Volume Pemberian Air Pada Pertumbuhan Tanaman *Crotalaria mucronata* Desv. Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. 675 hal.
- Mastuti, E. 2005. Pembuatan Asam Oksalat dari Sekam Padi. Ekuilibrium, 4(1): 13-17.
- Mustaqim, A. Farid dan Nurjanah. 2014. Pengolahan Limbah Rumput Laut Sebagai Alternatif Pakan Ternak dan Ikan. Fakultas Teknik. Universitas Pancasakti. Tegal. hal 2.
- Muzakir. 2009. Serat dari Limbah Rumput Laut. [http:// carrageenaninfo.blogspot.com/2007/09/serat-dari-limbah-rumput-laut.html](http://carrageenaninfo.blogspot.com/2007/09/serat-dari-limbah-rumput-laut.html) diakses tanggal 30 November 2013

- Noor DZ 1991. Pengaruh Senyawa Hidroksida dan Usia Tanam Terhadap Kualitas Bahan Baku Rumput Laut. Prosesing Temu Ilmiah pasca panen rumput laut. Lembaga penelitian perikanan laut. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Jakarta.
- Nugroho, N.K.C dan Darmono. 2012. Efektivitas Pengawetan Kayu Terhadap Serangan Rayap Menggunakan Campuran Boraks dan Asam Borat. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Nuryati, S. 2009. Melirik Potensi Energi, Pangan, dan Kesehatan dari Laut. <http://www.suarakarya-online.com/news.html?id=224458>. Diakses pada 1 Oktober 2013.
- Octavia, S., T.H. Soerawidjaja., R. Purwadi dan I.D.G.A. Putrawan. 2011. Pengolahan Awal Lignoselulosa Menggunakan Amoniak Meningkatkan Perolehan Gula Fermentasi. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". ISSN:1693-4393. hal. 2-3.
- Panshin AJ and Zeeuw C de. 1980. *Textbook of Wood Technology Vol. II*. New York: Mc Graw-Hill Book Company Inc.
- Pramesti, Rini dan Nirwani. 2007. Organ Reproduksi *Gracillaria gigas* Harvey Pada Fase Kasporofit. Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang. Jurnal Penelitian.
- Pudjiono, E., G. Djojowasito dan N. S. Oktayani. 2012. Pembuatan dan Pengujian Kantong Tanam Organik dari Bahan Eceng Gondok (*Eichoirnia crassipes* (Mart.) Solms). Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Putri, D.R. 2009. Pengaruh Ukuran Contoh Uji Terhadap Beberapa Sifat Partikel Dan Papan Serat. Skripsi. Departemen Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 48 hal.
- Radhitya, M.S. dan Zulfahmi. 2010. *Pemanfaatan Limbah Kulit Udang sebagai bahan Anti Rayap (Bio-Termisida) pada Bangunan Berbahan Kayu*. (Skripsi). Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rokhati, N. 2006. Pengaruh Derajat Deasetilasi Khitosan dari Kulit Udang Terhadap Aplikasinya Sebagai Pengawet Makanan. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro, Semarang. Reaktor, 10(2): 54-58.
- Santoso, A. 2012. Resorsinol dari Limbah Biomassa Kayu Merbau Sebagai Perejat Kayu Komposit. Tajuk Utama, 1(1): 1-2.
- Sedayu, B.B., T. N. Widiyanto., J. Basmal dan B. S. B. Utomo. 2008. Pemanfaatan Limbah Padat Pengolahan Rumput Laut *Gracilaria* sp. Untuk Pembuatan Papan Partikel. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. 3(1).
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2006. Papan Partikel. SNI 03-2105-2006. 27 hal.

Standar Nasional Indonesia (SNI). 2006. Papan Serat. SNI 01-4449-2006. 41 hal.

Saputra, B.T. 2011. Aplikasi ioteknologi Pemanfaatan Limbah Rumput Laut. <http://www.gudangreferensi.com.4/6/2011>. 9 hal.

Subiyanto, B., Raskita, S., dan Efendy, H. 2003. Pemanfaatan Serbuk Sabut Kelapa sebagai Bahan Penyerap Air dan Oli Berupa Panel Papan Partikel. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*.1(1): 26-34.

Sucipto, T. 2009. Metode Likuifikasi Kayu. Departemen Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan. 11 hal.

Sudariastuti, E. 2011. Pengolahan Rumput Laut. Materi Penyuluhan Perikanan. Kepala Pusat Penyuluhan Perikanan dan Kelautan. Jakarta. 63 hal.

Sudarsono., T. Rusianto., Y. Suryadi. 2010. Pembuatan Papan Partikel Berbahan Baku Sabut Kelapa Dengan Bahan Pengikat Alami (Lem Kopal). Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknologi Industri. *Jurnal Teknologi*. 3(1): 22-32.

Sudjadi, B. dan Laila, Siti. 2006. Biologi Sains dalam Kehidupan. Jakarta.

Sulastiningsih, I.M., S. Ruhendi., M.Y. Massijaya., W. Darmawan dan A. Santoso. 2013. Respon Bambu Andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) Terhadap Perekat Isosianat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 11(2): 140-152.

Suparmi dan A. Sahri. 2009. Mengenal Potensi Rumput Laut : Kajian Pemanfaatan Sumber Daya Rumput Laut dan Aspek Industri dan Kesehatan. Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung. 44(118).

Suryanti, S., D. Indradewa, P. Sudira dan J. Widada. 2015. Kebutuhan Air, Efisiensi Penggunaan Air Dan Ketahanan Kekeringan Kultivar Kedelai. *Jurnal Agritech*. 35(1): 114-120.

Sintaria, D. 2012. Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida H₂O₂ Dan Tepung Tapioka Terhadap Sifat Fisik Kertas Berbasis Ampas Rumput Laut *Eucheuma cottoni*. (Skripsi). Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 53 hal.

Soegiarto AW, Sulistijo dan Mubarak H. 1978. Rumput Laut Algae. Manfaat, Potensi dan Usaha Budidayanya. Jakarta: Lembaga Oseanologi Nasional. LIPI. 87 hal.

Suschland, O and Woodson. 1986. Some important aspects of fiber board manufacturing process in industry. USDA (United Stated Development Agency) America.

- Tambunan, D.H. 2010. Kualitas Papan Serat Berkerapatan Sedang dari Akasia dan Isosianat. Skripsi. Departemen Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan. 58 hal.
- Tjondronegoro PD, Nasaputra M, Kusumaningrat T, Gunawan AW, Jaelani M dan Suwanto A. 1989. Botani Umum II. Bogor: Pusat Antar Universitas IlmuHayat, Institut Pertanian Bogor.
- Trawanda, S.A., S. Rejeki., R.W. Ariyanti. 2014. Kuantitas dan Kualitas Rumput Laut *Gracilaria* sp. Bibit Hasil Seleksi dan Kultur Jaringan Dengan Budidaya Metode *Longline* di Tambak. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 3(2): 150-158.
- Tsoumis G. 1991. *Science and Technology of Wood*. New York. Van Nostrand Reinhold.
- Wahyudin, Y. 2013. Nilai Sosial Ekonomi Rumput Laut Studi Kasus Kecamatan Tanimbar Selatan dan Selaru Kabupaten Maluku Tenggara Barat Provinsi Maluku. *Majalah Ilmiah Globe*. Program Studi Ekonomi Kelautan, 12(1): 1-9.
- Widyorini, N. 2010. Analisis Pertumbuhan *Gracilaria* sp. Di Tambak Udang Ditinjau Dari Tingkat Sedimentasi. *Jurnal Saintek Perikanan*. 6(1): 30-36.
- Wiratmaja, I., Kusuma., I. B. W. G. Kusuma dan I. S. Winaya. 2011. Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Sebagai Bahan Baku. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra.M*. 5(1): 75-84.
- Wulandari, E., B. Guritno dan N. Aini. 2014. Pengaruh Kombinasi Jumlah Tanaman Per Polybag Dan Komposisi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(6): 464-473.
- Wulandari, T.F. 2013. Produk Papan Komposit dengan Pemanfaatan Limbah Non Kayu. Prodi Kehutanan. Faperta. Universitas Mataram, Mataram. *Media Bina Ilmiah*. 7(6).
- Yamauchi, S., Y. Sakai, Y. Watanabe, M.K. Kubo, and H. Matsue. 2007. *Distribution boron in wood treated with aqueous and methanolic boric acid solutions*. *J. Wood Sci*. 53: 324-331.
- Yandesman. 1998. Pengaruh Tingkat Penambahan Kayu Akasia dan Perebusan Kayu Karet Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Serat Campuran [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

Lampiran 1. Dukungan sarana dan prasarana penelitian

Sarana dan prasarana laboratorium serta areal pesisir sebagai tempat uji lapang **Struktur Porositas Green Polybag dari Medium Density Fibreboard Limbah Rumput Laut** menunjang 100% kegiatan penelitian tersebut.

Laboratorium

- Laboratorium Institute Tropical Disease Universitas Airlangga
- Laboratorium Dasar Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga
- Kolam Pendidikan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga

Areal pertambakan dan pesisir

- Tambak Rumput Laut Balai Budidaya Air Payau Bangil Pasuruan
- Wilayah Pesisir Kenjeran Surabaya

Peralatan utama

- | | |
|---|-----------------|
| - <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) | - Oven |
| - Refrigerator | - Bak kolam |
| - Spectrophotometer | - pH meter |
| - Autoclave | - Refraktometer |
| - Mikroskop binokuler dan trinokuler | - DO meter |
| - Blower | - Centrifuge |

Keterangan tambahan :

Sarana dan prasarana pendukung lainnya guna menyelesaikan penelitian tersebut dapat memanfaatkan fasilitas yang dimiliki Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Jawa Timur berdasar dokumen Memorandum of Understanding (MoU) antara Universitas Airlangga dengan Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.



Lampiran 2. Artikel Ilmiah

HUBUNGAN SIFAT FISIK DAN MEKANIK MEDIUM DENSITY FIBERBOARD DENGAN STRUKTUR POROSITAS DAN KANDUNGAN MINERAL PADA GREEN POLYBAG LIMBAH RUMPUT LAUT

Mochammad Amin Alamsjah^{1*}, Sri Subekti¹, Kustiawan Tri Pursetyo¹, M. Nur Ghoyatul Amin¹

¹Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Campus C UNAIR Jl. Mulyorejo, Surabaya, Indonesia

*Corresponding author: alamsjah@fpk.unair.ac.id

ABSTRACT

Limbah rumput laut merupakan bahan sisa (*waste product*) yang masih mengandung lignoselulosa sehingga melalui rekayasa teknologi masih dapat dimanfaatkan menjadi papan komposit *Medium Density Fiberboard* (MDF) dan sebagai alternatif lain bahan baku industri yang dapat dijadikan produk MDF. Syarat produksi green polybag MDF sebagai pengganti polybag berbahan plastik ditentukan dari sifat fisik (kerapatan, kadar air, daya serap dan pengembangan total) dan sifat mekanik (keteguhan lentur, keteguhan patah, keteguhan rekat dan kuat pegang sekrup) dengan struktur porositas dan kandungan mineral penyusun green polybag dari limbah rumput laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur porositas green polybag dari *Gracilaria verrucosa* dan *Kappaphycus alvarezii* sesuai dengan hasil dari uji fisik dan mekanik MDF sehingga mampu menyimpan air dalam waktu lebih lama, demikian juga dengan kandungan mineral yang dimiliki oleh green polybag ternyata mampu memperkaya kandungan unsur hara media tanah serta mempertahankan ketersediaan unsur hara bagi tanaman yang disemaikan.

Keywords: Limbah rumput laut, *Gracilaria verrucosa*, *Kappaphycus alvarezii*, green polybag

LATAR BELAKANG

Wulandari (2014) menyebutkan bahwa papan komposit sangat ideal dikembangkan sebagai pengganti produk utama kayu karena memiliki keunggulan antara lain adalah bahan bakunya dapat dari berbagai limbah non kayu. Salah satu bentuk pemanfaatan kayu sebagai bahan baku industri yang mempunyai prospek pemasaran dalam negeri dan ekspor yang cerah adalah industri papan serat kayu berkerapatan sedang yang dikenal dengan *Medium Density Fiberboard* (MDF). Maloney (1993) juga menyatakan bahwa papan komposit dengan spesifikasi MDF yang merupakan produk panel kayu yang terbuat dari serat berlignoselulosa dengan kerapatan 0,4 sampai 0,8 g/cm³. Dalam 10 tahun terakhir ini konsumsi MDF berkembang pesat di Asia Pasifik berkisar 16-17% per tahun dan di Eropa 15% per tahun (Effendi, 2001). Secara umum MDF dibuat dari serat lignoselulosa yang dikombinasikan dengan resin sintetik atau ikatan lain yang sesuai dengan perlakuan temperatur tinggi dan tekanan (Mahzan, 2011). Papan MDF merupakan salah satu produk panel kayu yang dihasilkan dari pengempaan panas serat kayu atau bahan berlignoselulosa lain dengan ikatan utama berasal dari bahan baku yang bersangkutan atau bahan lain untuk memperoleh sifat khusus. Produksi papan serat dari sisa-sisa produksi kayu merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah kelangkaan kayu saat ini, baik sebagai bahan baku papan struktural (papan konstruksi) maupun nonstruktural (interior dan pelapis). Produk komposit

tersebut dapat berupa papan partikel, papan serat, OSB, *comply*, WPC dan produk komposit lainnya (Hakim dkk., 2011). Dalam pembuatannya MDF umumnya menggunakan serbuk kayu yang berasal dari pepohonan, hal ini memicu hubungannya dengan isu lingkungan global terkait keberadaan pepohonan merupakan sumber O₂ dan penyerap CO₂ (diperkirakan, setiap tahun dilepaskan 18,35 miliar ton CO₂).

Pada sisi yang lain diketahui bahwa kandungan rumput laut dari jenis *Kappaphycus alvarezii* memiliki kandungan kadar abu 19,92%, protein 2,80%, lemak 1,78%, serat kasar 7,02% dan karbohidrat merupakan kandungan yang cukup tinggi pada rumput laut *K. alvarezii* yaitu sekitar 68,48% (Luthfy, 1988). Karbohidrat memiliki kandungan lignoselulosa, dimana merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Wiratmaja dkk., 2011). Pada penelitian terdahulu lainnya tentang rumput laut *K. alvarezii* menjelaskan bahwa kandungan komponen selulosa sebesar 17,47%; hemiselulosa 21,16% dan lignin 8,23% (Sintaria, 2012). Bahan-bahan berlignoselulosa dapat diolah menjadi suatu produk yang dapat menggantikan kayu solid, yaitu produk papan komposit.

Limbah rumput laut juga merupakan bahan sisa (*waste product*) yang masih mengandung lignoselulosa. Oleh karena itu hal ini akan menarik dan sangat berguna untuk diteliti dan dimanfaatkan menjadi papan komposit sebagai alternatif lain bahan baku industri yang dapat dijadikan produk panel. Berdasarkan hal tersebut perlu dikaji tentang rekayasa teknologi limbah rumput laut sebagai bahan alternatif pengganti serbuk kayu untuk pembuatan MDF yang berkualitas dan berdaya guna sekaligus upaya alternatif yang sangat menguntungkan bagi keseimbangan ekosistem maupun inovasi teknologi yang ramah lingkungan. Salah satu produk berbasis MDF adalah green polybag yang dibuat dari limbah rumput laut *Gracilaria verrucosa* dan *Kappaphycus alvarezii* mempunyai kemampuan untuk mengganti polybag berbahan plastik dan melakukan efisiensi penggunaan air serta upaya untuk melestarikan hutan dengan mensubstitusi 50% serbuk kayu dalam pembuatan MDF. Syarat produksi green polybag MDF yang memenuhi kriteria di atas sangat ditentukan dari sifat fisik (kerapatan, kadar air, daya serap dan pengembangan total) dan sifat mekanik (keteguhan lentur, keteguhan patah, keteguhan rekat dan kuat pegang sekrup) MDF dengan struktur porositas dan kandungan mineral penyusun green polybag dari limbah rumput laut sehingga diperlukannya kajian terkait hubungan sifat fisik dan sifat mekanik dengan struktur porositas dan kandungan penyusun green polybag dari limbah rumput laut.

METODE

Penelitian menggunakan metode eksperimental. Rancangan percobaan yang digunakan adalah K: perlakuan serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: perlakuan serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%.

Prosedur Kerja

E. Persiapan Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian dicuci dengan detergen dan dibilas dengan air bersih, kemudian dicuci lagi dengan klorin 12 ppm, selanjutnya dicuci dengan air bersih dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Masing-masing wadah penelitian diletakkan pada rak dengan posisi sesuai pada desain penelitian.

F. Persiapan Rumput laut

Limbah *K. alvarezii* dan *G. verrucosa* yang digunakan adalah limbah panen rumput laut yang berasal dari sisa panen tambak budidaya atau hasil limbah pabrik rumput laut. Kemudian dilakukan proses *repulping* dan pencucian. Limbah rumput laut dimasukkan ke dalam alat *disintegrator* (pengaduk dan pemisah serat) dan ditambahkan air sampai rumput laut tenggelam sepenuhnya. Campuran ini kemudian diaduk selama 20–25 menit. Hal ini dilakukan untuk mencuci rumput laut agar terpisah dari kandungan dan kotoran lainnya sehingga hanya serat rumput laut yang diperoleh utuh.

Tahap selanjutnya adalah penyaringan dan pengeringan rumput laut. Rumput laut yang diperoleh, disaring dengan menggunakan saringan agar terpisah dari kotoran dan air, kemudian dikeringkan dengan pengeringan alami dan oven hingga kadar airnya mencapai 5–8%. Pada proses pembuatan MDF juga ditambahkan serbuk kayu sebagai campuran dengan limbah rumput laut dan perekat epoxy sesuai dosis perlakuan.

G. Pembuatan *Medium Density Fibreboard* (MDF)

Pembuatan MDF ini dilakukan dengan proses kering (*dry process*), yaitu dengan menggunakan pengempaan panas (*hot press*). Setelah bahan baku dicampur perekat, dilakukan pengempaan (*pressing*) dengan menggunakan kempa panas (*hot press*) dengan suhu 170°C dan tekanan 45 Pa selama 25 menit. Ukuran papan yang akan dibuat adalah 20 x 20 x 2 cm³ dengan kerapatan target 0,4-0,8 g/cm³. Setelah itu, dilakukan pengkondisian: papan yang telah dikeluarkan dari kempa panas dibiarkan dalam *frame* selama 24 jam agar papan serat yang dihasilkan tidak melengkung. Kemudian dilakukan pengkondisian kembali selama 2 hari untuk mendapatkan papan serat yang berkualitas tinggi (Hakim dkk, 2011).

H. Analisa Penelitian

Analisa yang dilakukan terhadap sampel MDF meliputi pengujian sifat fisik (kerapatan, kadar air, daya serap air dan pengembangan tebal), mekanik (keteguhan lentur, keteguhan patah, keteguhan rekat, dan kuat pegang sekrup) yang mengaju pada standar pengujian *Japan Industrial Standard* (JIS) 5908-2003, serta pengujian struktur porositas dan kandungan mineral dari MDF yang di buat.

Kerapatan

Kerapatan atau densitas merupakan suatu indikator penting suatu komposit, karena sangat mempengaruhi sifat dari material komposit. Uji densitas komposit ini dilakukan dimana berat jenis diperoleh berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$Kr = \frac{B}{V}$$

Keterangan :

Kr = kerapatan (g/cm³)

B = berat contoh uji kering udara (g)

V = volume contoh uji kering udara (cm³)

Kadar air

Pengujian kadar air dilakukan dengan cara menggunakan *wood moisture meter*. Pemeriksaan dilakukan setelah MDF yang sudah dicetak didiamkan selama 2 hari, dimana dalam keadaan siap diuji sifat fisik dan mekanik.

Daya serap

Pengujian daya serap air dilakukan selaras dengan pengujian pengembangan tebal. Pada umumnya semakin tinggi sifat pengembangan tebal maka semakin tinggi pula sifat daya serap air, dan begitu juga sebaliknya semakin rendah sifat pengembangan tebal papan maka semakin rendah pula sifat daya serap airnya (Subiyanto, 2003). Pada standar JIS A 5908 (2003) daya serap air tidak dipersyaratkan. Daya serap air diuji dengan mengukur berat MDF setelah direndam selama 24 jam dan sebelum dilakukan perendaman. Daya serap air dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$(W_0 - W_1) / W_1 \times 100\%$$

Keterangan :

W_0 = Berat awal (gr).

W_1 = Berat akhir setelah perendaman 24 jam (gr).

Pengembangan Tebal

Sifat pengembangan tebal papan partikel merupakan salah satu sifat fisik yang akan menentukan suatu papan komposit yang digunakan untuk keperluan *interior* dan *eksterior*. Apabila pengembangan tebal suatu papan komposit tinggi berarti stabilitas dimensi produk tersebut rendah, sehingga produk tersebut tidak dapat digunakan untuk keperluan *eksterior* dan sifat mekanisnya akan menurun dalam jangka waktu yang tidak lama.

Pengujian pengembangan tebal dilakukan bersamaan dengan pengujian daya serap air. Parameter yang diukur adalah pertambahan panjang, lebar dan tebal MDF sebelum dan sesudah direndam dalam air dalam waktu 24 jam. Pengembangan tebal tersebut dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Pengembangan tebal dan linier (%)

T_1 = tebal/panjang awal contoh uji sebelum perendaman (cm)

T_2 = tebal/panjang contoh uji setelah perendaman 24 jam (cm)

Keteguhan lentur

Keteguhan lentur atau *Modulus of elasticity* (MOE) adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu atau untuk menahan beban mati maupun hidup selain beban pukulan. *Modulus of Elasticity* (MOE) menguji kemampuan contoh benda uji untuk menahan kelengkungan. Dalam hal ini sifat mekanis dari benda uji ditentukan dari kemiringan dari garis lurus defleksi beban. Kemudian MOE dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$MOE = \frac{PL^3}{4bh^3\Delta Y}$$

Keterangan :

MOE = Keteguhan lentur

Pl = Beban pada batas imbang (Kg)

- L** = Panjang benda uji (mm)
b = Lebar benda uji (mm)
d = Tebal benda uji (mm)
Y = Kemiringan pusat pada batasimbang

Keteguhan patah

Pada uji keteguhan patah, contoh uji MDF ditempatkan pada dua tumpuan lalu diterapkan beban ditengah tumpuan tersebut dengan laju pembebanan konstan. Dalam uji keteguhan patah menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Keteguhan patah atau *Modulus of Rupture* (MOR) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$MOR = 3PL : 2bd^2$$

Keterangan : MOR = *Modulus of Rupture* (Mpa); P = Pembebanan *bending* maksimum (N); L = Panjang contoh uji MDF (mm); b = Lebar contoh uji MDF (mm); D = Tebal/kedalaman contoh uji MDF (mm).

Keteguhan rekat

Determinasi keteguhan rekat atau *Internal Bond* dilakukan dengan merekatkan kedua permukaan papan pada balok besi dengan menggunakan perekat epoxy selama 24 jam kemudian balok besi tersebut ditarik dengan arah berlawanan. Keteguhan rekat tersebut dihitung dengan menggunakan rumus :

$$IB = \frac{P \text{ maks}}{A}$$

Keterangan :

- IB** = keteguhan rekat (Kgf/cm²)
P = beban maksimum (Kgf)
A = luas permukaan contoh uji (cm²)

Kuat Pegang Sekrup

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah kekuatan sekrup pada ujung papan (*edge screw holding*). Pengujian kekuatan sekrup ini gunanya untuk mengetahui kekuatan tarik sekrup yang diikatkan pada bagian ujung papan dengan ketentuan diameter sekrup 3,2 mm dalam kedalaman 17 mm. Setelah sekrup ditancapkan kemudian dicabut tegak lurus permukaan dengan kecepatan 2 mm/menit. Gaya yang diperlukan untuk mencabut sekrup menunjukkan kekuatan MDF dalam memegang sekrup.

Uji Struktur Porositas dan Kandungan Mineral

Pengujian dilakukan dengan menganalisa produk MDF yang dibuat dengan melihat struktur porositas dan kandungan mineral melalui Scanning Electron Microscope (SEM), yaitu mikroskop electron yang mampu menyelidiki permukaan obyek solid secara langsung dengan perbesaran 10-300000x, depth of field 4-0,4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Fisik

Pengujian sifat fisik pada green polybag yang dibuat dari limbah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria verrucosa* berguna untuk mengetahui karakteristik dan kualitas fisik dari

sampel *Medium Density Fibreboard* (MDF). Uji fisik terdiri dari uji kerapatan, kadar air, daya serap dan pengembangan tebal (Hakim dkk., 2011).

Kerapatan

Pengujian kerapatan merupakan salah satu pengujian sifat fisik yang menunjukkan perbandingan antara massa benda terhadap volumenya pada kadar air kesetimbangan. Kerapatan papan serat berfungsi untuk menentukan kelas papan serat apakah termasuk ke dalam kelas kerapatan rendah (*Low Density Fibreboard*), kerapatan sedang (*Medium Density Fibreboard*) atau kerapatan tinggi (*High Density Fibreboard*). Nilai kerapatan dipengaruhi oleh tebal dinding sel, kadar air dan proses perekatan. Peningkatan kerapatan juga disebabkan terjadinya pemadatan perekat akibat pengempaan sewaktu pembuatan MDF (Bowyer *et al.* 2003).

Secara keseluruhan nilai kerapatan MDF yang dihasilkan dalam penelitian ini telah memenuhi standar JIS A 5908 (2003) yaitu berkisar antara 0,4 g/cm³ sampai 0,8 g/cm³. Nilai rata-rata kerapatan papan partikel dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 1. Rata-Rata Kerapatan MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata Kerapatan (g/cm ³)
G	0,5701 ± 0,0134
K	0,6600 ± 0,0107

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Rata-rata kerapatan yang paling tinggi yaitu pada perlakuan K (Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%) dan rata-rata kerapatan yang paling rendah yaitu G (Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%), hal ini disebabkan jumlah berat bahan yang diperlukan untuk pembuatan MDF untuk menuju sasaran kerapatan yang diinginkan (0,4-0,8 g/cm³) dan memiliki panjang lebar dan tinggi yang seragam antar perlakuan berbeda-beda. Meskipun dari kedua perlakuan tersebut masih memenuhi standar JIS A 5908 (2003) namun dari hasil data dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan kerapatan MDF yang sama pada ukuran 20 x 20 x 2 cm³ dibutuhkan lebih banyak bahan dari serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50% dibandingkan bahan serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%.

Kadar air

Kadar air yang diuji adalah kadar air pada papan MDF yang sudah diberikan perlakuan awal dan pengkondisian sehingga diketahui apakah papan MDF tersebut memenuhi standar yang diterapkan. Untuk kadar air sesuai dengan standar JIS A 5908-2003 ditentukan antara 5-13% untuk memenuhi kriteria MDF yang baik. Dari hasil pengujian tiap perlakuan didapatkan rata-rata kadar air tiap sampel MDF adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Rata-Rata Kadar Air MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata Kadar air (%)
G	6,8100 ± 0,1109
K	5,8291 ± 0,0912

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Dari hasil pengujian kadar air dapat dilihat dalam tabel bahwa semua perlakuan memenuhi standar yang diterapkan dalam pembuatan MDF, hal ini disebabkan sebelum pembuatan papan MDF telah dilakukan preapresi bahan utama seperti serbuk kayu dan limbah rumput laut sudah

dalam keadaan kering dengan kadar air rendah setelah melalui proses penjemuran dan pengeringan dalam oven.

Nilai kadar air tertinggi yaitu pada perlakuan G (Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%) karena jenis rumput laut *Gracilaria verrucosa* tersebut adalah yang paling banyak mengandung air daripada bahan *Kappaphycus alvarezii*.

Daya Serap

Daya serap yang diuji adalah daya serap MDF terhadap air yang dilakukan dengan cara perendaman dalam waktu 24 jam sehingga diperoleh pertambahan berat dari papan MDF dan dapat diketahui prosentase daya serap MDF terhadap air. Dari hasil pengujian tiap perlakuan diperoleh rata-rata daya serap air tiap perlakuan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Rata-Rata Daya Serap Air MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata Daya Serap (%)
G	20,2200 ± 0,1190
K	18,9333 ± 0,1978

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Penyerapan air yang tinggi ditandai dengan penambahan berat sampel MDF yang dihasilkan. Pengujian Daya Serap Air untuk MDF tidak dipersyaratkan pada JIS A 5905-2003. Namun pengujian daya serap air ini perlu dilakukan untuk mengukur kualitas MDF karena hal ini berhubungan dengan daya tahan dan kekuatan MDF tersebut.

Dari hasil pengujian diperoleh daya serap air paling banyak adalah pada perlakuan G (Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%) dan daya serap air paling rendah adalah pada perlakuan K (Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%). Hal ini berhubungan dengan kerapatan pada papan MDF yang telah dibuat, pada perlakuan dengan kerapatan yang tinggi mengakibatkan daya serapnya yang lebih rendah dan begitu pula sebaliknya.

Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal dilakukan dengan mengukur penambahan panjang dari papan MDF yang telah diberi perlakuan perendaman dalam air selama 24 jam. Dari hasil pengujian diperoleh hasil pengembangan tebal sebagai berikut :

Tabel 4. Rata-Rata Pengembangan Tebal MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata Pengembangan Tebal (%)
G	11,7375 ± 0,1272
K	10,9667 ± 0,1198

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Dalam JIS A 5908-2003, pengembangan tebal yang termasuk dalam MDF yang memenuhi standar adalah kurang dari 17 %. Dari hasil yang diperoleh, perlakuan K (Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%) memiliki pengembangan tebal terendah dibandingkan dengan perlakuan G (Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%) yang memiliki pengembangan tebal lebih tinggi, namun masih memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang diterapkan. Hasil uji pengembangan tebal ini berbanding lurus dengan uji daya serap air.

Uji Mekanik

Sifat Mekanik adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan, ukuran kemampuan untuk menahan gaya dari luar yang bekerja pada papan MDF yang dapat merubah bentuknya. Sifat mekanik pada papan serat MDF yang diuji pada penelitian ini yaitu Keteguhan Lentur (MOE), Keteguhan Patah (MOR), Keteguhan Rekat (*Internal bond*) dan Kuat Pegang Sekrup (Hakim, dkk 2011).

Keteguhan Lentur (MOE)

Pengujian Keteguhan Lentur atau *Modulus of Elasticity* (MOE) yaitu kemampuan contoh benda uji untuk menahan kelengkungan. Dalam hal ini sifat mekanis dari benda uji ditentukan dari kemiringan dari garis lurus defleksi beban. Dari hasil pengujian di dapatkan rata-rata MOE yang dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 5. Rata-Rata Keteguhan Lentur (MOE) MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata MOE (g/cm ²)
G	13.599,2803 ± 1,1182
K	14.793,0134 ± 1.0039

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Dari hasil tersebut diperoleh nilai MOE tertinggi adalah pada perlakuan K (Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%) dibandingkan perlakuan G (Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%). Pada standar JIS A 5908-2003 Standar nilai MOE adalah > 25.500 ini menunjukkan semua perlakuan tidak memasuki kriteria dalam standar pembuatan MDF. Namun menurut JIS A 5908-2003 MDF kualitas 3 yaitu memiliki standar > 13.000 sehingga perlakuan K dan G masuk dalam MDF kriteria kualitas 3.

5.2.2 Keteguhan Patah (MOR)

Keteguhan patah atau *Modulus Of Rupture* (MOR) adalah kekuatan maksimum dari papan MDF untuk menahan benda. Dari hasil pengujian didapatkan rata-rata MOR yang dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 6. Rata-Rata Keteguhan patah (MOR) MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata MOR (kg/cm ²)
G	195,0971 ± 1,5304
K	238,3762 ± 1,9036

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Dalam JIS A 5908-2003 Standar nilai MOE adalah minimal 306 kg/cm² sehingga rata-rata keteguhan patah dari produk polybag dari limbah rumput laut tersebut belum memenuhi standar MDF, hal ini dikarenakan ikatan antara perpaduan dan komposisi bahan tersebut hanya mampu menghasilkan keteguhan patah ± 200 kg/cm².

Rendahnya nilai MOR pada perlakuan yang lain disebabkan karena kurangnya ikatan lignoselulosa antar bahan sehingga saat dibentuk menjadi papan, serat-serat kurang saling mengikat. Selain itu, hal ini juga disebabkan oleh proses perekatan pada permukaan papan yang kurang sempurna. Bila dibandingkan dengan penelitian pembuatan papan MDF dari *sludge*, papan MDF dari limbah rumput laut ini mempunyai nilai sifat mekanik yang lebih tinggi dimana nilai MOR papan yang dihasilkan berkisar antara 195–238 kg/cm².

Keteguhan Rekat (*Internal bond*)

Keteguhan rekat atau *Internal bond* merupakan salah satu sifat mekanik dari bahan struktural yang menunjukkan besarnya nilai daya rekat antara perekat dan MDF yang dipadukan. Dari hasil uji *Internal bond* dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 7. Rata-Rata Keteguhan Rekat (*Internal bond*) MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata <i>Internal bond</i> (kg/cm ²)
G	2,1791 ± 0,2091
K	2,3922 ± 0,2112

Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Dari hasil tabel diatas dapat dilihat bahwa seluruh sampel MDF tidak memenuhi standar JIS A 5905-2003 dimana nilai standar *Internal bond* yang disyaratkan adalah minimal 5,1 kg/cm². Nilai *Internal bond* sampel MDF yang rendah dipengaruhi oleh proses perekatan isosianat dengan serat-serat bahan pembentuk MDF. Proses pencampuran perekat dengan bahan-bahan sesuai perlakuan dilakukan dengan pengadukan secara manual (dengan tangan) dimana terdapat kemungkinan penyebaran perekat yang tidak merata ke seluruh serat-serat dan dapat menyebabkan kekuatan rekat MDF yang dihasilkan sangat rendah.

Kuat Pegang Sekrup

Pengujian kuat pegang sekrup adalah kekuatan dari MDF untuk menahan tertancapnya sekrup yang ditanamkan dalam MDF tersebut. Dari hasil pengujian diperoleh rata-rata kuat pegang sekrup adalah sebagai berikut :

Tabel 8. Rata-Rata Kuat Pegang Sekrup MDF (*Medium Density Fibreboard*)

Perlakuan	Rata-Rata Kuat Pegang Sekrup (kg)
G	37,3529 ± 1.0079
K	39,7775 ± 1.1176

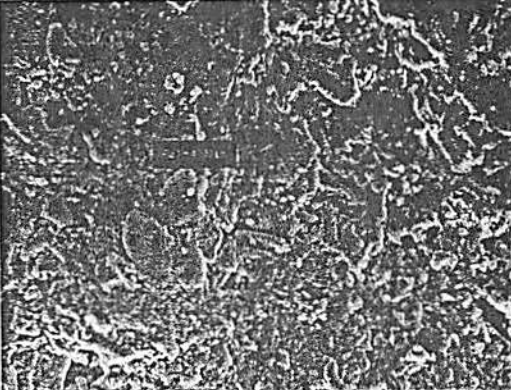
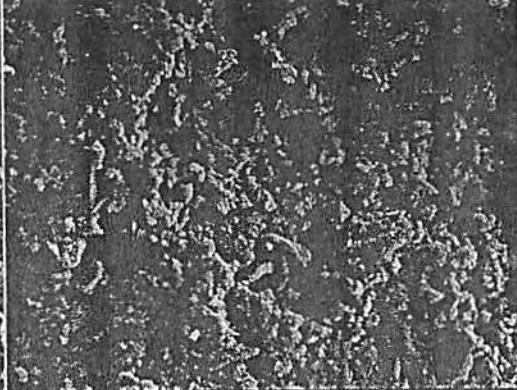
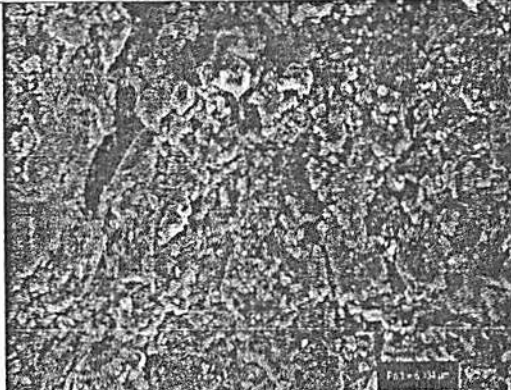

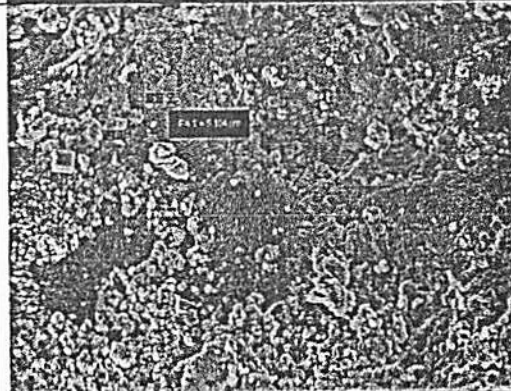
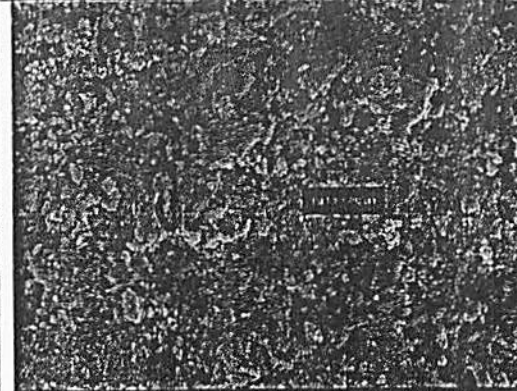
Keterangan: K: Serbuk kayu 50% + *Kappaphycus alvarezii* 50%; G: Serbuk kayu 50% + *Gracilaria verrucosa* 50%

Nilai standar JIS A 5908-2003 adalah minimal 50,98 kg. Jika dibandingkan nilai standar dengan hasil pengujian kuat pegang sekrup yang telah dilakukan, maka seluruh sampel perlakuan belum memenuhi standar yang ditetapkan.

Hasil dari pengujian kuat pegang sekrup ini sejalan dengan hasil pengujian MOE, MOR, dan *Internal bond* sebelumnya dimana kekuatan MDF yang dihasilkan rendah akibat proses

pencampuran perekat dengan bahan-bahan sesuai perlakuan dilakukan dengan pengadukan secara manual. Akibatnya, kekuatan untuk menahan sekrup yang disambungkan pada sampel MDF pun rendah karena ikatan antar serat tidak terjalin kuat. MDF tetap memiliki kelemahan yang sama dengan jenis papan yang lain, yaitu sekrup kurang kuat pada sisi tebal, perekat tidak bekerja secara efektif pada permukaan dan tidak mengikat sekrup sekuat kayu solid.

Uji Struktur Porositas

Perlakuan	Struktur Porositas Limbah Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	Struktur Porositas Limbah Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i>
Hari ke-0	 <p>10 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 File Name = G.0 - 02.tif WD = 8.0 mm Mag = 1000 X Sample ID =</p>	 <p>10 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 File Name = E.0 - 02.tif WD = 6.0 mm Mag = 1000 X Sample ID =</p>
Hari ke-7	 <p>10 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 File Name = G.7 - 03.tif WD = 11.0 mm Mag = 1000 X Sample ID =</p>	 <p>10 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 File Name = E.7 - 06.tif WD = 7.5 mm Mag = 1000 X Sample ID =</p>
Hari ke-14	 <p>10 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 File Name = G.14 - 16.tif WD = 9.0 mm Mag = 1000 X Sample ID =</p>	 <p>10 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 File Name = E.14 - 18.tif WD = 8.5 mm Mag = 1000 X Sample ID =</p>

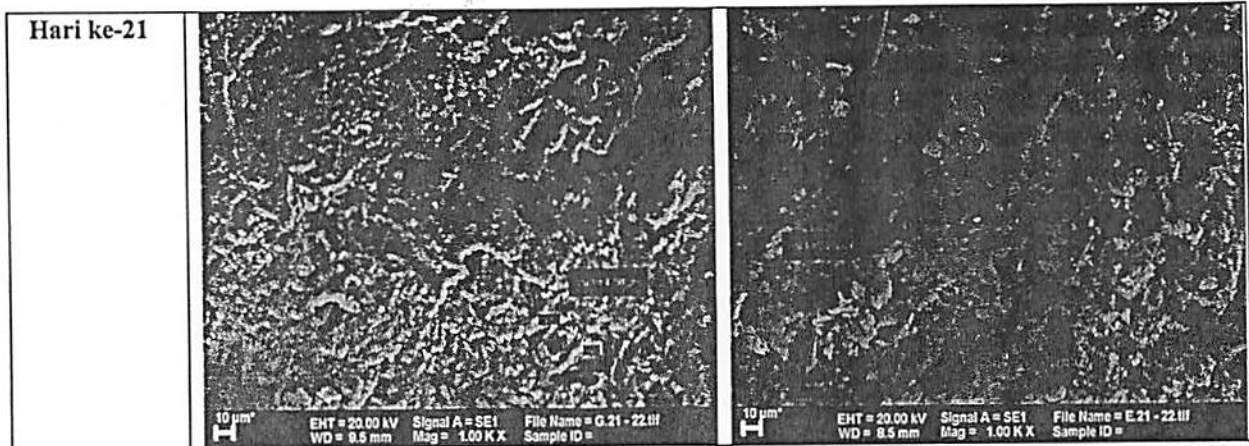


Figure 1. Structure porositas green polybag dari limbah rumput laut *Gracilaria verrucosa* dan *Kappaphycus alvarezii* pada hari ke-0, 7, 14 dan 21

Perlakuan	Kandungan Mineral Limbah Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	Kandungan Mineral Limbah Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i>																																																																																																																																																																								
Hari ke-0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN</th> <th>Series</th> <th>unn.</th> <th>C norm.</th> <th>C Atom.</th> <th>C Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[at.%]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O</td><td>8</td><td>K-series</td><td>49.32</td><td>49.32</td><td>45.97</td><td>30.8</td></tr> <tr><td>C</td><td>6</td><td>K-series</td><td>39.57</td><td>39.57</td><td>49.13</td><td>13.2</td></tr> <tr><td>K</td><td>19</td><td>K-series</td><td>2.77</td><td>2.77</td><td>1.06</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>20</td><td>K-series</td><td>2.28</td><td>2.28</td><td>0.85</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>S</td><td>16</td><td>K-series</td><td>1.75</td><td>1.75</td><td>0.81</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>17</td><td>K-series</td><td>1.47</td><td>1.47</td><td>0.62</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Si</td><td>14</td><td>K-series</td><td>1.02</td><td>1.02</td><td>0.54</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Na</td><td>11</td><td>K-series</td><td>0.66</td><td>0.66</td><td>0.43</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Al</td><td>13</td><td>K-series</td><td>0.59</td><td>0.59</td><td>0.33</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>22</td><td>K-series</td><td>0.29</td><td>0.29</td><td>0.09</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>12</td><td>K-series</td><td>0.29</td><td>0.29</td><td>0.18</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="3">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN	Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error				[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]	O	8	K-series	49.32	49.32	45.97	30.8	C	6	K-series	39.57	39.57	49.13	13.2	K	19	K-series	2.77	2.77	1.06	0.1	Ca	20	K-series	2.28	2.28	0.85	0.1	S	16	K-series	1.75	1.75	0.81	0.1	Cl	17	K-series	1.47	1.47	0.62	0.1	Si	14	K-series	1.02	1.02	0.54	0.1	Na	11	K-series	0.66	0.66	0.43	0.1	Al	13	K-series	0.59	0.59	0.33	0.1	Ti	22	K-series	0.29	0.29	0.09	0.0	Mg	12	K-series	0.29	0.29	0.18	0.0	Total:			100.00	100.00	100.00		<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN</th> <th>Series</th> <th>unn.</th> <th>C norm.</th> <th>C Atom.</th> <th>C Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[at.%]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C</td><td>6</td><td>K-series</td><td>53.32</td><td>53.32</td><td>62.65</td><td>17.4</td></tr> <tr><td>O</td><td>8</td><td>K-series</td><td>39.19</td><td>39.19</td><td>33.68</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>17</td><td>K-series</td><td>3.53</td><td>3.53</td><td>1.40</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>X</td><td>19</td><td>K-series</td><td>1.99</td><td>1.99</td><td>0.72</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>S</td><td>16</td><td>K-series</td><td>1.60</td><td>1.60</td><td>0.70</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Na</td><td>11</td><td>K-series</td><td>1.18</td><td>1.18</td><td>0.72</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>12</td><td>K-series</td><td>0.21</td><td>0.21</td><td>0.12</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="3">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN	Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error				[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]	C	6	K-series	53.32	53.32	62.65	17.4	O	8	K-series	39.19	39.19	33.68	12.4	Cl	17	K-series	3.53	3.53	1.40	0.1	X	19	K-series	1.99	1.99	0.72	0.1	S	16	K-series	1.60	1.60	0.70	0.1	Na	11	K-series	1.18	1.18	0.72	0.1	Mg	12	K-series	0.21	0.21	0.12	0.0	Total:			100.00	100.00	100.00	
El	AN	Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error																																																																																																																																																																				
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]																																																																																																																																																																				
O	8	K-series	49.32	49.32	45.97	30.8																																																																																																																																																																				
C	6	K-series	39.57	39.57	49.13	13.2																																																																																																																																																																				
K	19	K-series	2.77	2.77	1.06	0.1																																																																																																																																																																				
Ca	20	K-series	2.28	2.28	0.85	0.1																																																																																																																																																																				
S	16	K-series	1.75	1.75	0.81	0.1																																																																																																																																																																				
Cl	17	K-series	1.47	1.47	0.62	0.1																																																																																																																																																																				
Si	14	K-series	1.02	1.02	0.54	0.1																																																																																																																																																																				
Na	11	K-series	0.66	0.66	0.43	0.1																																																																																																																																																																				
Al	13	K-series	0.59	0.59	0.33	0.1																																																																																																																																																																				
Ti	22	K-series	0.29	0.29	0.09	0.0																																																																																																																																																																				
Mg	12	K-series	0.29	0.29	0.18	0.0																																																																																																																																																																				
Total:			100.00	100.00	100.00																																																																																																																																																																					
El	AN	Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error																																																																																																																																																																				
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]																																																																																																																																																																				
C	6	K-series	53.32	53.32	62.65	17.4																																																																																																																																																																				
O	8	K-series	39.19	39.19	33.68	12.4																																																																																																																																																																				
Cl	17	K-series	3.53	3.53	1.40	0.1																																																																																																																																																																				
X	19	K-series	1.99	1.99	0.72	0.1																																																																																																																																																																				
S	16	K-series	1.60	1.60	0.70	0.1																																																																																																																																																																				
Na	11	K-series	1.18	1.18	0.72	0.1																																																																																																																																																																				
Mg	12	K-series	0.21	0.21	0.12	0.0																																																																																																																																																																				
Total:			100.00	100.00	100.00																																																																																																																																																																					
Hari ke-7	<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN</th> <th>Series</th> <th>unn.</th> <th>C norm.</th> <th>C Atom.</th> <th>C Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[at.%]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O</td><td>8</td><td>K-series</td><td>51.53</td><td>51.53</td><td>47.83</td><td>16.4</td></tr> <tr><td>C</td><td>6</td><td>K-series</td><td>38.71</td><td>38.71</td><td>47.86</td><td>13.0</td></tr> <tr><td>K</td><td>19</td><td>K-series</td><td>3.71</td><td>3.71</td><td>1.41</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>S</td><td>16</td><td>K-series</td><td>2.61</td><td>2.61</td><td>1.21</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>17</td><td>K-series</td><td>1.30</td><td>1.30</td><td>0.55</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Na</td><td>11</td><td>K-series</td><td>0.68</td><td>0.68</td><td>0.44</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>20</td><td>K-series</td><td>0.63</td><td>0.63</td><td>0.23</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>12</td><td>K-series</td><td>0.40</td><td>0.40</td><td>0.25</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Si</td><td>14</td><td>K-series</td><td>0.28</td><td>0.28</td><td>0.15</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Al</td><td>13</td><td>K-series</td><td>0.14</td><td>0.14</td><td>0.08</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="3">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN	Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error				[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]	O	8	K-series	51.53	51.53	47.83	16.4	C	6	K-series	38.71	38.71	47.86	13.0	K	19	K-series	3.71	3.71	1.41	0.1	S	16	K-series	2.61	2.61	1.21	0.1	Cl	17	K-series	1.30	1.30	0.55	0.1	Na	11	K-series	0.68	0.68	0.44	0.1	Ca	20	K-series	0.63	0.63	0.23	0.0	Mg	12	K-series	0.40	0.40	0.25	0.1	Si	14	K-series	0.28	0.28	0.15	0.0	Al	13	K-series	0.14	0.14	0.08	0.0	Total:			100.00	100.00	100.00		<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN</th> <th>Series</th> <th>unn.</th> <th>C norm.</th> <th>C Atom.</th> <th>C Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>[wt.%]</th> <th>[wt.%]</th> <th>[at.%]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C</td><td>6</td><td>K-series</td><td>65.46</td><td>65.46</td><td>72.58</td><td>20.7</td></tr> <tr><td>O</td><td>8</td><td>K-series</td><td>31.54</td><td>31.54</td><td>26.25</td><td>10.1</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>17</td><td>K-series</td><td>1.46</td><td>1.46</td><td>0.55</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>S</td><td>16</td><td>K-series</td><td>1.40</td><td>1.40</td><td>0.58</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>X</td><td>19</td><td>K-series</td><td>0.11</td><td>0.11</td><td>0.04</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Na</td><td>11</td><td>K-series</td><td>0.01</td><td>0.01</td><td>0.00</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>12</td><td>K-series</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="3">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN	Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error				[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]	C	6	K-series	65.46	65.46	72.58	20.7	O	8	K-series	31.54	31.54	26.25	10.1	Cl	17	K-series	1.46	1.46	0.55	0.1	S	16	K-series	1.40	1.40	0.58	0.1	X	19	K-series	0.11	0.11	0.04	0.0	Na	11	K-series	0.01	0.01	0.00	0.0	Mg	12	K-series	0.00	0.00	0.00	0.0	Total:			100.00	100.00	100.00								
El	AN	Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error																																																																																																																																																																				
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]																																																																																																																																																																				
O	8	K-series	51.53	51.53	47.83	16.4																																																																																																																																																																				
C	6	K-series	38.71	38.71	47.86	13.0																																																																																																																																																																				
K	19	K-series	3.71	3.71	1.41	0.1																																																																																																																																																																				
S	16	K-series	2.61	2.61	1.21	0.1																																																																																																																																																																				
Cl	17	K-series	1.30	1.30	0.55	0.1																																																																																																																																																																				
Na	11	K-series	0.68	0.68	0.44	0.1																																																																																																																																																																				
Ca	20	K-series	0.63	0.63	0.23	0.0																																																																																																																																																																				
Mg	12	K-series	0.40	0.40	0.25	0.1																																																																																																																																																																				
Si	14	K-series	0.28	0.28	0.15	0.0																																																																																																																																																																				
Al	13	K-series	0.14	0.14	0.08	0.0																																																																																																																																																																				
Total:			100.00	100.00	100.00																																																																																																																																																																					
El	AN	Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error																																																																																																																																																																				
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]																																																																																																																																																																				
C	6	K-series	65.46	65.46	72.58	20.7																																																																																																																																																																				
O	8	K-series	31.54	31.54	26.25	10.1																																																																																																																																																																				
Cl	17	K-series	1.46	1.46	0.55	0.1																																																																																																																																																																				
S	16	K-series	1.40	1.40	0.58	0.1																																																																																																																																																																				
X	19	K-series	0.11	0.11	0.04	0.0																																																																																																																																																																				
Na	11	K-series	0.01	0.01	0.00	0.0																																																																																																																																																																				
Mg	12	K-series	0.00	0.00	0.00	0.0																																																																																																																																																																				
Total:			100.00	100.00	100.00																																																																																																																																																																					

Hari ke-14	El-AN Series				El-AN Series					
	Unit	C:Norm	C:Atom	C:Error	Unit	C:Norm	C:Atom	C:Error		
	(wt-%)	(wt-%)	(at-%)	(%)	(wt-%)	(wt-%)	(at-%)	(%)		
	C 6 K-series	55.05	55.05	57.35	17.9	C 6 K-series	55.05	55.05	57.35	17.9
	O 8 K-series	37.29	37.29	31.56	14.9	O 8 K-series	37.29	37.29	31.56	14.9
	H 16 K-series	1.65	1.65	0.71	0.3	H 16 K-series	1.65	1.65	0.71	0.3
	Cl 17 K-series	1.30	1.30	0.51	0.2	Cl 17 K-series	1.30	1.30	0.51	0.2
	K 19 K-series	0.81	0.81	0.38	0.1	K 19 K-series	0.81	0.81	0.38	0.1
	Si 14 K-series	0.51	0.51	0.25	0.0	Si 14 K-series	0.51	0.51	0.25	0.0
	Ca 20 K-series	0.29	0.29	0.10	0.0	Ca 20 K-series	0.29	0.29	0.10	0.0
	Ns 11 K-series	0.19	0.19	0.11	0.0	Ns 11 K-series	0.19	0.19	0.11	0.0
	Al 13 K-series	0.14	0.14	0.07	0.0	Al 13 K-series	0.14	0.14	0.07	0.0
	Mg 12 K-series	0.10	0.10	0.04	0.0	Mg 12 K-series	0.10	0.10	0.04	0.0
	Totals	100.00	100.00	100.00		Totals	100.00	100.00	100.00	

Hari ke-21	El-AN Series				El-AN Series					
	Unit	C:Norm	C:Atom	C:Error	Unit	C:Norm	C:Atom	C:Error		
	(wt-%)	(wt-%)	(at-%)	(%)	(wt-%)	(wt-%)	(at-%)	(%)		
	O 8 K-series	52.14	52.14	46.25	16.7	O 8 K-series	52.14	52.14	46.25	16.7
	C 6 K-series	33.16	33.16	42.91	11.1	C 6 K-series	33.16	33.16	42.91	11.1
	H 16 K-series	5.13	5.13	2.02	0.2	H 16 K-series	5.13	5.13	2.02	0.2
	Cl 17 K-series	3.13	3.13	1.36	0.1	Cl 17 K-series	3.13	3.13	1.36	0.1
	S 16 K-series	2.61	2.61	1.25	0.1	S 16 K-series	2.61	2.61	1.25	0.1
	Ns 11 K-series	1.71	1.71	1.15	0.1	Ns 11 K-series	1.71	1.71	1.15	0.1
	Al 13 K-series	1.22	1.22	0.69	0.1	Al 13 K-series	1.22	1.22	0.69	0.1
	Mg 12 K-series	0.87	0.87	0.36	0.1	Mg 12 K-series	0.87	0.87	0.36	0.1
	Totals	100.00	100.00	100.00		Totals	100.00	100.00	100.00	

Figure 2. Kandungan mineral green polybag dari limbah rumput laut *Gracilaria verrucosa* dan *Kappaphycus alvarezii* pada hari ke-0, 7, 14 dan 21

Bila di lihat dari struktur porositas green polybag dari limbah rumput laut *K. alvarezii* lebih baik dari *G. verrucosa* sebab hingga hari ke-21 sirkulasi air yang terjadi pada green polybag yang terbuat dari MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* mempunyai ukuran porositas 3,976 μm , sedangkan ukuran porositas yang terbentuk dari limbah rumput laut *G. verrucosa* terukur 4,794 μm . Kandungan mineral karbon dari green polybag yang terbuat dari MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* lebih besar 50% sedangkan pada MDF limbah rumput laut *G. verrucosa* kurang dari 50%. Namun sebaliknya, kandungan mineral oksigen dari green polybag pada MDF limbah rumput laut *G. verrucosa* lebih besar dari 50% sedangkan kandungan mineral oksigen dari green polybag pada MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* kurang dari 50%. Hal tersebut juga menguatkan hasil dari uji fisik (kerapatan, kadar air, daya serap dan pengembangan tebal) dan uji mekanik (keteguhan lentur, keteguhan patah, keteguhan rekat dan kuat pegang sekrup) menunjukkan bahwa green polybag dari MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* lebih baik dibandingkan *G. verrucosa*. Pada sisi yang lain, struktur porositas dari MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* dan *G. verrucosa* mendukung terjadinya sirkulasi air dan oksigen dalam jumlah yang mencukupi guna mendukung produktivitas media tanam dan tanaman untuk tumbuh dengan baik.

Table 9. Data kualitas media tanah

Parameter	Nilai
Temperatur (°C)	27 – 29
Humidity (pF)	3.0 – 6.2
pH	6.5 – 7

Kondisi kualitas media tanah yang berada di green polybag dari MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* dan *G. verrucosa* menunjukkan bahwa temperature, kelembaban dan pH tanah berada pada kondisi optimal untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang disemai.

Uji fisik (kerapatan, kadar air, daya serap, pengembangan tebal) dan uji mekanik (modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bond, kuat pegang sekrup) MDF merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap pembentukan MDF. Berdasarkan uji fisik dan mekanik dapat diketahui bahwa perlakuan MDF limbah rumput laut *K. alvarezii* dan *G. verrucosa* menunjukkan hasil yang hampir sama meskipun perbedaan yang dihasilkan tidak significant.

Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa papan MDF yang dibuat dari limbah rumput laut *K. alvarezii* dan *G. verrucosa* dengan campuran serbuk kayu dengan perbandingan yang sama dan kandungan bahan perekat yang sama menghasilkan bioproduk green polybag MDF yang optimal untuk pertumbuhan awal (penyemaian) bibit tanaman sehingga dapat menjadi alternative pengganti polybag dari plastik. Menurut Kelly (1977), besarnya kerapatan papan partikel dipengaruhi oleh kerapatan bahan awal, kandungan perekat serta bahan aditif yang digunakan. Hakim dkk. (2013) juga menyebutkan bahwa kadar air merupakan perbandingan antara massa air dalam kayu atau papan komposit dengan massa kayu atau papan komposit pada kondisi kering tanur sehingga permukaan partikel papan MDF semakin besar sehingga banyak uap air yang dapat diserap dari lingkungannya. Zat ekstraktif yang terkandung pada rumput laut lebih mudah larut dalam air sehingga ikatan yang terjadi antar partikel lebih kompak dan lebih tahan terhadap air. Puspita (2008) menekankan bahwa waktu kempa yang lebih lama akan menghasilkan ikatan antar partikel yang lebih kompak dan lebih terpadatkan sehingga ruang masuk air ke dalam papan lebih sedikit. Pada penelitian ini waktu kempa yang digunakan berkisar selama 25 menit mampu menghasilkan bioproduk green polybag MDF limbah rumput laut yang terbaik. Pengujian daya serap air tetap dilakukan untuk mengetahui ketahanan papan terhadap air jika digunakan untuk penggunaan eksterior atau penggunaan bioproduk green polybag MDF dalam kondisi out door yang memungkinkan berinteraksi langsung dengan pengaruh cuaca (kelembaban air dan hujan). Pengembangan tebal merupakan perubahan dimensi tebal kayu yang terjadi akibat perubahan kadar air dalam kayu, dimana bioproduk green polybag MDF dari limbah rumput laut memiliki nilai pengembangan tebal memenuhi standar yang telah ditetapkan *Japanese Industrial Standard* (JIS). Nilai standar menurut JIS mensyaratkan nilai pengembangan tebal maksimum 17%. Perlakuan pengempaan panas (hot press) dan pengempaan (pressing) dengan suhu 170°C dan tekanan 45 Pa menghasilkan pori struktur MDF terbentuk dalam ukuran yang seragam dan meminimalisir terbentuknya rongga kosong yang membuat pengembangan tebal melebihi standar JIS. Lubis dkk. (2011) menegaskan bahwa nilai pengembangan tebal yang tinggi pada suatu papan komposit berarti stabilitas dimensi produk tersebut rendah sehingga produk

tersebut tidak dapat digunakan untuk keperluan *eksterior* dan sifat mekanisnya akan menurun dalam jangka waktu yang tidak lama.

Uji mekanik menunjukkan bahwa keteguhan lentur atau MOE (*Modulus of Elasticity*) merupakan sifat mekanis papan yang menunjukkan kemampuan papan dalam menahan beban sampai batas proporsi yang sering disebut keteguhan lentur. Nilai keteguhan lentur bioproduk green polybag MDF dari limbah rumput laut memenuhi standar kualitas pembentukan MDF. Demikian juga dengan pengujian keteguhan patah atau MOR (*Modulus of Rupture*) digunakan untuk mengetahui tingkat kekuatan papan dalam menahan beban terhadap papan tersebut hingga patah. Alamsjah *et al.* (2017) menyatakan bahwa nilai keteguhan patah MDF mengalami peningkatan seiring dengan penambahan konsentrasi perekat, demikian juga yang terjadi pada pengukuran kuat pegang sekrup yang merupakan kemampuan suatu produk komposit untuk menahan beban sekrup yang diberikan pada papan komposit tersebut.

Menurut Bima (2007) apabila air yang diberikan pada tanaman dalam jumlah yang besar maka akan menyebabkan media akan jenuh dengan air, sehingga akan menyebabkan aerasi tanah menjadi jelek karena kurangnya oksigen dalam tanah. Air yang diberikan dalam kondisi yang berlebihan dapat mengakibatkan perakaran tanaman terganggu untuk menyerap unsur hara dan air. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang sangat berbeda nyata, karena ditunjang oleh parameter pendukung seperti suhu, kelembaban, pH tanah, dan data fisik. Tanaman membutuhkan sinar matahari yang cukup atau tidak terlalu panas. Data fisik yang menjadi parameter pendukung adalah daya serap air, kadar air, dan kerapatan. Hasil data fisik menunjukkan bahwa perlakuan menunjukkan kadar optimal untuk daya serap, kadar air dan kerapatan karena limbah rumput laut masih mengandung banyak gel yang kemampuannya untuk mengikat air yang cukup tinggi (Amalia, 2013). Uji porositas struktur pot MDF juga mengalami dinamika perubahan struktur seiring dengan jumlah komposisi air dan pemanfaatannya sehingga pada kondisi hari ke-21 dimana porositas partikel menjadi relative stabil sebagaimana porositas pot MDF pada hari ke-0. Efisiensi penggunaan air terbaik pada perlakuan sehingga menjadi model untuk prototype penggunaan pot MDF pada tanaman lainnya. Analisa terkait komponen penyusun pot MDF tercatat didominasi oleh atom C, O, S, Cl, K, Si, Ca, Na, Al, dan Mg. Komposisi O mengalami kenaikan prosentase dari hari ke-0 hingga ke-21. Hal ini disebabkan interaksi oksigen dari H₂O yang terjadi dengan polysacharida dari pot MDF semakin banyak berdasarkan waktu penggunaan pot MDF dari hari ke-0 hingga ke-21. Pada sisi yang lain, struktur porositas pot MDF semakin terbuka namun dari sisi pertumbuhan tanaman menjadi menguntungkan sebab ketersediaan O₂ meningkat dan mempertahankan produktivitas media tanah yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman. Demikian juga komponen C, S, Cl, K, Si, Ca, Na, Al, dan Mg relatif stabil sehingga menjamin ketersediaan unsur hara bagi tanaman yang dikembangbiakkan, sekaligus mengurangi penambahan pupuk bagi tumbuh kembang tanaman. Kandungan mineral banyak didominasi komponen C yang menunjukkan lignoselulosa pada limbah rumput laut sangat berperan dalam pembentukan struktur porositas. Struktur lignoselulosa tersusun atas lignin, hemiselulosa dan selulosa. Identifikasi untuk jenis rumput-rumputan didominasi oleh selulosa (45%), hemiselulosa (31,4%) dan lignin (12%). Kandungan selulosa yang tinggi pada limbah rumput laut dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan papan partikel MDF (Sedayu dkk., 2008), demikian juga untuk pembuatan green polybag MDF dari limbah rumput laut.

KESIMPULAN

Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik sampel MDF dari *G. verrucosa* dan *K. alvarezii* yang dihasilkan seluruhnya memenuhi syarat untuk produksi green polybag MDF. Struktur porositas green polybag dari *G. verrucosa* dan *K. alvarezii* sesuai dengan hasil dari uji fisik (kerapatan, kadar air, daya serap, pengembangan tebal) dan uji mekanik (modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bond, kuat pegang sekrup) MDF sehingga mampu menyimpan air dalam waktu lebih lama, demikian juga dengan kandungan mineral yang dimiliki oleh green polybag ternyata mampu memperkaya kandungan unsur hara media tanah serta mempertahankan ketersediaan unsur hara bagi tanaman yang disemaikan. Disarankan untuk dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang lama daya tahan MDF yang dibuat dari bahan rumput laut pada berbagai tanaman sehingga dapat diaplikasikan di lapangan dengan mengetahui tingkat pertumbuhan tanaman, efisiensi penggunaan air dan ketahanan struktur porositas green polybag MDF serta kandungan mineral yang mampu mendukung produktivitas media tanam.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsjah M A, Sulmartiwi L, Pursety K T, Amin M N G, Wardani K A and Arifianto M D 2017 *Modifying Bioproduct Technology of Medium Density Fibreboard From The Seaweed Waste Kappaphycus alvarezii and Gracilaria verrucosa* J. Indian Acad Wood Sci 14(1): 32-45
- Amalia, D. R. N. 2013. Efek Temperatur Terhadap Pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Jember. Jember, p.18.
- Bima, C. L. 2007. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Pemberian Air Melalui Irigasi Tetes Pada Budidaya Tanaman Cabai (*Capsium annum* L). Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Bowyer J.L., R. Shmulsky and J.G. Haygreen. 2003. Forest Product and Wood Science an Introduction, 4th Ed., Iowa State Press A Blackwell Publ., Iowa, USA. 213 pp.
- Effendi R. 2001. Kajian Tekno Ekonomi Industri MDF (*Medium Density Fiberboard*). Jurnal Info Sosial Ekonomi 2 (2):103-112.
- Hakim, L., E. Herawati, dan I. J. Wastara. 2011. Papan Serat Berkerapatan Sedang Berbahan Baku Sludge Terasetilasi dari Industri Kertas. Jurnal Makara Teknologi. 15(2): 123-130.
- Japanese Industrial Standard for Particle Board JIS A 5908. 2003. Japanese Standard Association. Japan, p.28.
- Kelly MW. 1977. Critical literature review of relationship between processing parameters and physical properties of particle-board. USDA for. Serv. Gen. Tech. Rep. FPL-10. Madison, WI: USD A, Forest Service, Forest Product Laboratory, p.65.
- Lubis MJ, Risnasari I, Nuryawan A, Febrianto F. 2011. Kualitas Papan Komposit Dari Limbah Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Polyethylene (PE) Daur Ulang. Jurnal Teknologi Industri Pertanian 19(1): 16-20.

- Luthfy S. 1988. Mempelajari Ekstraksi Karaginan Dengan Metoda Semi Refine Dari *Kappaphycus alvarezii*. Fakultas teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, p.106.
- Mahzan, S., A.M.A. Zaidi, M.I. Ghazali, N. Asrat, M.N.M. Hatta and S.R Mohidden. 2011 *Mechanical Properties of Medium Density Fibreboard Composites Material Using Recycled Rubber and Coconut Coir*. Journal of Engineering. Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering. UTHM. pp. 21-27.
- Maloney TM. 1993. *Modern Particleboard and Dry-process Fiberboard Manufacturing*. San Francisco, USA: Miller Freeman Inc. p.688.
- Puspita R. 2008. Papan Partikel Tanpa Perekat Sintetis (Binderless Particle Board) Dari Limbah Industri Penggergajian. Skripsi. Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, p.46.
- Subiyanto, B., Raskia, S., dan Efendy, H. 2003. Pemanfaatan Serbuk Sabut Kelapa sebagai Bahan Penyerap Air dan Oli Berupa Panel Papan Partikel. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis.1(1): 26-34.
- Sintaria, D. 2012. Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida H₂O₂ Dan Tepung Tapioka Terhadap Sifat Fisik Kertas Berbasis Ampas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, p.53.
- Sedayu, B.B., T. N. Widiyanto., J. Basmal dan B. S. B. Utomo. 2008. Pemanfaatan Limbah Padat Pengolahan Rumput Laut *Gracilaria* sp. Untuk Pembuatan Papan Partikel. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. 3(1): 1-9
- Wiratnaja, I., Kusuma., I. B. W. G. Kusuma dan I. S. Winaya. 2011. Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Sebagai Bahan Baku. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra.M. 5(1): 75-84.
- Wulandari, E., B. Guritno dan N. Aji. 2014. Pengaruh Kombinasi Jumlah Tanaman Per Polybag Dan Komposisi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.). Jurnal Produksi Tanaman. Vol 2 (6). hal. 464-473.

Lampiran 3. Publikasi Ilmiah

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

PAPER • OPEN ACCESS

Porosity structure of green polybag of medium density fiberboard from seaweed waste

To cite this article: M A Alamsjah et al 2016 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 137 012034

[View the article online](#) for updates and enhancements.

Related content

- [Alternative bioenergy through the utilization of *Gracilaria tikvahiae* waste as a substrate for biogas production](#)
R Yulia, Agulono, D Y Pujestika et al.
- [The waste processing of a brown industrial waste—influence of sugar fermentation on the yield of waste of food](#)
Shuang Zhao and Shuping Zhang
- [The effects of salinity and temperature shock on *Kappaphycus alvarezii* seaweed spores release](#)
F K Harwinda, W H Salyanini and E W Masitah

This content was downloaded from IP address 210.57.215.118 on 08/06/2016 at 10:16

Porosity structure of green polybag of medium density fiberboard from seaweed waste

M A Alamsjah¹, S Subekti¹, M Lamid¹, D Y Pujastuti¹, H Kurnia² and R R Rifad²

¹Department of Marine, Faculty of Fisheries and Marine, Universitas Airlangga, Surabaya 60115, Indonesia

²Department of Fish Health Management and Aquaculture, Faculty of Fisheries and Marine, Universitas Airlangga, Surabaya 60115, Indonesia

E-mail: alamsjah@fpm.unair.ac.id

Abstract. The last decade shown that the needs Medium Density Fibreboard (MDF) rapidly growing in Asia Pacific and Europe up to more 15 % per year. MDF made up of fibers lignocelulosa which combined with synthetic resin or tied other suitable but high temperatures and pressure. Technology engineering for green polybag of MDF from seaweed waste of *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria verrucosa* is an alternative effort for ecosystem stability and technological innovations that is environmentally friendly. Structure porosity from the shape of green polybag shows that performance seaweed waste of *K. alvarezii* is better than seaweed waste of *G. verrucosa*. The circulation of water happened more optimal in green polybag formed from MDF of seaweed waste of *K. alvarezii* with size porosity 3.976 μm , while size porosity of seaweed waste of *G. verrucosa* measurable 4.794 μm . Structure of green polybag of MDF from seaweed waste showed that C components greater 50 % to *K. alvarezii* while C components less than 50 % to *G. verrucosa*. This resulted in the ties to structure of MDF stronger found in green polybag derived from seaweed waste of *K. alvarezii* than *G. verrucosa*.

1. Introduction

Polybags have been used for planting seeds until today. The use of polybag has some disadvantages, including the fact that the roots of plants grow in circle in the plastic bag and the plastic used as polybag material is not easily degradable by the environment or microorganisms living in the soil, causing the increasing in the accumulation of plastic waste [1]. Plant growth process often creates the problem of drought due to the use of water for watering plants. Drought occurs in the growth phase and causes considerable decline in the crop yields [2]. In the last decade, the needs for Medium Density Fibreboard (MDF) grew rapidly in Asia Pacific and Europe by more than 15 % per year. MDF is made from lignocellulosic fibers combined with synthetic resin under high temperatures and pressures. A major component of MDF is lignocellulose, that can be obtained from wood, hay, herbage, farming waste, forest, or industrial waste (wood, paper and other fibrous materials). Lignocellulose contains three major components, namely cellulose, hemicellulose, and lignin. The waste of *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria verrucosa*, from which carrageenan is extracted, and agar that has enough lignocellulose content are the materials needed for making MDF. Iknur and Cirik [3] stated that seaweed is not only

used as food. Its utilization as a pharmaceutical ingredient and industrial raw material also needs to be explored further. Indonesia's dried seaweed production of 800.000 tons/year since 2010 has contributed to 50 % of the world's production, and 85 % of that amount has been exported. By the importers, the seaweed is processed into food industrial materials as well as health and cosmetics products. Indonesia has 34 seaweed processing industries in which seaweed is processed into gelatin, alginate and carrageenan. However, the use of seaweed waste as a useful product has not been the center of attention. The waste generated is usually only left accumulating at landfills. Although it is harmless, the waste dump may cause pollution problems, especially if the landfills are no longer able to accommodate waste [4]. The engineering of green polybag of MDF made from the waste of *K. alvarezii* and *G. verrucosa* is an effort to maintain ecosystem stability and is an environmentally friendly technological innovation.

Based on the problem explained above, it is necessary to conduct research related to the waste of *K. alvarezii* and *G. verrucosa* as a raw material of MDF as a substitute for polybags with optimum and efficient water volume for the optimization of seaweed waste and reduction of the use of plastic to avoid environmental damages because of the use of polybags. The results of this research suggested that this prototype was able to reduce water consumption by exploring the structure porosity of the shape of green polybag.

2. Method

2.1. Materials

The tools used included: a cylindrical iron plate with an upper diameter of 7 cm, a bottom diameter of 6.5 cm and a height of 6 cm, functioning as a tool for the first printing; a cylindrical iron plate with an upper diameter of 11 cm, a bottom diameter of 9.5 cm and a height of 8 cm, functioning as a tool for printing both polybags; a lamp; an oven; a fitting; a stirrer; a basin; an analytical scale; and a ruler. The raw materials used were the waste of *G. verrucosa* obtained from farmers in Jabon, Sidoarjo and the waste of *K. alvarezii* obtained from seaweed farmers in Sumenep, Madura. The wood powder was obtained from the remnants of wooden furniture around Tempurejo, and the adhesive material was obtained from a hardware store in Surabaya.

2.2. Sample preparation

Preparation included the collection of raw materials such as seaweed waste, wood powder and adhesive. The range of adhesive used in the dry process was 8–11% of the board dry weight. This experiment consisted of eight treatments, namely: G0: structure porosity from the shape of green polybag showing the performance waste of *G. verrucosa* (0 day); G7: structure porosity from the shape of green polybag showing the performance of waste of *G. verrucosa* (7 days); G14: structure porosity from the shape of green polybag showing the performance of waste of *G. verrucosa* (14 days); G21: structure porosity from the shape of green polybag showing the performance of waste of *G. verrucosa* (21 days); K0: structure porosity from the shape of green polybag showing that performance of waste of *K. alvarezii* (0 day); K7: structure porosity from the shape of green polybag showing the performance of waste of *K. alvarezii* (7 days); K14: structure porosity from the shape of green polybag showing the performance of waste of *K. alvarezii* (14 days); and K21: structure porosity from the shape of green polybag showing the performance of waste of *K. alvarezii* (21 days). The water volume was determined by the first particle board based on the pot to be filled with soil media for growing plants, and the pot based on the second particle board held water during the research. The water requirement of plants was determined based on the value of water content in the state of the field capacity [5].

Before doing the forging phase, the seaweed waste was cleaned. Then, it was dried naturally for 23 days and by using an oven to increase the water content. The next stage was grinding the seaweed to

obtain seaweed powder, which was filtered using a 40 mesh sieve. The other materials prepared were 100 mesh wood powder for mixture and synthetic adhesive additives.

2.3. Medium density fiberboard (MDF)

The making of MDF was done by a dry process using a hot press. After the raw material was mixed with adhesive, the mixture was pressed using a hot press at a temperature of 170 °C and a pressure of 45 Pa for 25 minutes [6]. The first particle board was cylindrical with an upper diameter of 7 cm, a height of 6.5 cm and a bottom diameter of 6 cm. The second particle board pot had an upper diameter of 11 cm, a height of 8 cm and a bottom diameter of 9.5 cm. Then, re-conditioning was conducted for two days to get a high-quality particle board.

2.4. Research parameters

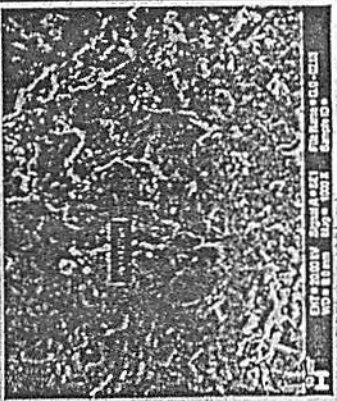
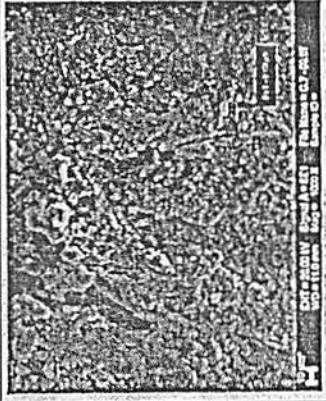
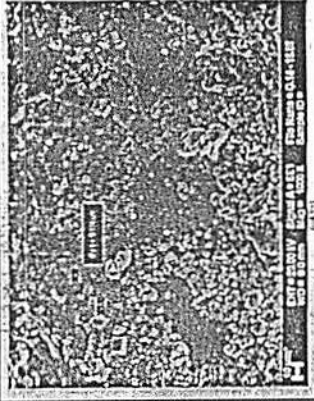
In this research, the main parameter observed was physical test of the structure porosity of MDF. The structure porosity of MDF from the shape of green polybag showing the performance of seaweed waste was tested using a scanning electron microscope in the study of identification of structure porosity and mineral contents. The other parameters measured during the research were temperature, soil pH and soil moisture that were to be used for testing the results of the research.

2.5. Statistical analysis

The experimental research and the data analysis were conducted using ANOVA (Analysis of Variance), and the design used was Completely Random Design, with the aim to determine the manufacturing of MDF with seaweed waste as the main material, which could replace polybags. If the results obtained were significant, they would be tested further using Duncan's test [7].

3. Results and Discussion

The structure porosity from the shape of green polybag showing the performance of waste of *K. alvarezii* was better than that of the waste of *G. verrucosa*. Within 21 days, the water circulation was more optimal in green polybag formed from MDF made of the waste of *K. alvarezii* with size porosity of 3.976 μm , while the size porosity of the MDF made of the waste of *G. verrucosa* was measured 4.794 μm . The structure of green polybag of MDF from seaweed waste showed that the carbon content in *K. alvarezii* was greater than 50%, but less than 50% in *G. verrucosa*. On the other hand, the structure of green polybag of MDF from seaweed waste showed that the oxygen content was greater than 50 % in *G. verrucosa*, but less than 50% in *K. alvarezii*. This caused the bonds in the structure of MDF stronger in green polybag derived from seaweed waste of *K. alvarezii* than *G. verrucosa*. Meanwhile, the structure porosity of MDF which stayed open allowed the greater availability of oxygen and increased the productivity of the growing media.

Treat ment	Structure Porosity	Mineral Content																																																																														
G ₁		<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN Series</th> <th>Wt. C [wt. %]</th> <th>norm. C [wt. %]</th> <th>Atom. C [wt. %]</th> <th>Error [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O</td><td>K-series</td><td>49.32</td><td>49.32</td><td>45.97</td><td>30.8</td></tr> <tr><td>C</td><td>K-series</td><td>39.57</td><td>39.57</td><td>49.13</td><td>13.2</td></tr> <tr><td>K</td><td>K-series</td><td>2.77</td><td>2.77</td><td>1.06</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>K-series</td><td>2.28</td><td>2.28</td><td>0.85</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>S</td><td>K-series</td><td>1.75</td><td>1.75</td><td>0.81</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>K-series</td><td>1.47</td><td>1.47</td><td>0.62</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Si</td><td>K-series</td><td>1.02</td><td>1.02</td><td>0.54</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Na</td><td>K-series</td><td>0.66</td><td>0.66</td><td>0.43</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Al</td><td>K-series</td><td>0.59</td><td>0.59</td><td>0.33</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>K-series</td><td>0.29</td><td>0.29</td><td>0.09</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>K-series</td><td>0.29</td><td>0.29</td><td>0.18</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="2">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN Series	Wt. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [wt. %]	Error [%]	O	K-series	49.32	49.32	45.97	30.8	C	K-series	39.57	39.57	49.13	13.2	K	K-series	2.77	2.77	1.06	0.1	Ca	K-series	2.28	2.28	0.85	0.1	S	K-series	1.75	1.75	0.81	0.1	Cl	K-series	1.47	1.47	0.62	0.1	Si	K-series	1.02	1.02	0.54	0.1	Na	K-series	0.66	0.66	0.43	0.1	Al	K-series	0.59	0.59	0.33	0.1	Ti	K-series	0.29	0.29	0.09	0.0	Mg	K-series	0.29	0.29	0.18	0.0	Total:		100.00	100.00	100.00	
El	AN Series	Wt. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [wt. %]	Error [%]																																																																											
O	K-series	49.32	49.32	45.97	30.8																																																																											
C	K-series	39.57	39.57	49.13	13.2																																																																											
K	K-series	2.77	2.77	1.06	0.1																																																																											
Ca	K-series	2.28	2.28	0.85	0.1																																																																											
S	K-series	1.75	1.75	0.81	0.1																																																																											
Cl	K-series	1.47	1.47	0.62	0.1																																																																											
Si	K-series	1.02	1.02	0.54	0.1																																																																											
Na	K-series	0.66	0.66	0.43	0.1																																																																											
Al	K-series	0.59	0.59	0.33	0.1																																																																											
Ti	K-series	0.29	0.29	0.09	0.0																																																																											
Mg	K-series	0.29	0.29	0.18	0.0																																																																											
Total:		100.00	100.00	100.00																																																																												
G ₇		<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN Series</th> <th>Wt. C [wt. %]</th> <th>norm. C [wt. %]</th> <th>Atom. C [wt. %]</th> <th>Error [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O</td><td>K-series</td><td>51.53</td><td>51.53</td><td>47.83</td><td>16.4</td></tr> <tr><td>C</td><td>K-series</td><td>38.71</td><td>38.71</td><td>47.86</td><td>13.0</td></tr> <tr><td>K</td><td>K-series</td><td>3.71</td><td>3.71</td><td>1.41</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>S</td><td>K-series</td><td>2.61</td><td>2.61</td><td>1.21</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>K-series</td><td>1.30</td><td>1.30</td><td>0.55</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Na</td><td>K-series</td><td>0.63</td><td>0.63</td><td>0.44</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>K-series</td><td>0.63</td><td>0.63</td><td>0.23</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>K-series</td><td>0.40</td><td>0.40</td><td>0.25</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Si</td><td>K-series</td><td>0.28</td><td>0.28</td><td>0.15</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Al</td><td>K-series</td><td>0.14</td><td>0.14</td><td>0.08</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="2">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN Series	Wt. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [wt. %]	Error [%]	O	K-series	51.53	51.53	47.83	16.4	C	K-series	38.71	38.71	47.86	13.0	K	K-series	3.71	3.71	1.41	0.1	S	K-series	2.61	2.61	1.21	0.1	Cl	K-series	1.30	1.30	0.55	0.1	Na	K-series	0.63	0.63	0.44	0.1	Ca	K-series	0.63	0.63	0.23	0.0	Mg	K-series	0.40	0.40	0.25	0.1	Si	K-series	0.28	0.28	0.15	0.0	Al	K-series	0.14	0.14	0.08	0.0	Total:		100.00	100.00	100.00							
El	AN Series	Wt. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [wt. %]	Error [%]																																																																											
O	K-series	51.53	51.53	47.83	16.4																																																																											
C	K-series	38.71	38.71	47.86	13.0																																																																											
K	K-series	3.71	3.71	1.41	0.1																																																																											
S	K-series	2.61	2.61	1.21	0.1																																																																											
Cl	K-series	1.30	1.30	0.55	0.1																																																																											
Na	K-series	0.63	0.63	0.44	0.1																																																																											
Ca	K-series	0.63	0.63	0.23	0.0																																																																											
Mg	K-series	0.40	0.40	0.25	0.1																																																																											
Si	K-series	0.28	0.28	0.15	0.0																																																																											
Al	K-series	0.14	0.14	0.08	0.0																																																																											
Total:		100.00	100.00	100.00																																																																												
G ₁₄		<table border="1"> <thead> <tr> <th>El</th> <th>AN Series</th> <th>Wt. C [wt. %]</th> <th>norm. C [wt. %]</th> <th>Atom. C [wt. %]</th> <th>Error [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O</td><td>K-series</td><td>55.05</td><td>55.05</td><td>43.36</td><td>17.9</td></tr> <tr><td>C</td><td>K-series</td><td>39.99</td><td>39.99</td><td>51.56</td><td>12.8</td></tr> <tr><td>S</td><td>K-series</td><td>1.65</td><td>1.65</td><td>0.71</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>K-series</td><td>1.30</td><td>1.30</td><td>0.51</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>K</td><td>K-series</td><td>0.81</td><td>0.81</td><td>0.28</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Si</td><td>K-series</td><td>0.51</td><td>0.51</td><td>0.25</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>K-series</td><td>0.23</td><td>0.23</td><td>0.10</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Na</td><td>K-series</td><td>0.19</td><td>0.19</td><td>0.11</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Al</td><td>K-series</td><td>0.14</td><td>0.14</td><td>0.07</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>K-series</td><td>0.08</td><td>0.08</td><td>0.04</td><td>0.0</td></tr> <tr><td colspan="2">Total:</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	El	AN Series	Wt. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [wt. %]	Error [%]	O	K-series	55.05	55.05	43.36	17.9	C	K-series	39.99	39.99	51.56	12.8	S	K-series	1.65	1.65	0.71	0.1	Cl	K-series	1.30	1.30	0.51	0.1	K	K-series	0.81	0.81	0.28	0.1	Si	K-series	0.51	0.51	0.25	0.0	Ca	K-series	0.23	0.23	0.10	0.0	Na	K-series	0.19	0.19	0.11	0.0	Al	K-series	0.14	0.14	0.07	0.0	Mg	K-series	0.08	0.08	0.04	0.0	Total:		100.00	100.00	100.00							
El	AN Series	Wt. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [wt. %]	Error [%]																																																																											
O	K-series	55.05	55.05	43.36	17.9																																																																											
C	K-series	39.99	39.99	51.56	12.8																																																																											
S	K-series	1.65	1.65	0.71	0.1																																																																											
Cl	K-series	1.30	1.30	0.51	0.1																																																																											
K	K-series	0.81	0.81	0.28	0.1																																																																											
Si	K-series	0.51	0.51	0.25	0.0																																																																											
Ca	K-series	0.23	0.23	0.10	0.0																																																																											
Na	K-series	0.19	0.19	0.11	0.0																																																																											
Al	K-series	0.14	0.14	0.07	0.0																																																																											
Mg	K-series	0.08	0.08	0.04	0.0																																																																											
Total:		100.00	100.00	100.00																																																																												

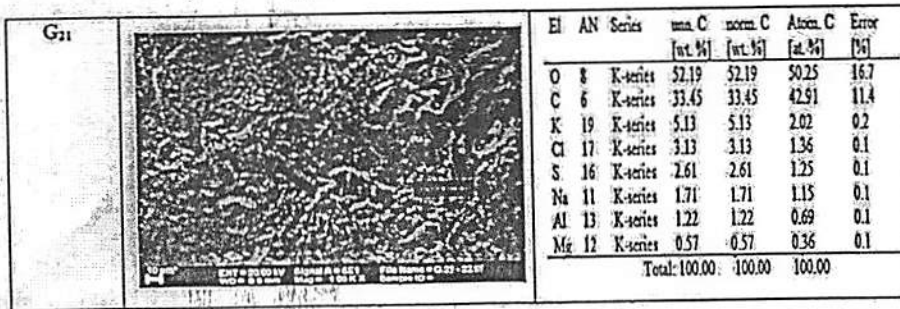
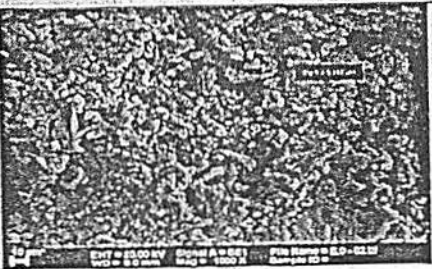



Figure 1. Structure porosity and mineral content from the shape of green polybag shows that performance seaweed waste of *Gracilaria verrucosa* (G0: treatment on 0 day; G7: treatment on 7 days; G14: treatment on 14 days; G21: treatment on 21 days).

Treatment	Structure Porosity	Mineral Content						
K0		El	AN	Series	µm	Cnorm.	CAtom.	CError
					[wt. %]	[wt. %]	[at. %]	[%]
		C	6	K-series	53.32	53.32	62.65	17.4
		O	8	K-series	38.18	38.18	33.68	12.4
		Cl	17	K-series	3.53	3.53	1.40	0.1
		K	19	K-series	1.99	1.99	0.72	0.1
		S	16	K-series	1.60	1.60	0.70	0.1
		Na	11	K-series	1.18	1.18	0.72	0.1
		Mg	12	K-series	0.21	0.21	0.12	0.0
		Total			100.00	100.00	100.00	
K7		El	AN	Series	µm	Cnorm.	CAtom.	CError
					[wt. %]	[wt. %]	[at. %]	[%]
		C	6	K-series	65.48	65.48	72.58	20.7
		O	8	K-series	31.54	31.54	26.25	10.1
		Cl	17	K-series	1.46	1.46	0.55	0.1
		K	19	K-series	1.40	1.40	0.58	0.1
		S	16	K-series	0.11	0.11	0.04	0.0
		Na	11	K-series	0.01	0.01	0.00	0.0
		Mg	12	K-series	0.00	0.00	0.00	0.0
		Total			100.00	100.00	100.00	

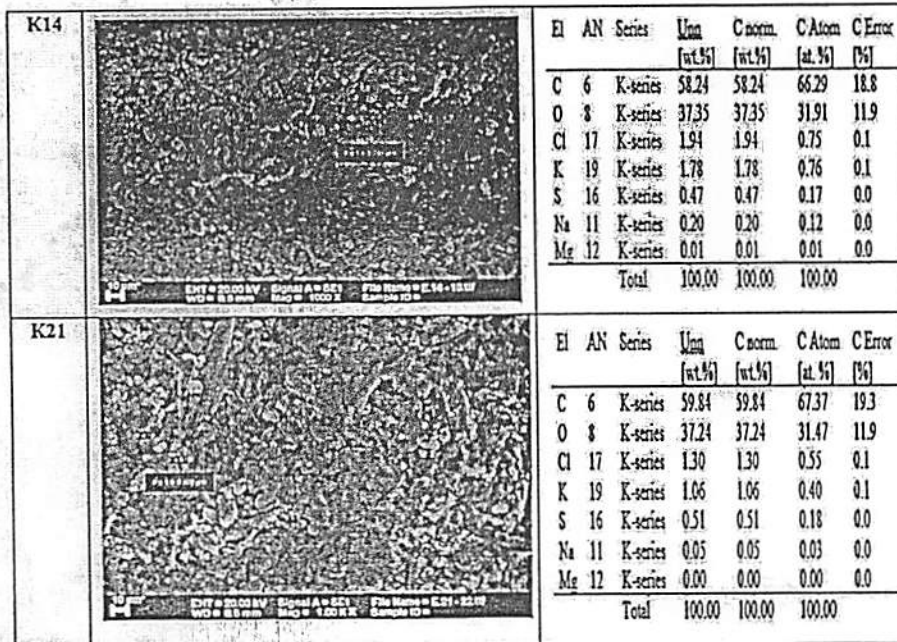


Figure 2. Structure porosity and mineral content from the shape of green polybag shows that performance seaweed waste of *Kappaphycus alvarezii* (K0: treatment on 0 day; K7: treatment on 7 days; K14: treatment on 14 days; K21: treatment on 21 days).

Table 1. Data of soil quality.

Parameter	Range
Temperature (°C)	27 – 29
Humidity (pF)	3.0 – 6.2
pH	6.5 – 7

The physical data of the soil quality showed that the temperature, humidity and pH of the soil were normal for optimum growth of plants. Based on the results of this research, the waste of *K. alvarezii* and *G. verrucosa* can be used as raw materials of green polybag of MDF.

4. Conclusion

We demonstrated that *K. alvarezii* and *G. verrucosa* can be used as raw materials of green polybag of MDF. The porosity sizes of *K. alvarezii* and *G. verrucosa* were 3.976 μm and 4.794 μm, respectively. The carbon content was greater than 50% in *K. alvarezii*, and less than 50% in *G. verrucosa*. Therefore, the

structure of MDF is stronger in green polybag made from the waste of *K. alvarezii* than that in green polybag made from *G. verrucosa*

5. References

- [1] Budi S W, Sukendro A and Karlinasari L 2012 *J. Agron Indonesia* 40 239-245 (Text in Indonesia)
- [2] Suryanti S, Indradewa D, Sudira P and Widada J 2015 *J. Agritech*, 35 114-120 (Text in Indonesia)
- [3] Ilknur A and Cirik S 2004 *Pak. J. Biol. Sci.* 7 2022-2023
- [4] Alamsjah M A 2010 *Res. J. Fish. Hydrobiol.* 5 159-167
- [5] Marsha N D, Aini N and Sumarni T 2014 *Influence of frequency and volume of water supply on *Crotalaria mucronata** (Malang: Desv. growth Faculty of agriculture, Brawijaya University) p 675
- [6] Alamsjah M A Sulmartiwi L, Pursetyo K T, Amin M N G, Wardani K A and Arifianto M D 2017 *J. Indian Acad. Wood Sci.* 14 32-45
- [7] Kusningrum R S 2012 *Experimental design* (Airlangga: University Surabaya) pp 31-35 (Text in Indonesia)

Dr. Woro Hastuti Sahyanti
Chief of The 1st International Conference on Fisheries and Marine Science
Web : <http://icfm.fpk.conference.unair.ac.id/>
Email : icofims@fpk.unair.ac.id
Email : woro_hs@fpk.unair.ac.id

Sincerely,

Please send your proof of your payment to email: icofims@fpk.unair.ac.id (cc to: woro_hs@fpk.unair.ac.id). Thank you.

Account Number: 142-0016427238 Branch Name: RS UNAIR SURABAYA
Bank Name: Bank MANDIRI; Swift Code: BMRIDJ
Account: Puri Desi Wulan Sari

We encourage you to pay the submission fee before October 04, 2018 to the following bank account:



We are pleased to inform you that your abstract has been accepted by scientific committee of The 1st International Conference on Fisheries and Marine Science

Title : The potential of seaweed waste (*Gracilaria* sp.) and (*Eucheuma cottonii*) as medium density fibreboard (MDF) based pot material for water use efficiency on tomato plant
Code : 53
Authors : Halida Kurnia, Rachmat Rahilman Rifadi, Agustono, Muhammad Nur Choyahil Amin, Sri Agus Sudjarwo, Moehammad Amin Alamsjah

Surabaya, August 01, 2018

ACCEPTANCE LETTER

Universitas Airlangga
INCOFIMS 2018
INCOFIMS 2018
Surabaya, East Java, Indonesia
October 06, 2018



Lampiran 5. Formulir Permohonan Pendaftaran Merek

J002018035689*** 30/07/2018 10:54:37*** AMILIA*** 2,000,000.00*** 39*** 30/07/2018

Keputusan Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual
 Nomor : HKI-02.HI.06.01 Tahun 2017 tentang
 Formulir Permohonan Merek
 Tanggal : 03 Maret 2017



FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN MEREK

Tanggal pengajuan:	Tanggal Penerimaan:
No. Referensi Pemohon: <small>*jika ada</small>	Nomor Permohonan:

Identitas Pemohon			
Nama	MOCH. AMIN ALAMSJAH, Ir., M.Si., Ph.D.		
<input type="checkbox"/>	Beri tanda (x) jika pemohon lebih dari satu pihak dan lampirkan dalam lembar terpisah.		
<input type="checkbox"/>	Beri tanda (x) jika pemohon adalah UMKM.		
Perorangan	Badan Hukum		
Kewarganegaraan:	INDONESIA	Negara Pendirian:	INDONESIA
Alamat	SUKOLILO DIAN REGENCY JL. MAKMUR V NO.33		
Kabupaten/Kota	SURABAYA	Kode Pos	60111
Propinsi	JAWA TIMUR	Negara	INDONESIA
Tel/Fax	082225262554		
Email	alamsjah@fpk.unair.ac.id		

Alamat Surat Menyurat (jika berbeda dengan alamat pada bagian identitas pemohon)			
Alamat	SUKOLILO DIAN REGENCY JL. MAKMUR V NO.33		
Kabupaten/Kota	SURABAYA	Kode Pos	60111
Propinsi	JAWA TIMUR	Negara	INDONESIA

Identitas Kuasa			
Nama Kuasa		No. Konsultan	
Nama Kantor			
Alamat			
Tel/Fax			
Email			

Klaim Prioritas			
No.	Tanggal Prioritas	Negara/Kantor Merek	Nomor Prioritas
<input type="checkbox"/>	Beri tanda (x) jika lebih dari satu klaim prioritas dan lampirkan dalam lembar terpisah.		

Tipe Merek		
<input type="checkbox"/>	Merek kata	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Merek lukisan/logo	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Merek kata + lukisan/logo	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Merek tiga dimensi	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Merek suara	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Merek hologram	

Beri tanda (x) jika merupakan merek kolektif

Lampiran I
Keputusan Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual
Nomor : HKI-02.HI.06.01 Tahun 2017 tentang
Formulir Permohonan Merek
Tanggal : 03 Maret 2017

Hal 2/2

Merek	
Terjemahan jika merek menggunakan istilah asing: <input checked="" type="checkbox"/> Beri tanda (x) jika kata dalam merek tidak memiliki arti dan tidak bisa diterjemahkan <input type="checkbox"/> Transliterasi/pengucapan jika merek menggunakan karakter huruf non-latin:	Label Merek 
Unsur warna dalam merek:	

Beri tanda (x) jika label merek tiga dimensi atau merek hologram lebih dari satu gambar dan lampirkan dalam lembar terpisah.

Nama dan/atau Deskripsi Merek**
Nama merek:
Deskripsi merek:

** Deskripsi merek wajib diisi hanya untuk merek tiga dimensi, merek suara, atau merek hologram.

Kelas	Jenis Barang dan/atau Jasa
44	Jasa medis; jasa kehewanian; perawatan kesehatan dan kecantikan untuk manusia atau hewan; jasa pertanian; hortikultura dan hutan

Beri tanda (x) jika kelas dan jenis barang atau jasa melebihi tempat yang disediakan dan lampirkan dalam lembar terpisah.

Tanda Tangan
 (MOCH. AMIN ALAMSJAH, Ir., M.Si., Ph.D.)
Tempat dan Tanggal Tanda Tangan: SURABAYA, 25 MEI 2018

[Diisi oleh petugas]

Lampiran

- 3 (tiga) lembar label merek
- Bukti pembayaran biaya
- Surat kuasa
- Surat pernyataan kepemilikan merek
- Bukti prioritas dan terjemahannya

1524 162453 1101 31/07/2016 09:54:17
 CASH IDR 2.000.000,00 Dr
 1524-01-000004-30-8 BPN 139 DITJEN HAKI IDR 2.000.000,00 Cr

**SLIP PENYETORAN
DEPOSIT SLIP**

PT. BANK RAKYAT INDONESIA (PERSERO) Tbk

BritAma BritAma Dollar Simpedes Simaskol Gkon Tabungan Haji Pinjaman

Disetor ke / Deposit to
 Nomor Rekening / Acc. No. **1624 01-000004-30-8**
 Nama / Name **BPN 139 DITJEN HAKI**
 Kantor / KCP / BRI Unit / Branch **KC Depokmham**
 Mata Uang / Currency Rupiah Valas/Forex

Penyetor / Depositor
 Nama / Name **UNIVERSITAS AIRLANGGA
SUDABADRA**

Kode Billing **Pembayaran Pendidikan
MARCH GREEN POND**

Tunai/Cek/BG/Cash Cheque	Jumlah/Amount
	2.000.000
Sub Total	
Kurs / Rate	
Blaya / Charge	
Total	2.000.000
Terbilang / Amount in Words Dua juta rupiah	

Tanda Tangan / Signature **[Signature]**

Sesuai Peraturan Bank Indonesia yang berkaitan dengan Prinsip Mengenal Nasabah / Sesuai with Bank Indonesia regulation that related to KYC (know your customer)
 Penyedek harus mengisi formulir yang disediakan oleh Bank dengan jumlah
 - Diterima oleh Bank

Tersebut di atas adalah tanda tangan penyetor dan di atasnya telah dicap stempel resmi bank
 Lembar 1 (satu bank)
 Lembar 2 untuk nasabah
 Lembar 3 untuk rekening

Lampiran 5. Buku Referensi "Limbah Rumput Laut Sebagai Produk Medium Density Fibreboard (MDF)"



Pemanfaatan Rumpuk Laut Sebagai Produk Medium Density Fibreboard (MDF)

Penyusun :
Mochammad Amin Alamsjah

ISBN: 978-602-7676-18-3

Diterbitkan oleh :
Global Persada

Cetakan Pertama Tahun 2018

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin
penerbit.

v