



TUGAS AKHIR - TL184834

PENGARUH KOMPOSISI FILLER LIMBAH CANGKANG KERANG DAN AMPAS TEBU TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK KOMPOSIT UNTUK APLIKASI PAPAN PARTIKEL SEMEN

MOCHAMAD PUJI WIDODO
0251154000067

Dosen Pembimbing
Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D.
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - TL184834

**PENGARUH KOMPOSISI FILLER LIMBAH CANGKANG
KERANG DAN AMPAS TEBU TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIK KOMPOSIT UNTUK APLIKASI PAPAN
PARTIKEL SEMEN**

MOCHAMAD PUJI WIDODO
0251154000067

Dosen Pembimbing
Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D.
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



TUGAS AKHIR - TL184834

**EFFECT OF SHELL WASTE AND SUGARCANE
BAGASSE FILLER COMPOSITION ON THE PHYSICAL
AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE FOR
CEMENT BONDED PARTICLE BOARD APPLICATION**

**MOCHAMAD PUJI WIDODO
0251154000067**

**Dosen Pembimbing
Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D.
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.**

**DEPARTMENT OF MATERIAL ENGINEERING
Fakulties of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019**

(This Page is Intentionally Blanked)

**PENGARUH KOMPOSISI FILLER LIMBAH CANGKANG
KERANG DAN AMPAS TEBU TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIK KOMPOSIT UNTUK APLIKASI PAPAN
PARTIKEL SEMEN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MOCHAMAD PUJI WIDODO
NRP 02511540000067

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D. (Pembimbing I)
2. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D. (Pembimbing II)



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**PENGARUH KOMPOSISI FILLER LIMBAH CANGKANG
KERANG DAN AMPAS TEBU TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIK KOMPOSIT UNTUK APLIKASI PAPAN
PARTIKEL SEMEN**

Nama : Mochamad Puji Widodo
NRP : 0251154000067
Departemen : Departemen Teknik Material
Dosen Pembimbing : Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng.,
Ph.D.
Co-Pembimbing : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si.,
Ph.D.

ABSTRAK

Semen berperan penting dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi tetapi juga berperan sebagai penyumbang gas karbon dioksida dalam proses produksinya dan salah satu jenis semen adalah semen pre-mix mortar. Salah satu upaya untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dari produksi semen adalah menggunakan material limbah sebagai filler komposit untuk mengurangi penggunaan semen. Material limbah berupa serat alam yang dapat digunakan sebagai penguat pada komposit adalah serat ampas tebu. Bahan limbah lain yang bisa digunakan sebagai pengisi adalah kulit kerang dan bata ringan. Bata ringan merupakan salah satu bahan utama untuk konstruksi dinding. Penelitian ini dilakukan dengan berbagai variasi komposisi cangkang kerang, dan ampas tebu pada komposit cangkang kerang/ ampas tebu/ bata ringan/ semen untuk aplikasi papan partikel. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian fisis (absorpsi air dan densitas), pengujian mekanik (beban lentur dan kuat tekan) serta pengujian mikroskop optik dan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ampas tebu dan cangkang kerang dapat memberikan sifat fisis dan mekanis yang lebih baik pada komposisi tertentu. Nilai pengujian sifat fisis dan mekanis papan semen partikel seluruhnya telah memenuhi

standar ISO 8335. Nilai kuat lentur dan kuat tekan tertinggi dimiliki oleh komposit dengan variasi komposisi 0,5 phr ampas tebu dan 5 phr cangkang kerang dengan nilai masing-masing sebesar 12,07 dan 53,57 MPa.

Kata Kunci : Ampas Tebu , Limbah Bata Ringan, Limbah Cangkang Kerang, Papan Partikel

**EFFECT OF SHELL WASTE AND SUGARCANE
BAGASSE FILLER COMPOSITION ON THE PHYSICAL
AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE FOR
CEMENT BONDED PARTICLE BOARD APPLICATION**

Name : Mochamad Puji Widodo
NRP : 0251154000067
Department : Material Engineering
Advisor : Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D.
Co-Advisor : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.

ABSTRACT

Cement plays an important role in physical development in the construction sector but also acts as a contributor to carbon dioxide gas in its production process. One type of cement is pre-mix mortar cement. One effort to reduce the negative impact on the environment from cement production is to use waste material as a composite filler to reduce the use of cement. Natural fibers that can be used as reinforcement in composites are sugarcane bagasse fiber. Other waste materials that can be used as fillers are shells waste and lightweight bricks.. This study was conducted with variations in the composition of shells and bagasse on the physical and mechanical properties of shell waste/ sugarcane bagasse / lightweight brick / cement composite for particle board applications. Tests carried out in the form of physical (water absorption and density), mechanical testing (flexural strength and compression strength), optical microscope and FTIR of cement bonded particle board composites. Results of the study shows that the addition of sugarcane bagasse and shell waste in the composite gave better physical and mechanical properties in spesific composition. The results of physical and mechanical of composite samples on all variations of composition have met ISO 8335 standard. The highest flexural strength and compression strength is owned by the composite with variations in the composition of 0,5 phr sugarcane bagasse and 5 phr shell

waste with values of 12,07 dan 53,57 MPa respectively.

Keywords : Sugarcane Bagasse, Lightweight Brick Waste, Shell Waste, Particle Board

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Komposisi *Filler* Limbah Cangkang Kerang dan Ampas Tebu Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Komposit Untuk Aplikasi Papan Semen Partikel” ini dapat diselesaikan.

Penulisan Tugas Akhir ini untuk memenuhi persyaratan kelulusan mata kuliah Tugas Akhir sebanyak enam SKS dan sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.) serta diharapkan dapat menambah wawasan dari mahasiswa Jurusan Teknik Material FTI-ITS, sehingga bisa memiliki gambaran tentang penerapan disiplin ilmu yang dipelajari.

Penulis menyadari mungkin masih ada kekurangan-kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun dari pembaca demi penyempurnaan laporan ini. Penulis berharap semoga penulisan laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

Pada kesempatan kali ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan segala nikmatnya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Sugeng Siswoyo dan Ibu Anik Mulyani, selaku kedua orang tua saya yang telah memberikan segala dukungan dan doanya.
3. Bapak Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bekal ilmu dan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir.

4. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing ke dua saya yang telah memberikan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng selaku Ketua Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
6. Bapak Dr. Eng Hosta Ardhyananta S.T., M.Sc. selaku dosen wali saya selama berkuliah di Departemen Teknik Material FTI-ITS.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang bersangkutan. Besar harapan penyusun akan saran, dan kritik yang sifatnya membangun. Terima kasih.

Surabaya, Juli 2019

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit	5
2.1.1 Pengertian Komposit	5
2.1.2 Klasifikasi Material Komposit	6
2.1.3 Particulate Composite	8
2.1.4 Ikatan <i>Filler</i> dan Matriks	9
2.2 Limbah	11
2.2.1 Jenis-Jenis Limbah	11
2.3 Cangkang Kerang	13
2.4 Tebu	14
2.4.1 Ampas Tebu	14
2.5 Bata Ringan	16
2.5.1 Bata Ringan CLC (<i>Cellular Lightweight Concrete</i>)	17
2.6 Semen	18

2.6.1. Semen <i>Pre-mix Mortar</i>	20
2.7 Papan Partikel	20
2.7.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mutu Papan Partikel	21
2.7.2 Syarat Mutu Papan Partikel	22
2.8 <i>Rule of Mixture</i>	22
2.8.1 <i>Composite Properties</i>	23
2.9 Penelitian Sebelumnya	24
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	27
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	28
3.2.1 Bahan Penelitian	28
3.2.2 Peralatan Penelitian	28
3.3 Variabel Penelitian	33
3.4 Prosedur Penelitian	33
3.4.1 Persiapan Bahan	33
3.4.1.1 Persiapan Limbah Bata Ringan	33
3.4.1.2 Persiapan Limbah Ampas Tebu	34
3.4.1.3 Persiapan Limbah Cangkang Kerang	34
3.4.1.4 Pembuatan Komposit	34
3.4.2 Proses Pengujian	35
3.4.2.1 Pengujian Mikroskop	35
3.4.2.2 Pengujian FTIR	35
3.4.2.3 Pengujian Densitas	36
3.4.2.4 Pengujian Absorpsi Air	37
3.4.2.6 Pengujian Kuat Tekan (<i>Compression</i> <i>Strength</i>).....	37
3.4.2.6 Pengujian Beban Lentur (<i>Flexural Strength</i>).....	38
3.5 Rancangan Penelitian	39
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa Pengujian FTIR	41

4.2 Analisa Pengujian Mikroskop Optik	43
4.3 Analisa Pengujian Densitas	47
4.4 Analisa Pengujian Absorpsi Air	50
4.5 Analisa Pengujian Kuat Lentur	53
4.6 Analisa Pengujian Kuat Tekan	56
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	67
BIODATA PENULIS	79

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Pembentukan Komposit	6
Gambar 2.2	Ilustrasi Komposit Berdasar Jenis Penguatnya	7
Gambar 2.3	Komposit Berdasarkan Jenis Matriknya	7
Gambar 2.4	Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya	9
Gambar 2.5	<i>Mechanical Bonding</i>	10
Gambar 2.6	<i>Electrostatic Bonding</i>	10
Gambar 2.7	<i>Chemical Bonding</i>	11
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2	Cetakan pembuatan spesimen	29
Gambar 3.3	Timbangan Digital	29
Gambar 3.4	<i>Digital Microscope USB</i>	30
Gambar 3.5	Mesin FTIR	30
Gambar 3.6	Oven	31
Gambar 3.7	Mesin Uji Kompresi	31
Gambar 3.8	Alat <i>Sieving</i>	32
Gambar 3.9	Alat Uji Kuat Lentur	32
Gambar 3.10	Cara Uji Kekuatan Lentur ASTM C 293	38
Gambar 4.1	Hasil Uji FTIR pada Serbuk Ampas Tebu	41
Gambar 4.2	Hasil Fotomikrografi Komposit dengan (a) tanpa <i>filler</i> (b) penambahan 0.5 phr ampas tebu + 5 phr cangkang kerang perbesaran 50x	43
Gambar 4.3	Hasil Fotomikrografi Komposit dengan (a) tanpa <i>filler</i> (b) penambahan 0.5 phr ampas tebu + 5 phr cangkang kerang perbesaran 200x	44
Gambar 4.4	Hasil Fotomikrografi Komposit dengan penambahan (a) 0.5 phr (b) 1 phr (c) 1.5 phr ampas tebu perbesaran 50x	45
Gambar 4.5	Hasil Fotomikrografi Komposit dengan penambahan (a) 0.5 phr ampas tebu (b) 1 phr (c) 1.5 phr ampas tebu perbesaran 200x	46
Gambar 4.6	Hasil Pengujian Densitas Komposit	48
Gambar 4.7	Hasil Pengujian <i>Water Absorbability</i>	51
Gambar 4.8	Hasil Pengujian Kuat Lentur Komposit	54

Gambar 4.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Komposit 57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Serbuk Cangkang Kerang (<i>Anadara granosa</i>)	13
Tabel 2.2 Komponen Kimia Beberapa Serat Penting	15
Tabel 2.3 Sifat Mekanis Beberapa Serat Penting	16
Tabel 2.4 Syarat Sifat Papan Partikel Semen Berdasarkan ISO 8335 (1987)	22
Tabel 3.1 Variabel penelitian	33
Tabel 3.2 Rancangan Penelitian	39
Tabel 4.1 Daerah Serapan Infra Merah Serbuk Ampas Tebu	42
Tabel 4.2 Hasil Uji Densitas Komposit	47
Tabel 4.3 Hasil Uji Absorpsi Air Komposit	50
Tabel 4.4 Hasil Uji Kuat Lentur Komposit	53
Tabel 4.5 Hasil Uji Kuat Tekan Komposit	56

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semen berperan penting dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi tetapi juga berperan sebagai penyumbang gas karbon dioksida dalam proses produksinya. Dalam produksi satu ton semen, akan dihasilkan sekitar satu ton gas karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer (Zacoeb, 2013). Salah satu upaya untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dari produksi semen adalah menggunakan material limbah sebagai *filler* komposit untuk mengurangi penggunaan semen. Penggunaan *filler* daur ulang dari sumber daya alam terbarukan sebagai penguat pada komposit telah banyak dikaji dan digunakan (La Mantia, 2012). Salah satu jenis semen adalah semen *pre-mix mortar*. Serat alam banyak digunakan pada berbagai industri seperti otomotif dan bangunan serta penggunaannya diprediksi akan terus meningkat di masa yang akan datang. Tidak seperti serat sintetik yang dapat membahayakan lingkungan, serat alam memiliki banyak kelebihan seperti keberadaannya yang melimpah, harganya yang terjangkau, dan tidak membahayakan lingkungan.

Salah satu serat alam yang dapat digunakan sebagai penguat pada komposit adalah serat ampas tebu. Ampas tebu telah banyak digunakan secara luas sebagai fasa penguat pada komposit dan dihasilkan dari limbah hasil pengolahan industri gula, bahan bakar dan produk-produk lain yang berbahan baku tebu (Duraio, 2015). Menurut Penebar Swadaya (2000) tanaman tebu umumnya menghasilkan 24-36% ampas tebu tergantung pada kondisi dan macamnya. Menurut Hajiha dkk (2014) diperkirakan 54 juta ton ampas tebu dihasilkan tiap tahunnya di seluruh dunia. Mayoritas ampas tebu yang dibuang (85% dari total produksi) saat ini digunakan sebagai bahan bakar rendah kalori dan untuk menggerakkan boiler. Dengan masih adanya limbah ampas tebu yang tersisa, kemudian dapat dimanfaatkan lagi secara optimal

pada aplikasi lain. Salah satu potensi aplikasi yang dapat digunakan adalah sebagai penguat komposit dimana kelebihan dari serat ampas tebu sebagai penguat antara lain ketersediaannya yang melimpah dengan pertumbuhan yang cepat, memiliki sifat mekanik dan termal yang baik, harganya murah, dan banyak dijumpai di negara-negara tropis seperti Indonesia.

Bahan lain yang tidak kalah pentingnya digunakan sebagai pengisi alami adalah kulit kerang. Kerang laut merupakan salah satu hasil komoditi laut favorit, namun sebagian besar pemanfaatannya masih terbatas pada daging kerang untuk dikonsumsi. Adapun salah satu jenis kerang yang sangat diminati sebagai konsumsi masyarakat adalah kerang darah (*Anadara granosa*) (Hudaya,2010). Hasil panen kerang per hektar untuk tiap tahunnya bisa mencapai 200-300 ton kerang utuh yang menghasilkan daging kerang 60-100 ton (Siregar, 2009). Sisanya yaitu kulit kerang hanya dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan atau seni dekoratif, juga sebagai campuran makanan ternak guna memenuhi kadar kalsium (Nadjib, 2008). Oleh sebab itu, keberadaan limbah kulit kerang semakin lama semakin banyak dan mengganggu. Jika limbah dibuang terus menerus tanpa adanya pengolahan yang tepat dapat menimbulkan gangguan keseimbangan dengan demikian menyebabkan lingkungan tidak berfungsi seperti semula dalam arti kesehatan, kesejahteraan, dan keselamatan hayati (Kusuma, 2012).

Bahan limbah lain yang dapat digunakan sebagai pengisi adalah bata ringan. Limbah bata ringan juga ditemui dalam proyek pembangunan gedung. Batu bata ringan merupakan salah satu bahan utama untuk konstruksi dinding. Kandungan kimia yang dimiliki oleh adonan pembentuk bata ringan sendiri meliputi SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaCO_3 , dan $\text{CaSO}_4(\text{H}_2\text{O})$ dimana terdapat salah satu kandungan yakni kalsium yang membantu mempercepat proses pengikatan jika dicampur dengan air (Gustin, 2017). Dengan sifat-sifat yang dimiliki tersebut, melakukan daur ulang merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah yang ada menjadi suatu produk

yang memiliki manfaat bahkan dengan nilai jual yang tinggi. Daur ulang limbah sangat penting karena dapat mengurangi jumlah limbah dan membuat material yang bersifat limbah menjadi material berharga dengan biaya yang lebih murah

Dari latar belakang tersebut, dalam penelitian ini dilakukan rekayasa pemanfaatan limbah cangkang kerang, ampas tebu dan bata ringan dengan binder semen yang diaplikasikan dalam pembuatan komposit untuk mendapatkan variasi komposisi paling optimal yang memiliki sifat fisik (absorpsi air, densitas) dan sifat mekanik (beban lentur, kuat tekan) terbaik yang kemudian digunakan untuk aplikasi komposit papan partikel yang ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi cangkang kerang, dan ampas tebu terhadap sifat fisis komposit untuk aplikasi papan semen partikel?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi Cangkang kerang, dan ampas tebu terhadap sifat mekanis komposit untuk aplikasi papan semen partikel?
3. Komposit dengan variasi komposisi manakah yang memenuhi kriteria teknis (standar) dan dapat diaplikasikan sebagai material papan semen partikel?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi komposisi cangkang kerang, dan ampas tebu terhadap sifat fisis komposit untuk aplikasi papan semen partikel
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi cangkang kerang, dan ampas tebu terhadap sifat mekanis komposit komposit untuk aplikasi papan semen partikel

3. Mendapatkan komposit dengan variasi komposisi yang memenuhi kriteria dan dapat diaplikasikan sebagai material papan partikel

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan untuk mengasumsikan parameter konstanta yang pengaruhnya sangat kecil pada penelitian sehingga dapat diabaikan. Adapun batasan masalah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Pengotor pada saat pencampuran dapat diabaikan.
2. Temperatur dianggap stabil dan tidak berubah.
3. Faktor air semen (FAS) yang digunakan adalah 0,5
4. Pencampuran yang dilakukan dianggap homogen

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mensintesis komposit yang dapat memenuhi kebutuhan material bangunan dengan penggunaan limbah plastik agar dapat meningkatkan sifat untuk material konstruksi tersebut.
2. Dapat dijadikan alternatif untuk pengolahan limbah ampas tebu dan kulit kerang darah yang efisien dan ramah lingkungan.
3. Memanfaatkan limbah cangkang kerang, ampas tebu, bata ringan sebagai bahan dari pembuatan komposit yang dapat memberikan dampak lingkungan yang positif dengan adanya pengurangan limbah dalam jumlah yang besar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

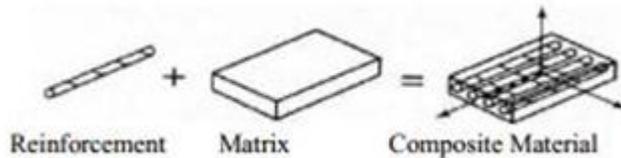
2.1 Komposit

2.1.1 Pengertian Komposit

Komposit didefinisikan sebagai sebagai bahan yang terbuat dari gabungan secara makroskopis dua bahan atau lebih yang memiliki sifat kimia dan fisik yang berbeda untuk membentuk material baru dengan sifat yang lebih baik. Pada bahan komposit, sifat-sifat bahan pembentuknya masih dapat terlihat, hal inilah yang membedakan komposit dengan bahan paduan logam (*alloy*) dimana sifat-sifat bahan pembentuknya tidak dapat lagi terlihat. Bahan komposit dibentuk dari dua unsur yaitu unsur serat sebagai penguat (*reinforcement*) dan unsur pengikat (matriks). Adapun definisi dari keduanya adalah:

1. *Filler* adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Secara umum, unsur penguat pada komposit harus memiliki keunggulan sifat yang tidak dimiliki oleh unsur pengikat. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat E-Glass, boron, karbon dan lain sebagainya. Bisa juga berasal dari serat alam antara lain serat kenaf, jute, rami, kantula dan lain sebagainya.
2. Matriks. Gibson (1994) mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matriks memiliki fungsi antara lain :
 - Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur
 - Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan
 - Mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat
 - Menyumbangkan beberapa sifat seperti kekakuan, ketangguhan, dan tahanan listrik

Adapun ilustrasi ikatan dan sifat fisik komposit dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut



Gambar 2.1 Skema Pembentukan Komposit (K. Van Rijswijk, 2001)

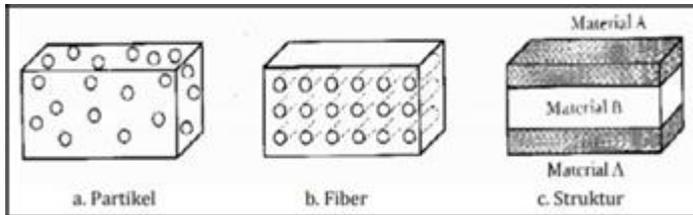
Material komposit mempunyai beberapa keuntungan diantaranya adalah bobotnya yang ringan, mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik, biaya produksinya relatif murah dan memiliki ketahanan terhadap korosi (Schwartz, 1997).

2.1.2 Klasifikasi Material Komposit

Berdasarkan jenis penguatnya komposit dibedakan menjadi 3 kelompok sebagaimana yang terdapat pada Gambar 2.2 yaitu:

1. *Particulate composite*, penguatnya berbentuk partikel
2. *Fibre composite*, jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber*. *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya. *Fiber* ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.
3. *Structural composite*. Komposit jenis ini biasanya terdiri dari material homogen, dimana sifatnya tak hanya bergantung pada konstituen materialnya saja, namun juga bergantung pada desain geometrinya dari struktur elemen

Adapun ilustrasi dari komposisi berdasarkan jenis penguatnya dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini :

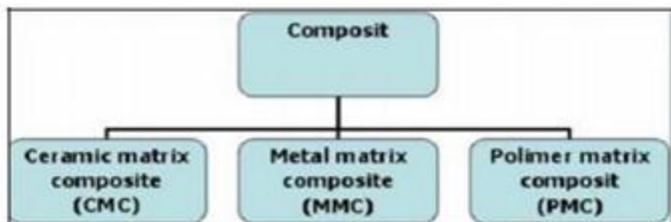


Gambar 2.2 Ilustrasi Komposit Berdasar Jenis Penguatnya (Nayiroh, 2013)

Pada *particulate composite*, dispersi fasanya seimbang (dimensi partikel hampir sama di semua arah), untuk *fibre composites*, dispersi fasa mengikuti bentuk geometri dari serat yang dipakai, sedangkan *structural composites* berlapis-lapis dan memang di desain untuk memiliki densitas yang rendah dan tingkat integritas struktural yang tinggi. (Callister, 2008)

Disisi yang lain, berdasarkan jenis matriksnya komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar sebagaimana terdapat pada Gambar 2.3 yaitu:

1. Komposit matrik polimer (PMC) menggunakan polimer sebagai matriksnya
2. Komposit matrik logam (MMC) menggunakan logam sebagai matriksnya
3. Komposit matrik keramik (CMC) menggunakan keramik sebagai matriksnya



Gambar 2.3 Komposit Berdasarkan Jenis Matriksnya (Gibson, 1994)

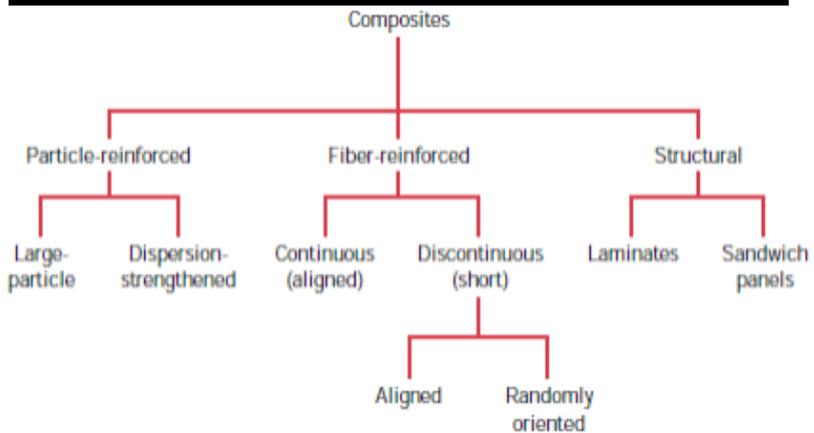
2.1.3 *Particulate Composites*

Berdasarkan pada Gambar 2.4, *large particle* dan *dispertion strenghthened composites* adalah 2 subklasifikasi dari *particulate composites*. *Large particle* merupakan subklasifikasi komposit yang disusun oleh reinforcement berbentuk partikel, dimana interaksi antara partikel dan matrik terjadi tidak dalam skala atomik atau molekular. Fasa partikel komposit ini lebih keras dan kaku daripada matriknya. Intinya, matriks memindahkan tekanan yang diberikan kepada partikel. Tingkat penguatan atau peningkatan sifat mekanik bergantung kekuatan ikatan pada antarmuka matriks-partikel.

Sedangkan pada *dispertion strenghthened composites* ukuran partikel lebih kecil dengan diameter antara 10-100 nm. Interaksi antara partikel dan matriks terjadi pada tingkat atom atau molekul. Mekanisme penguatan hampir sama dengan mekanisme *presipitation hardening*. Sedangkan matriks menanggung porsi utama dari beban yang diaplikasikan, partikel pertikel kecil yang terdispersi menghambat atau menghalangi pergerakan dari dislokasi. Dengan demikian deformasi plastis dapat dihambat sehingga *tensile strength hardness* akan meningkat (Callister, 2008).

Keuntungan dari komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel:

1. Kekuatan lebih seragam pada berbagai arah
2. Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material
3. Cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi



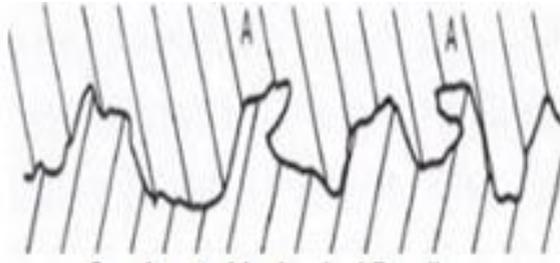
Gambar 2.4 Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya (Callister, 2008)

2.1.4 Ikatan *Filler* dan Matriks

Ikatan antara *filler* dengan matriks pada komposit (*interfacial bonding*) dapat terjadi melalui beberapa metode, yaitu:

1. *Mechanical Bonding*

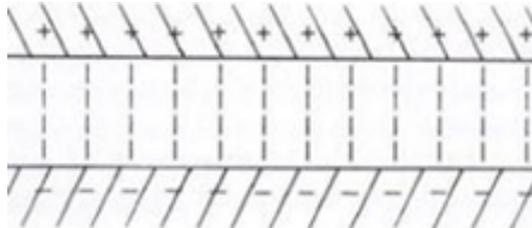
Mechanical bonding merupakan mekanisme ikatan yang saling mengunci yang terjadi pada dua permukaan yaitu resin dan serat yang kasar. Dalam *mechanical bonding* beban yang diterima harus paralel terhadap *interface*. Adapun skema dari *mechanical bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini:



Gambar 2.5 *Mechanical Bonding* (Matthews, 1993)

2. *Electrostatic Bonding*

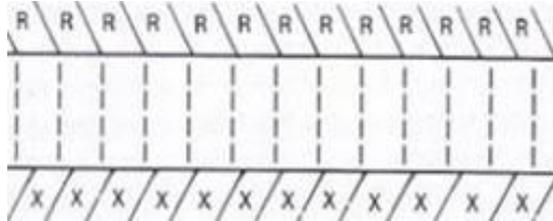
Electrostatic Bonding terjadi akibat adanya gaya tarik antara dua permukaan yang berbeda muatan listrik pada skala atomik. Ikatan ini akan sempurna apabila tidak terdapat gas pada permukaan serat. Adapun skema dari *electrostatic bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah:



Gambar 2.6 *Electrostatic Bonding* (Matthews, 1993)

3. *Chemical Bonding*

Chemical bonding terjadi akibat adanya energi yang lebih bersifat kimia. Besarnya ikatan ini diperoleh dari sekumpulan ikatan kimia yang bekerja pada luas penampang serat sesuai jenis ikatan kimia yang ada pada serat maupun resin. (Matthews, 1993) Adapun skema dari *chemical bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.7 di bawah ini:



Gambar 2.7 *Chemical Bonding* (Matthews, 1993)

2.2 Limbah

Permasalahan limbah merupakan masalah yang belum terselesaikan hingga saat ini. Limbah adalah barang yang dianggap sudah tidak terpakai dan dibuang oleh pemilik/pemakai sebelumnya, tetapi bagi sebagian orang masih bisa dipakai jika dikelola dengan prosedur yang benar (Panji Nugroho, 2013).

2.2.1 Jenis-Jenis limbah

Menurut Panji Nugroho dalam buku Panduan Membuat Pupuk Kompos cair (2013), jenis-jenis sampah dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, antara lain :

1. Berdasarkan sumbernya
 - a. Limbah alam
Yaitu limbah yang ada karena proses alam yang dapat di daur ulang secara alami, seperti daun-daunan kering di hutan yang terurai menjadi tanah . Di luar kehidupan liar, limbah-limbah ini dapat menjadi masalah, misalnya daun-daun kering di lingkungan pemukiman.
 - b. Limbah konsumsi
Limbah konsumsi merupakan limbah yang dihasilkan oleh manusia (pengguna barang), dengan kata lain adalah limbah hasil konsumsi sehari -hari. Ini adalah limbah yang umum, namun jumlah limbah kategori ini masih jauh lebih kecil dibandingkan limbah-limbah yang dihasilkan dari proses pertambangan dan industri.

c. Limbah Industri

Limbah industri adalah bahan sisa yang dikeluarkan akibat proses proses industri. Limbah yang dikeluarkan dari sebuah industri dengan jumlah yang besar dapat dikatakan sebagai limbah. Berikut adalah gambaran dari limbah yang berasal dari beberapa industri, yaitu :

1. Limbah industri pangan (makanan), sebagai contoh yaitu hasil ampas makanan sisa produksi yang dibuang dapat menimbulkan bau dan polusi jika pembuangannya tidak diberi perlakuan yang tepat.
 2. Limbah Industri kimia dan bahan bangunan, sebagai contoh industri pembuat minyak pelumas (Oli) dalam proses pembuatannya membutuhkan air skala besar, mengakibatkan pula besarnya limbah cair yang dikeluarkan ke lingkungan sekitarnya. air hasil produksi ini mengandung zat kimia yang tidak baik bagi tubuh yang dapat berbahaya bagi kesehatan.
 3. Limbah industri logam dan elektronika, bahan buangan seperti serbuk besi, debu dan asap dapat mencemari udara sekitar jika tidak ditangani dengan cara yang tepat.
2. Berdasarkan sifatnya
- a. Limbah organik
Limbah organik, yaitu limbah yang mudah membusuk seperti sisa makanan, sayuran, daun-daun kering, dan sebagainya. Limbah ini dapat diolah lebih lanjut menjadi kompos.
 - b. Limbah anorganik
Limbah anorganik, yaitu limbah yang tidak mudah membusuk, seperti plastik wadah pembungkus makanan, kertas, plastik mainan, botol dan gelas

minuman, kaleng, kayu, dan sebagainya. Limbah ini dapat dijadikan limbah komersil atau limbah yang laku dijual untuk dijadikan produk lainnya. Beberapa limbah anorganik yang dapat dijual adalah plastik wadah pembungkus makanan, botol dan gelas bekas minuman, kaleng, kaca, dan kertas.

2.3 Cangkang Kerang

Dalam penelitian ini menggunakan pengisi berbasis partikulat dan serat sebagai penguat kompositnya. Partikulat yang dimaksud adalah partikel limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dimana mempunyai massa jenis 2.61 gram/cm^3 . Kerang jenis ini banyak dijumpai di pantai-pantai yang ada di sekitar Kabupaten Lamongan. Karena populasinya sangat melimpah, cangkang kerang darah menggunung di sekitar bibir pantai. Jika sisa-sisa makhluk hidup ber-famili *Archidae* dibiarkan begitu saja, maka keindahan pantai tersebut menjadi berkurang. Lingkungan tampak tidak terawat dengan banyaknya limbah cangkang kerang yang menumpuk. Cangkang kerang mengandung zat yang dibutuhkan dalam campuran pembuatan material bangunan seperti yang disajikan pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Karakteristik Serbuk Cangkang Kerang (*Anadara granosa*) (Sianturi, 2017)

Parameter	Persentase kandungan kimia (%)
SiO ₂	7,88
Al ₂ O ₃	1,25
CaO	66,70
MgO	22,28
Fe ₂ O ₃	0,03

Kandungan CaO pada cangkang kerang ini yang sesuai dengan kandungan CaO pada semen yang berfungsi sebagai pengikat (Apiantoro, 2017). Selain itu, kandungan MgO pada

serbuk cangkang kerang mampu meningkatkan sifat mekanik dari komposit yang dihasilkan (Tantra, 2015).

2.4 Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum L.*) merupakan salah satu jenis tanaman yang hanya dapat ditanam di daerah yang memiliki iklim tropis. Di Indonesia, perkebunan tebu menempati luas areal + 321 ribu hektar yang 64,74% diantaranya terdapat di Pulau Jawa (Departemen Pertanian, 2004b). Perkebunan tersebut tersebar di Medan, Lampung, Semarang, Solo, dan Makassar. Dari seluruh perkebunan tebu yang ada di Indonesia, 50% di antaranya adalah perkebunan rakyat, 30% perkebunan swasta, dan hanya 20% perkebunan negara. Pada tahun 2002 produksi tebu Indonesia mencapai + 2 juta ton (J.A. Witono, 2003).

Tanaman tebu mempunyai sosok yang tinggi kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak. Tanaman yang tumbuh baik tinggi batangnya dapat mencapai 3-5 meter atau lebih. Termasuk dalam jenis rumput-rumputan bertahunan, besar, tinggi sistem perakaran besar, menjalar, batang kokoh, dan terbagi ke dalam ruas-ruas; ruas beragam panjangnya 10-30 cm, menggembung, menggelendong atau menyilindris. Pada batangnya terdapat lapisan lilin yang berwarna putih keabu-abuan, daun berpangkal pada buku batang dengan kedudukan yang berseling (Penebar Swadaya, 2000).

Tebu dapat hidup dengan baik pada ketinggian tempat 5.500 meter di atas permukaan laut (mdpl), pada daerah beriklim panas dan lembab dengan kelembaban > 70%, hujan yang merata setelah tanaman berumur 8 bulan dan suhu udara berkisar antara 28-34°C (Slamet, 2004).

2.4.1 Ampas Tebu

Ampas tebu (*bagasse*) adalah bahan sisa berserat dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi niranya dan banyak mengandung parenkim serta tidak tahan disimpan karena mudah terserang jamur. Serat sisa dan ampas tebu kebanyakan digunakan

sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi yang diperlukan untuk pembuatan gula. Padahal ampas tebu selain dimanfaatkan sebagai bahan bakar pabrik, dapat juga sebagai bahan baku untuk serat dan partikel untuk papan, plastik dan kertas serta media untuk budidaya jamur atau dikomposisikan untuk pupuk (Slamet, 2004)

Ampas tebu merupakan hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu. Dari satu pabrik dapat dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling (Penebar Swadaya, 2000). Menurut Penebar Swadaya (2000) tanaman tebu umumnya menghasilkan 24-36% bagase tergantung pada kondisi dan macamnya. Ampas tebu mengandung air 48-52%, gula 2,5-6% dan serat 44-48%.

Komponen kimia serat sabut tebu dan beberapa serat penting lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Komponen Kimia Beberapa Serat Penting (Kliwon, 2002)

Serat	Lignin (%)	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)
Tandan sawit	19	65	-
Mesocarp sawit	11	60	-
Sabut tebu	40-50	32-43	0,15-0,25
Pisang	5	63-64	19
Daun nanas	12,7	81,5	-

Bila tebu dipotong akan terlihat serat jaringan pembuluh (*Vascular bundle*) dan sel parenkim serta terdapat cairan yang mengandung gula. Serat dan kulit batang sekitar 12,5 % dari berat tebu. Dari satu pabrik dapat dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling (Penebar Swadaya, 2000).

Sifat mekanis serat sabut tebu dan beberapa serat penting lainnya dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Sifat Mekanis Beberapa Serat Penting (Kliwon, 2002)

Serat	Kekuatan Tarik (Mpa)	Pemanjangan (%)	Kekuatan (Mpa)
Tandan sawit	248	14	2000
Mesocarp sawit	80	17	500
Sabut tebu	140	25	3200
Pisang	240	3	816
Sasal	280	4,3	1200
Daun nanas	240	2,4	970

2.5 Bata Ringan

Bata ringan adalah material yang menyerupai beton dan memiliki sifat kuat, tahan air dan api, awet (durable). Bata ini cukup ringan, halus, dan memiliki tingkat kerataan yang baik. Bata ringan ini diciptakan agar dapat memperingan beban struktur dari sebuah bangunan konstruksi, mempercepat pelaksanaan, serta meminimalisasi sisa material yang terjadi pada saat proses pemasangan dinding berlangsung. Ada 2 jenis bata ringan yang sering digunakan pada dinding bangunan, yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Kedua jenis bata ringan ini terbuat dari bahan dasar semen, pasir dan kapur, yang berbeda adalah cara pembuatannya. Dikutip dari Lee, Abe. (2005) bata ringan AAC adalah beton selular dimana gelembung udara yang ada disebabkan oleh reaksi kimia, yaitu ketika bubuk aluminium atau aluminium pasta mengembang seperti pada proses pembuatan roti saat penambahan ragi untuk mengembangkan adonan. Sedangkan menurut Kristanti, N., Tansajaya, A. (2008) bata ringan CLC adalah beton selular yang mengalami proses curing secara alami,

CLC adalah beton konvensional yang mana agregat kasar (kerikil) digantikan oleh udara, dalam prosesnya menggunakan busa organik yang sangat stabil dan tidak ada reaksi kimia ketika proses pencampuran adonan, foam/busanya berfungsi sebagai media untuk membungkus udara.

2.5.1 Bata Ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*)

Bata ringan CLC adalah salah satu tipe bata ringan yang diproduksi dengan memasukan butiran gelembung udara pada campuran mortar bata, dimana butiran udara tersebut harus mampu mempertahankan struktur gelembung tersebut selama periode pengerasan (curing) tanpa menyebabkan reaksi kimia. Campuran dari CLC antara lain semen, pasir halus, air dan foam khusus begitu mengeras menghasilkan bata ringan yang kuat dengan kandungan jutaan sel atau gelembung udara halus dengan ukuran yang konsisten dan terdistribusi secara merata. CLC memiliki densitas antara 400 kg/m^3 hingga 1800 kg/m^3 . Namun untuk pekerjaan struktur, densitas CLC yang baik untuk digunakan berkisar antara 1200 kg/m^3 hingga 1400 kg/m^3 . Keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan CLC antara lain :

1. Memberikan insulasi panas dan suara yang baik. Sebagai contohnya dinding CLC 125 mm memberikan insulasi empat kali lebih baik daripada dinding bata 230 mm
2. Bentuk stabil walaupun terkena air tambahan. Sedangkan pada bata ringan yang menggunakan bubuk alumina, bata akan mengembang lagi bila terkena air tambahan.
3. Keuntungan untuk daerah terpencil karena hanya membutuhkan semen dalam pembuatannya. Berbeda dengan aerated concrete menggunakan bubuk alumina yang masih menggunakan pasir dalam pembuatannya.
4. Lebih mudah dipompa saat pengecoran karena tidak ada agregat.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam pembuatan CLC antara lain :

1. Tipe foaming agent
2. Foam generator yang digunakan
3. Komposisi campuran dan waktu pencampuran (*mixing time*)
4. Tipe dan ukuran pasir
5. Metode *curing*

Cellular Lightweight Concrete (CLC) dapat diproduksi dengan berbagai macam jenis kepadatan, yang berkisar antara 400 kg/m³ sampai 1800 kg/m³ yang disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya yaitu :

1. Kepadatan rendah (400-600 kg/m³) biasa digunakan untuk bahan isolasi, sebagai alternatif lain yang dapat digunakan untuk menggantikan thermocole, glasswool, woodwool, dan lain-lain.
2. Kepadatan sedang (800-1000 kg/m³) dapat digunakan untuk pembuatan precast blocks dengan dimensi 500x250x200/100 mm yang digunakan sebagai dinding (pengganti batu bata).
3. Kepadatan tinggi (1200-1800 kg/m³) dengan kuat hancur (*crushing strength*) antara 65-250 kg/m³, biasa dipakai sebagai struktur

(Arita, 2017)

2.6 Semen

Semen merupakan bahan yang bersifat hirolis yang bila dicampur air akan berubah menjadi bahan yang mempunyai sifat perekat. Penggunaannya antara lain meliputi beton, adukan mortar, plesteran, bahan penambal, adukan encer (grout) dan sebagainya. Pada umumnya terdapat beberapa jenis semen dan tipe semen yang berada dipasaran. Beberapa jenis semen diatur dalam SNI, diantaranya : SNI 15-2049-2004 mengenai semen portland (OPC = Ordinary Portland Cement) yang dibedakan menjadi 5 tipe yakni :

1. Tipe I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Tipe II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Tipe III semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Tipe V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Selain itu, SNI 15-0302-2004 mengenai semen portland pozolan (PPC = Portland pozzoland cement). Semen portland pozolan adalah semen yang dibuat dari campuran homogen semen portland bersamaan dengan bahan yang mempunyai sifat pozolan. Campuran beton dan mortar menggunakan PPC mempunyai sifat pengerjaan yang mudah, namun akan terjadi perpanjangan waktu pengikatan. Kekuatan tekan beton dengan semen pozolan pada umur awal lebih rendah tetapi pada umur lama akan semakin tinggi karena masih terjadi reaksi antara silika aktif pozolan dengan Ca(OH)_2 membentuk senyawa CSH. Jenis semen lainnya diatur dalam SNI 15-7064-2004 mengenai semen portland komposit (PCC = Portland Composite Cement) yakni semen yang dibuat dari hasil penggilingan terak semen portland dan gips dengan bahan anorganik. Bahan anorganik yang dicampur dapat lebih dari satu macam misalnya terak tanur tinggi, pozolan, senyawa silikat, batu kapur dan sebagainya. Terdapat pula semen masonry yang diatur dalam SNI 15-3758-2004. Semen masonry didefinisikan sebagai campuran dari semen portland atau campuran semen hidrolis dengan bahan yang bersifat menambah keplastisan (seperti batu kapur, kapur yang terhidrasi atau kapur hidrolis) bersamaan dengan bahan lain yang

digunakan untuk meningkatkan satu atau lebih sifat seperti waktu pengikatan (*setting time*), kemampuan kerja (*workability*), daya simpan air (*water retention*), dan ketahanan (*durability*).

(Suprpto, 2013)

2.6.1 Semen *Premix Mortar*

Pre-Mix Mortar merupakan campuran yang terdiri dari campuran yang terdiri dari agregat halus, air, semen dan ditambahkan *admixture* dengan proporsi tertentu sebagai bahan perekat. Manfaat *pre-mix mortar* adalah sebagai bahan perekat dapat menutupi atau menghilangkan permukaan bata yang tidak rata untuk menyalurkan beban. Fungsi *pre-mix mortar* dalam plesteran untuk mengawetkan pemasangan bata, meratakan permukaan tembok, pengikat antara pemasangan bata yang satu dengan bata yang lain, sehingga aksi komposit keduanya dapat terbentuk (Wenno, 2014).

Bahan perekat dapat berupa tanah liat, kapur, maupun semen Portland. Bila bahan perekatnya adalah liat, maka mortarnya adalah lumpur (*mud mortar*). Jika bahannya dari kapur (dapat juga disebut semen merah) disebut dengan mortar kapur, serta bila perekatnya adalah semen portland disebut dengan mortar semen. Bahan perekat yang dicampurkan dengan air akan menjadi pasta yang berfungsi untuk merekatkan butiran-butiran pasir (Oka, 2006)

2.7 Papan Partikel

Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lainnya kemudian dikempa panas (Maloney, 1993). Menurut Hesty (2009), papan partikel adalah lembaran hasil pengempaan panas campuran partikel kayu atau bahan berlognoselulosa lainnya dengan perekat organik dan bahan lainnya. Kualitas papan partikel merupakan fungsi dari beberapa faktor yang berinteraksi dalam proses pembuatan papan partikel tersebut. Sifat fisis dan mekanis papan partikel seperti kerapatan,

modulus patah, modulus elastis dan keteguhan rekat internal serta pengembangan tebal merupakan parameter yang cukup baik untuk menduga kualitas papan partikel yang dihasilkan (Haygreen dan Bowyer 1986).

2.7.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Mutu Papan Partikel

Adapun faktor yang mempengaruhi mutu papan partikel adalah sebagai berikut (Sutigno, dalam Hesty 2009) :

1. Berat jenis partikel
Perbandingan antara kerapatan atau berat jenis papan partikel dengan berat jenis kayu harus lebih dari satu, yaitu sekitar 1,3 agar mutu papan partikelnya baik. Pada keadaan tersebut proses pengempaan berjalan optimal sehingga kontak antar partikel baik.
2. Zat ekstraktif partikel
Partikel yang berminyak akan menghasilkan papan partikel yang kurang baik dibandingkan dengan papan partikel dari kayu yang tidak berminyak. Zat ekstraktif semacam ini akan mengganggu proses perekatan.
3. Jenis partikel
Jenis kayu (misalnya Meranti Kuning) yang kalau dibuat papan partikel emisi folmaldehidanya lebih tinggi dari jenis lain (misalnya Meranti Merah). Masih diperdebatkan apakah karena pengaruh warna atau pengaruh zat ekstraktif atau pengaruh keduanya.
4. Campuran jenis kayu
Keteguhan lentur papan partikel dari campuran jenis kayu ada diantara keteguhan lentur papan partikel jenis tunggalnya, karena itu papan partikel struktural lebih baik dibuat dari satu jenis kayu daripada dari campuran jenis kayu.
5. Ukuran partikel
Papan partikel yang dibuat dari tatal akan lebih daripada yang dibuat dari serbuk karena ukuran tatal lebih besar

daripada serbuk. Karena itu, papan partikel strukturan dibuat dari partikel yang relatif panjang dan relatif lebar.

6. Perekat

Penggunaan perekat eksterior akan menghasilkan papan partikel eksterior sedangkan pemakaian perekat interior akan menghasilkan papan partikel interior. Walaupun demikian, masih mungkin terjadi penyimpangan, misalnya karena ada perbedaan dalam komposisi perekat dan terdapat banyak sifat papan partikel. Sebagai contoh, penggunaan perekat urea formaldehid yang kadar formaldehidnya tinggi akan menghasilkan papan partikel yang keteguhan lentur dan keteguhan rekat internalnya lebih baik tetapi emisi formaldehidnya lebih jelek.

2.7.2 Syarat Mutu Papan Partikel

Syarat mutu suatu papan partikel telah diatur dalam standar ISO 8335-1987 yang ditunjukkan pada **Tabel 2.6**

Tabel 2.4 Syarat Sifat Papan Partikel Semen berdasarkan ISO 8335 (1987)

Sifat Papan Semen	Nilai
Kerapatan (g/cm^3)	$>1,0$
Absorpsi Air (%)	6-12
Kuat lentur (kg/cm^2)	>90
MOE (kg/cm^3)	>29.411
Pengembangan tebal (%) setelah perendaman air	$<2\%$

2.8 *Rule of Mixture*

Rule of mixture adalah sebuah aturan untuk memprediksi sifat mekanik dari sebuah komposit yang memiliki *reinforced* berupa serat ataupun partikel. Dengan adanya *rule of mixture* dapat dihitung properties yang diperoleh dari tiap matrik dikalian

dengan fraksi volume kemudian ditambahkan dengan perkalian oleh *reinforced* dengan fraksi volumenya.

Fraksi volume dari serat/partikel (V_f) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_f = \frac{vf}{vc} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana v_f adalah volume dari serat/partikel dan v_c adalah volume dari komposit.

Fraksi volume dari matrik (V_m) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_m = \frac{vm}{vc} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana vm adalah volume dari matrik dan v_c adalah volume dari komposit.

Penjumlahan dari fraksi volume matrik (V_m) dan fraksi volume *reinforced* (V_f) adalah

$$V_m + V_f = 1 \dots\dots\dots 2.3$$

2.8.1 Composite properties

Properties dari sebuah komposit dapat diperkirakan dengan mempertimbangkan beberapa aspek yaitu properties dari matrik, fraksi volume matrik, properties *reinforced*, dan fraksi volume dari *reinforced*. Sebagai contoh dapat dirumuskan sebagai berikut untuk memperkirakan sebuah modulus elastisitas dari komposit :

$$E_c = E_m V_m + E_f V_f \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

E_c = modulus elastisitas komposit

E_m = modulus elastisitas matrik
 E_f = modulus elastisitas fiber/*reinforced*
 V_m = fraksi volume matrik
 V_f = fraksi volume fiber/*reinforced*

(Callister,2007)

2.9 Penelitian Sebelumnya

Ilmuwan di dunia telah mengembangkan solusi dan metode pengolahan limbah dengan cara yang efektif, efisien dan biaya yang murah. Para ilmuwan telah menemukan tipe baru dari proses engineering yang menggabungkan *sustainable engineering* dan *green engineering*. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah terhadap lingkungan selain itu juga dapat memaksimalkan keuntungan yang memberikan dampak positif terhadap ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh Hakim, 2017 tentang pengaruh variasi komposisi dan ukuran *filler* serat tebu terhadap morfologi dan sifat mekanik komposit SBR/Serat Tebu bertujuan untuk mengidentifikasi efek dari penambahan komposisi dan ukuran serat tebu pada sifat mekanik dan morfologi komposit SBR/Serat Tebu. Variasi komposisi yang digunakan adalah 2,5; 5; 7,5; dan 10% dari berat dan variasi ukuran yang digunakan adalah 140, 112, dan 80 μ . Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat tebu hingga 2,5% akan meningkatkan sifat mekanik sementara penambahan lebih lanjut akan menurunkan sifat mekanik dari komposit. Kemudian hasil pengujian juga menunjukkan bahwa penggunaan serat tebu dengan ukuran yang semakin kecil akan semakin meningkatkan sifat mekanik dari komposit.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Rahmi, 2015 tentang Pengaruh substitusi agregat kasar dengan serat ampas tebu terhadap kuat tekan, kuat lentur, porositas dan densitas beton K-350 dengan variasi ampas tebu 0%; 0,5%; 1% dan 1,5% menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum diperoleh pada beton

dengan serat ampas tebu 0,5 % yaitu 36 MPa. Kuat lentur tertinggi sebesar 4,88 MPa dimiliki beton dengan serat ampas tebu 1 %. Penambahan ampas tebu menurunkan porositas dan densitas beton.

Penelitian oleh (Muhammad, 2016) mengenai pengaruh komposisi kulit kerang darah (*Anadara granosa*) terhadap kerapatan, keteguhan patah komposit partikel polyester telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh komposisi kulit kerang darah (*Anadara granosa*) terhadap densitas dan keteguhan patah (Modulus of Rupture) papan partikel komposit. Metode penelitian ini adalah pengempaan plat cetakan papan partikel sejajar dengan memvariasikan komposisi kulit kerang darah (Anadara Granosa) sebesar 0, 10, 20, 30 40, 50 dan 60 (%w). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa pengaruh komposisi kulit kerang darah berpengaruh terhadap sifat kerapatan dan sifat keteguhan patah, Nilai keteguhan patah sebesar 40,94 MPa pada komposisi 30% kulit kerang.

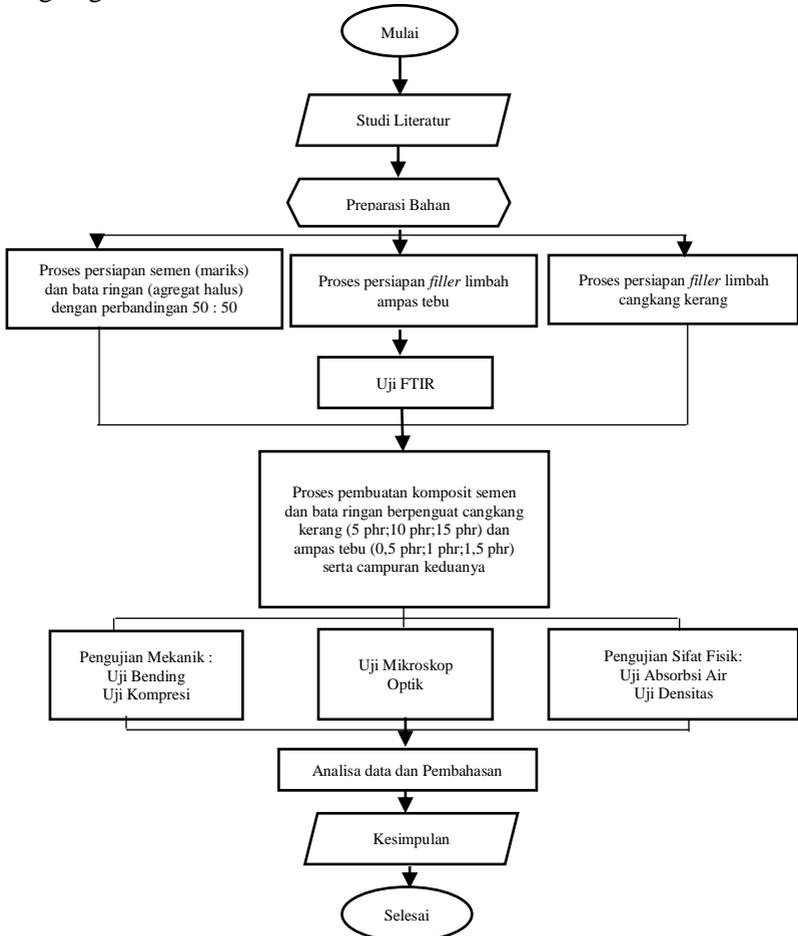
Penelitian mengenai pengaruh substitusi cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan agregat halus terhadap kuat tekan beton telah dilakukan oleh (Muhammad Hasbi, 2015). Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan limbah cangkang kerang sekaligus menyelamatkan lingkungan pantai dari pencemaran sekaligus mencari inovasi baru pada teknologi beton, dan ingin mengetahui bagaimana pengaruhnya sebagai bahan substitusi agregat halus pada campuran beton. Substitusi cangkang kerang halus dengan variasi 5% , 10% dan 15 % dari volume agregat halus. Hasil pengujian beton diperoleh kuat tekan sebesar: 20.6 MPa , 26.3 MPa , 23.4 MPa , dan 19.7 MPa. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa substitusi cangkang kerang optimum 5 % meningkatkan kuat tekan maksimum (27,7%) dari beton normal, sedangkan substitusi cangkang kerang 10% terhadap agregat halus meningkatkan kuat tekan beton 23,3 % dari beton normal, maka substitusi serbuk cangkang kerang 5 % dan 10 % dapat memberikan dampak positif terhadap peningkatan kuat tekan beton, sedangkan substitusi 15%

mengalami penurunan kuat tekan sebesar 4,4% dari beton normal.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Semen
Semen yang dipakai adalah jenis semen *pre-mix mortar*
2. Air
Air yang digunakan adalah air keran di laboratorium inovasi material Departemen Teknik Material ITS
3. Limbah Ampas Tebu
Limbah ampas tebu didapat tanaman tebu yang digunakan sebagai *filler* pada komposit
4. Limbah Cangkang Kerang
Limbah cangkang kerang didapatkan dari cangkang kerang yang sudah tidak terpakai
5. Bata Ringan
Bata ringan didapatkan dari bata ringan bekas sisa pembangunan. Bata ringan yang digunakan adalah jenis CLC

3.2.2 Peralatan Penelitian

1. Cetakan
Gambar 3.1 menunjukkan cetakan pembuatan spesimen. Bahan yang digunakan adalah kayu dan papan kayu untuk pengujian sifat fisis dan mekanis berukuran 14x3x3 cm dan 5x5x5 cm.



Gambar 3.2 Cetakan pembuatan spesimen (Dokumentasi Pribadi)

2. Timbangan Digital

Gambar 3.3 menunjukkan timbangan yang digunakan untuk menimbang bahan yang akan digunakan



Gambar 3.3 Timbangan Digital (Dokumentasi Pribadi)

3. *Digital Microscope* USB

Mikroskop digunakan untuk mengetahui porositas dan persebaran *filler* didalam komposit, yang merupakan milik laboratorium di Departemen Material FTI ITS yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 :



Gambar 3.4 *Digital Microscope* USB (Dokumentasi Pribadi)

4. Mesin Uji FTIR

Mesin FTIR digunakan untuk mengetahui ikatan kimia gugus fungsi suatu material, yang merupakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material ITS yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 :



Gambar 3.5 Mesin FTIR (Dokumentasi Pribadi)

5. Oven

Gambar 3.6 adalah oven yang digunakan untuk mengeringkan spesimen uji *absorbability* yang telah direndam air.



Gambar 3.6 Oven (Dokumentasi Pribadi)

6. Mesin Uji Kompresi

Mesin uji kompresi yang digunakan milik laboratorium Beton Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.7 :



Gambar 3.7 Mesin Uji Kompresi (Dokumentasi Pribadi)

7. Alat *Sieving*

Gambar 3.12 merupakan alat *shieving* yang digunakan untuk menyeragamkan ukuran serabut dan partikel.



Gambar 3.8 Alat *Sieving* (Dokumentasi Pribadi)

8. Alat Uji Bending

Gambar 3.9 merupakan alat untuk pengujian bending milik Laboratorium Inovasi material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



Gambar 3.9 Alat Uji Kuat Lentur (Dokumentasi Pribadi)

3.3 Variabel Penelitian

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat limbah ampas tebu dan cangkang kerang darah, Sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah campuran semen dan bata ringan. Untuk lebih rinci dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Variabel penelitian

No		Limbah Ampas Tebu (phr)	Limbah Cangkang Kerang (phr)
1	Campuran Semen dan Bata Ringan (%) (50:50)	0	0
2		0,5	0
3		1	0
4		1,5	0
5		0	5
6		0	10
7		0	15
8		0,5	5
9		1	10
10		1,5	15

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Bahan

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan ini penting dilakukan karena dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan.

3.4.1.1 Persiapan Bata Ringan

1. Mempersiapkan bata ringan
2. Menghancurkan bata ringan menggunakan palu
3. Kemudian mengayak bata ringan menggunakan ayakan 18 mesh

3.4.1.2 Persiapan Limbah Ampas Tebu

1. Mencuci ampas tebu dengan aquades lalu dikeringkan beberapa jam untuk menghilangkan kandungan air pasca pencucian.
2. Menjemur ampas tebu dibawah sinar matahari untuk menghilangkan kandungan airnya.
3. Menghaluskan ampas tebu dengan blender dan mengayaknya dengan ukuran sebesar 60 mesh

3.4.1.3 Persiapan limbah cangkang kerang

1. Limbah cangkang kerang dicuci hingga bersih untuk menghilangkan unsur pengotor pada permukaan cangkang kerang.
2. Setelah itu, limbah cangkang kerang dijemur di bawah sinar matahari selama 3 jam untuk menghilangkan kandungan air.
3. Menghaluskan limbah cangkang kerang dengan alat *ball milling*.
4. Melakukan *sieving* serbuk cangkang kerang dengan ukuran yang homogen sebesar 100 mesh.

3.4.1.4 Pembuatan Komposit

1. Menimbang massa dari semen, bata ringan dan air dengan perbandingan 2 : 2 : 1
2. Menimbang massa dari agregat limbah ampas tebu dan cangkang kerang dengan komposisi yang diinginkan
3. Menuangkan agregat ke dalam wadah yang berisi campuran semen dan bata ringan, lalu dicampur
4. Menuangkan air ke dalam wadah yang berisi campuran semen, bata ringan dan *filler* limbah, setelah itu dilakukan pengadukan
5. Setelah itu, menuangkan komposit ke dalam cetakan yang tersedia sesuai dengan standar SNI 03-2493-1991 lalu menunggu selama 28 hari.

-
6. Melakukan pembuatan komposit untuk komposisi rancangan uji yang berbeda

3.4.2 Proses Pengujian

3.4.2.1 Pengujian Mikroskop Optik

Pengujian mikroskop optik bertujuan untuk mempelajari morfologi (bentuk permukaan), persebaran partikel, dan keberadaan pori.

Pengujian mikroskop menggunakan alat bernama *digital microscope USB* dimana menggunakan sinar pantul dalam membentuk bayangan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Adapun cara kerja dari mikroskop adalah dengan memusatkan berkas sinar yang tampak oleh mata untuk membentuk bayangan objek yang diperbesar. Sumber cahaya dapat berasal dari cahaya matahari maupun cahaya lampu listrik. Kekuatan pembesaran mikroskop cahaya merupakan perkalian kekuatan lensa-lensa penyusunannya, yaitu kekuatan lensa objektif dan lensa okuler.

Sebelum melakukan pengujian dilakukan kalibrasi untuk mengetahui nilai perbesaran yang dihasilkan menggunakan standar ASTM E 1951.

3.4.2.2 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dimana untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan serta untuk mengkonfirmasi apakah bahan yang dipakai telah sesuai. Skema dari mesin FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.11. Adapun cara kerja FTIR seperti berikut ini: Mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai

sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati *chopper*. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh *rekorder*. Selanjutnya diperlukan amplifier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah. Standar yang digunakan adalah ASTM E1252.

3.4.2.3 Pengujian Densitas

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas suatu benda, maka semakin besar pula setiap volumenya. Densitas rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki densitas lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda yang bermassa sama yang memiliki densitas yang lebih rendah. Untuk pengukuran densitas digunakan standar ASTM C 642 dan dihitung dengan persamaan:

$$P_{pc} = \frac{m_s}{(m_g - m_k)} \times \text{densitas fluida} \dots\dots\dots 3.1$$

Keterangan:

P_{pc} : densitas (gr/cm^3)

m_s : massa sampel kering (gr)

m_g : massa sampel digantung didalam air (gr)

m_k : massa kawat penggantung (gr)

Dalam proses pengujiannya spesimen ditimbang terlebih dahulu. Kemudian spesimen dimasukkan ke dalam akuades (berada di gelas beker di atas timbangan) dengan posisi digantung menggunakan benang. Posisi spesimen tidak boleh menyentuh dinding maupun dasar gelas. Setelah kita dapatkan massa spesimen yang menggantung, kita dapat mengetahui volume spesimen yang ada dengan cara membaginya dengan massa jenis dari akuades.

3.4.2.4 Pengujian Absorpsi Air

Pengujian angka penyerapan air digunakan untuk menghitung perubahan berat dari suatu agregat akibat air yang menyerap ke dalam pori di antara partikel pokok dibandingkan dengan pada saat kondisi kering. Standar proses pengujian nilai penyerapan air mengacu pada ASTM C1403 dimana dalam prosesnya spesimen direndam terlebih dahulu di dalam akuades selama 24 jam kemudian ditimbang untuk mengetahui berat basah dari spesimen yang ada. Setelah itu spesimen dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dalam temperatur 100° C kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering dari spesimen tersebut. Kemudian data yang ada dimasukkan ke persamaan 3. untuk mengetahui nilai *Water absorability*-nya. Adapun perhitungannya adalah sebagi berikut: dengan:

$$\text{Absorpsi} = \frac{w-k}{w} \times 100\% \dots\dots\dots 3.2$$

Keterangan:

W = berat material dalam keadaan basah (gram)

K = berat material dalam keadaan kering (gram)

3.4.2.5 Pengujian Kuat Tekan (Compression Strength)

Kuat tekan adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Tjokrodimulyo, 1996). Dalam pengujian ini standar yang digunakan adalah ASTM C109. Ukuran dimensi spesimen adalah 5 cmx5 cmx5 cm. Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan:.

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 3.3$$

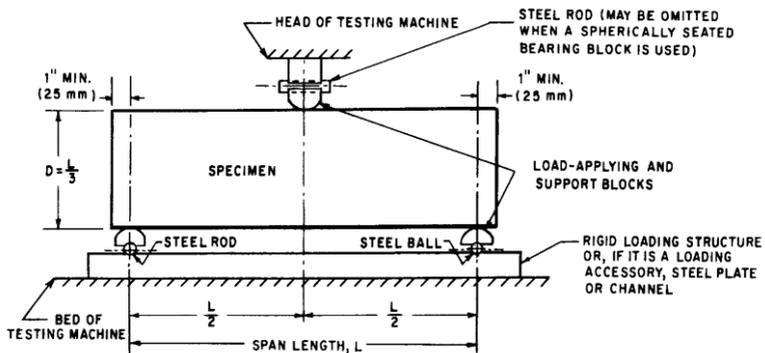
Keterangan:

P = beban tekan (N)

L = luas bidang tekan (mm²)

3.4.2.6 Pengujian Beban Lentur (*Flexural Strength*)

Pengujian kekuatan lentur digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode *threepoint bend*, dimana spesimen diletakan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah spesimen. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM C 293. Dimensi spesimen yang diuji adalah 14 x 3x 3 cm sesuai dengan gambar 3.12.



Gambar 3.10. Cara Uji Kekuatan Lentur ASTM C 293

Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 bd^2} \dots\dots\dots 3.4$$

Keterangan :

σ_f = Kekuatan Lentur (Kg/cm²)

L = Support span (cm)

P = Beban patah (Kg)
b = lebar spesimen (cm)
d = tebal spesimen (cm)

3.5 Rancangan Penelitian

Berikut adalah Tabel 3.2 rancangan penelitian yang akan dilakukan pada penelitian kali ini, :

Tabel 3.2 Rancangan Penelitian

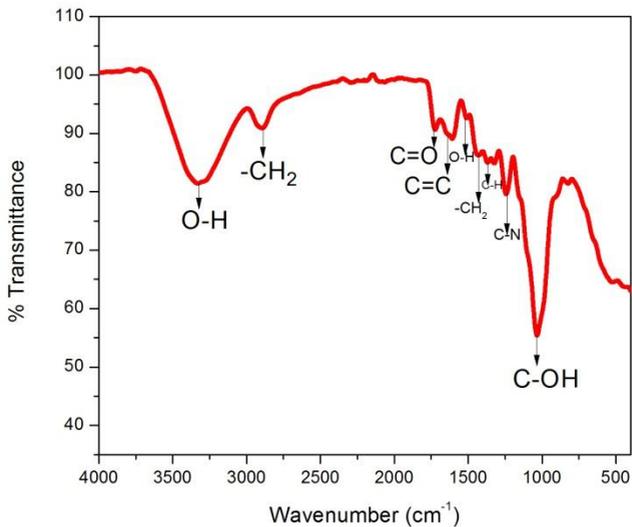
No	Komposisi Campuran Semen/Bata Ringan/AT/CK	Pengujian				
		Mikroskop Optik	Kompresi	Absorpsi Air	Densitas	Kuat Lentur
1	50/50/0/0	V	V	V	V	V
2	50/50/0,5/0	V	V	V	V	V
3	50/50/1/0	V	V	V	V	V
4	50/50/1,5/0	V	V	V	V	V
5	50/50/0/5	-	V	V	V	V
6	50/50/0/10	-	V	V	V	V
7	50/50/0/15	-	V	V	V	V
8	50/50/0,5/5	V	V	V	V	V
9	50/50/1/10	-	V	V	V	V
10	50/50/1,5/15	-	V	V	V	V

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan pada material penyusun komposit yaitu serbuk ampas tebu yang telah dicuci dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Sampel dipreparasi dan diuji untuk menentukan *peaknya* dan dilakukan analisis agar dapat diidentifikasi gugus fungsi dari material. Hasil pengujian FTIR untuk serbuk ampas tebu ditunjukkan oleh Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR Pada Serbuk Ampas Tebu

Tabel 4.1 Daerah Serapan Infra Merah Serbuk Ampas Tebu

Daerah Serapan	Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
3331,27	O-H stretching
2896,84	-CH ₂ stretching
1719,02	C=O stretching
1603,95	C=C stretching
1508,67	N-O stretching
1424,33	C-C stretching
1370,45	C-H deformasi
1239,56	C-N stretching
1032,65	C-OH stretching

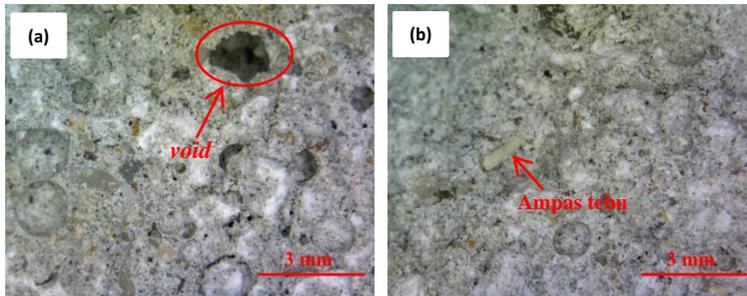
Tabel 4.1 menunjukkan daerah serapan dari *peak* sampel dari ampas tebu. Pita lebar pada 3331,27 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus hidroksil, O-H di selulosa, hemiselulosa, dan pektin. Puncak pada 2896,84 cm^{-1} menunjukkan peregangan kelompok -CH₂ (Zaheer, 2014). Adanya puncak di 1719,02 dan 1603,95 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus karbonil, C = O dan gugus alkena, C = C stretching. Pita serapan gugus asam karboksilat, C-OH stretching pada 1032,65 cm^{-1} dimungkinkan terdapat dalam selulosa. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad (2017) dimana puncak *wavenumber* pada tabel 4.2 tersebut merupakan puncak yang dimiliki oleh ampas tebu.

Pada komposit semen/ bata ringan/ cangkang kerang /ampas tebu pengujian FTIR hanya dilakukan pada material ampas tebu, tidak dilakukan pada material semen, bata ringan dan cangkang kerang. Hal ini disebabkan karena material penyusun komposit ini selain ampas tebu termasuk dalam material keramik dimana mempunyai *wavenumber* <500 cm^{-1} . Sehingga gugus fungsi tidak terlihat pada pengujian FTIR karena batas *wavenumber* yang dapat terlihat pada alat uji FTIR yang digunakan adalah >500 cm^{-1} (Romadhoni, 2019)

4.2. Analisa Pengujian Mikroskop Optik

Spesimen komposit diuji menggunakan mikroskop optik yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui morfologi komposit yang diperlihatkan oleh citra fotomikrografi. Mikroskop juga dapat menunjukkan persebaran dan ukuran porositas dari komposit yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Karakterisasi, Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Berikut adalah hasil pengujian mikroskop untuk material komposit semen dengan *filler* limbah ampas tebu dan cangkang kerang :

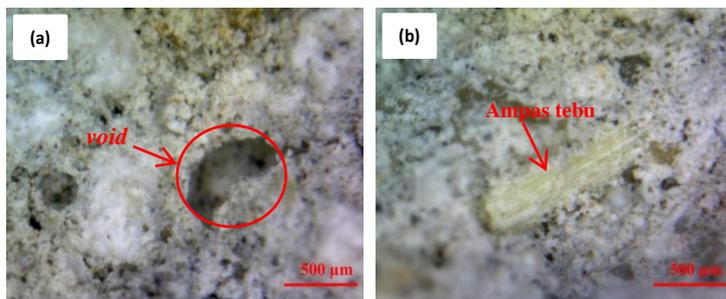


Gambar 4.2 Hasil Fotomikrografi Komposit dengan (a) tanpa *filler* (b) penambahan 0,5 phr ampas tebu + 5 phr cangkang kerang perbesaran 50x

Gambar 4.2. menunjukkan perbandingan hasil citra fotomikrografi dari komposit dengan (a) tanpa *filler* (b) penambahan 0,5 phr ampas tebu dan 5 phr cangkang kerang dengan perbesaran 50x. Komposit tanpa penambahan ampas tebu dan cangkang kerang menunjukkan terdapat banyak *void* yang terbentuk di dalam komposit. Hal tersebut dapat disebabkan karena wettability yang kurang baik dimana matrix tidak dapat membasahi *filler* dengan sempurna sehingga terdapat rongga/*void* antara matrix dan *filler*. Selain itu *void* ini timbul akibat proses manufaktur komposit yang kurang sempurna saat proses

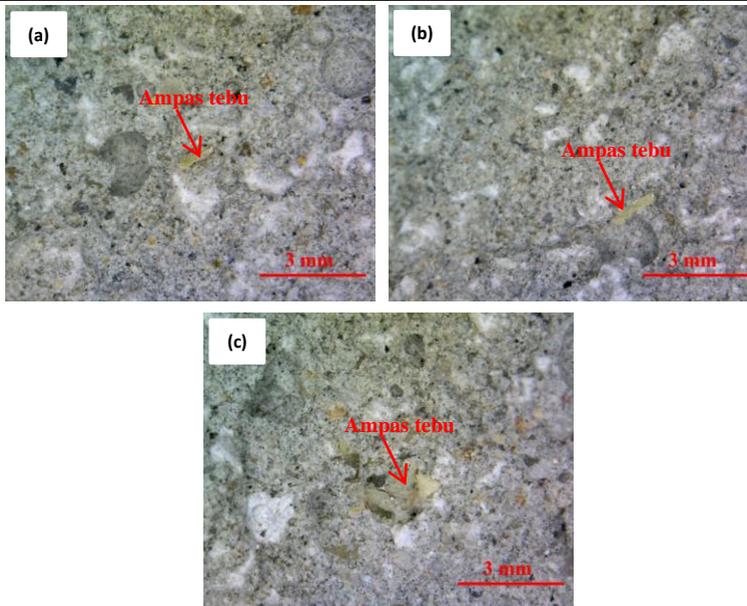
pencetakan sehingga gelembung udara terperangkap dan membentuk *void*/pori di dalam komposit tersebut (Rohman, 2018)

Sedangkan komposit dengan penambahan 0,5 phr ampas tebu dan 5 phr cangkang kerang menunjukkan citra fotomikrografi yang lebih baik dimana keberadaan *void* jauh lebih sedikit bila dibandingkan dengan komposit tanpa penambahan ampas tebu maupun cangkang kerang. Berkurangnya rongga/*void* dapat mempengaruhi beberapa sifat fisik seperti penyerapan air (Abharan, 2018)

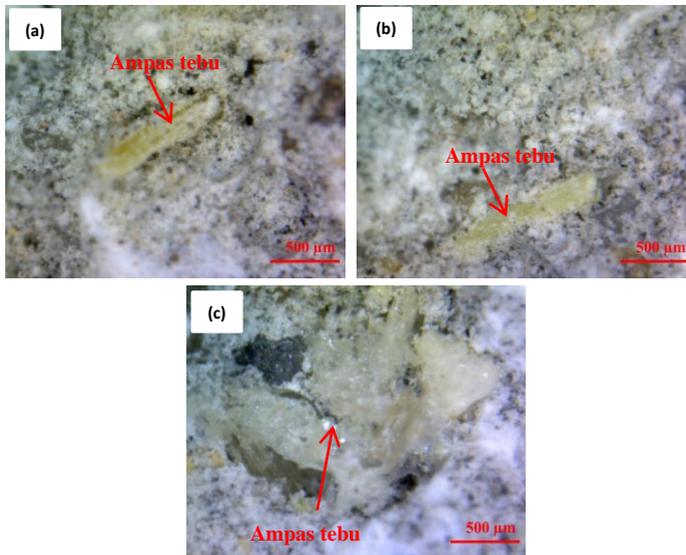


Gambar 4.3 Hasil Fotomikrografi Komposit dengan (a) tanpa *filler* (b) penambahan 0,5 phr ampas tebu + 5 phr cangkang kerang perbesaran 200x

Sedangkan pada Gambar 4.3. menunjukkan perbandingan hasil citra fotomikrografi dari komposit dengan (a) tanpa *filler* (b) penambahan 0,5 phr ampas tebu dan 5 phr cangkang kerang dengan perbesaran 200x dimana komposit dengan penambahan ampas tebu dan cangkang kerang memperlihatkan morfologi yang lebih halus/rata dan tidak terlihat banyak *void*/rongga. Persebaran *filler* yang merata pada komposit dapat mempengaruhi peningkatan sifat mekaniknya (Helena, 2014)



Gambar 4.4 Hasil Fotomikrografi Komposit dengan (a) penambahan 0,5 phr ampas tebu (b) penambahan 1 phr (c) penambahan 1,5 phr ampas tebu ampas tebu perbesaran 50x



Gambar 4.5 Hasil Fotomikrografi Komposit dengan (a) penambahan 0,5 phr ampas tebu (b) penambahan 1 phr (c) penambahan 1,5 phr ampas tebu ampas tebu perbesaran 200x

Kemudian Gambar 4.4 dan 4.5 merupakan gambar komposit dengan penambahan berbagai variasi komposisi ampas tebu dengan perbesaran 50x dan 200x dimana terlihat pada penambahan 0,5 phr dan 1 phr ampas tebu *filler* tersebar secara merata dan tidak terjadi penggumpalan sedangkan pada penambahan 1,5 phr ampas tebu terlihat persebaran *filler* ampas tebu tidak merata dan cenderung berkumpul di satu titik

Persebarannya *filler* yang merata dan keberadaan *void* yang sedikit sama-sama akan menaikkan sifat mekanik komposit. Semakin baik persebaran *filler* yang terdapat dalam komposit maka akan memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

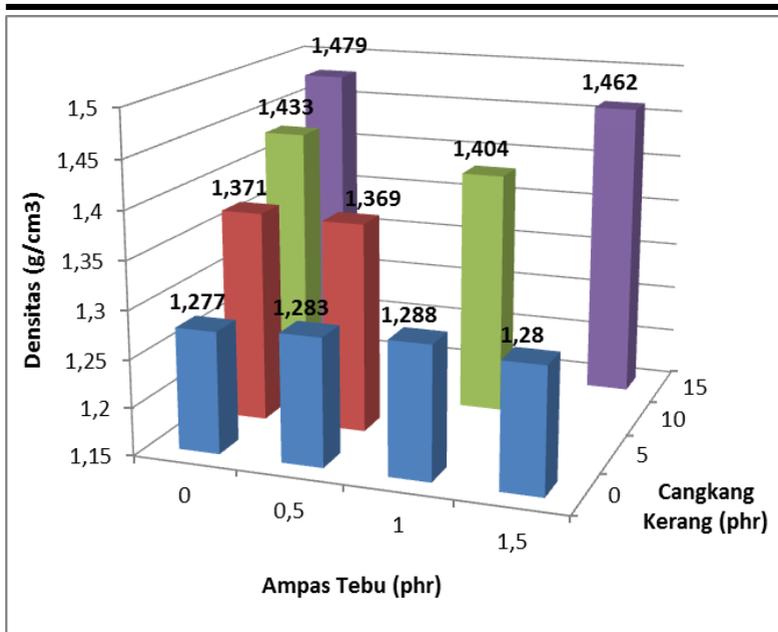
4.3. Analisa Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan cara menghitung massa dan volume dari tiap spesimen agar dapat diketahui massa jenisnya. Pengujian dilakukan di Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Hasil pengujian densitas dari spesimen papan partikel yang telah dibuat ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Uji Densitas Komposit

No	<i>Filler</i>		Densitas (g/cm ³)
	Ampas Tebu (phr)	Cangkang Kerang (phr)	
1	0	0	1,277
2	0,5	0	1,283
3	1	0	1,288
4	1,5	0	1,280
5	0	5	1,371
6	0	10	1,433
7	0	15	1,479
8	0,5	5	1,369
9	1	10	1,404
10	1,5	15	1,462

Berdasarkan Tabel 4.2. dapat dilihat bahwa pada komposit tanpa penambahan *filler* memiliki densitas paling kecil yakni sebesar 1,277 g/cm³ sedangkan komposit dengan penambahan cangkang kerang saja memiliki densitas paling besar yakni sebesar 1,479 g/cm³ adalah dengan komposisi cangkang kerang sebesar 15 phr. Apabila dibuat grafik maka akan terlihat seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Pengujian Densitas Komposit

Pada Gambar 4.6 diperlihatkan bahwa nilai densitas komposit dengan penambahan ampas tebu lebih besar dibandingkan dengan komposit tanpa *filler* dan akan meningkat nilai densitasnya seiring dengan pertambahan komposisi ampas tebu kecuali pada penambahan 1,5 phr ampas tebu. Sedangkan pada penambahan cangkang kerang nilai densitas menjadi lebih besar dibanding dengan komposit tanpa *filler* dan nilai densitas akan semakin besar seiring dengan pertambahan komposisi cangkang kerang. Hal itu menunjukkan bahwa penambahan ampas tebu akan menaikkan nilai densitas hingga pada komposisi tertentu dan penambahan cangkang kerang akan menaikkan nilai densitas. Komposit dengan kombinasi penambahan ampas tebu dan cangkang kerang akan menghasilkan nilai densitas yang berada diantara rentang nilai densitas komposit dengan

penambahan ampas tebu saja dan komposit dengan penambahan cangkang kerang saja.

Kenaikan densitas saat penambahan cangkang kerang disebabkan karena cangkang kerang memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan material penyusun komposit lainnya (semen dan bata ringan) yakni sebesar $2,61 \text{ g/cm}^3$. Sesuai dengan persamaan *rule of mixture* dimana sifat dari suatu komposit, salah satunya densitas, dapat dipengaruhi oleh sifat dari material penyusunnya. Semakin besar fraksi volume material penyusun dengan densitas yang lebih besar, maka komposit yang terbentuk cenderung memiliki nilai densitas yang juga besar dan juga sebaliknya (Nurun, 2013).

Sedangkan nilai densitas komposit papan semen naik seiring dengan penambahan ampas tebu. Hal ini dikarenakan adanya faktor butir sampel, dan pori bahan itu sendiri sehingga mengakibatkan kenaikan densitas papan semen partikel. Kenaikan densitas menunjukkan bahwa serat ampas tebu mampu masuk ke dalam rongga yang terdapat pada komposit. Penurunan nilai densitas yang terjadi dengan penambahan 1,5 phr ampas tebu disebabkan oleh kenaikan penggunaan serat yang terlalu banyak menyebabkan adonan sulit dipadatkan menyebabkan nilai densitas naik (Nugraha dan Antoni, 2007).

Perbedaan nilai densitas aktual dengan teoritis dapat dipengaruhi karena adanya porositas yang terdapat di dalam komposit. Semakin banyak pori maka nilai densitas akan semakin rendah. Nilai densitas aktual yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai densitas teoritis menandakan bahwa komposit mengandung banyak pori.

Dari penelitian yang telah dilakukan ini menunjukkan bahwa menurut ISO 8335 (*cement bonded particleboard*) spesimen dari seluruh variasi telah memenuhi standar dari papan partikel karena telah mencapai target minimal densitas papan partikel yakni 1 g/cm^3 .

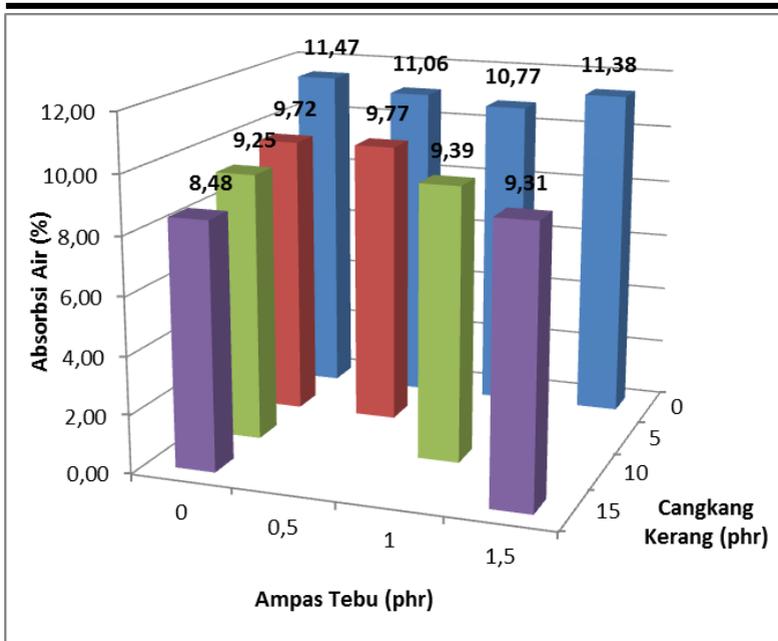
4.4. Analisa Pengujian Absorpsi Air

Pengujian fisik absorpsi air ditujukan untuk mengetahui kemampuan menyerap air dari suatu komposit yang terbentuk. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan selisih antara berat basah dan kering spesimen. Pengujian ini dilakukan menggunakan timbangan digital pada Laboratorium Material Inovatif Jurusan Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Dari hasil pengujian absorpsi air yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Uji Absorpsi Air Komposit

No	<i>Filler</i>		% Absorpsi Air
	Ampas Tebu (phr)	Cangkang Kerang (phr)	
1	0	0	11,47
2	0,5	0	11,06
3	1	0	10,77
4	1,5	0	11,29
5	0	5	9,72
6	0	10	9,25
7	0	15	8,48
8	0,5	5	9,77
9	1	10	9,39
10	1,5	15	9,31

Dari hasil pengujian absorpsi air pada komposit untuk aplikasi papan partikel semen didapatkan nilai yang paling tinggi yaitu sebesar 11,47% pada variasi komposisi tanpa penambahan *filler* sedangkan nilai penyerapan air paling rendah yaitu sebesar 8,48% pada variasi komposisi cangkang kerang sebesar 15 phr. Apabila dibuat grafik maka akan terlihat seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Pengujian *Water Absorbability*

Pada Gambar 4.7 diperlihatkan bahwa nilai absorpsi komposit akan semakin kecil dengan penambahan ampas tebu dibandingkan dengan komposit tanpa *filler*. Semakin besar komposisi ampas tebu yang ditambahkan maka akan semakin kecil nilai absorpsi airnya kecuali pada penambahan komposisi 1,5 phr ampas tebu nilai absorpsi air meningkat. Sedangkan penambahan cangkang kerang akan menurunkan nilai absorpsi menjadi lebih kecil dibandingkan dengan komposit tanpa *filler* dan akan terus menurun nilai absorpsi airnya dengan semakin tingginya komposisi cangkang kerang. Hal itu menunjukkan bahwa penambahan ampas tebu dan cangkang kerang cenderung menurunkan nilai absorpsi air secara signifikan yang juga dibuktikan dengan nilai absorpsi air yang menjadi lebih rendah pada pencampuran kedua material tersebut di dalam komposit.

Sehingga pencampuran kedua material *filler* tersebut juga akan menurunkan nilai absorpsi airnya.

Penurunan nilai absorpsi air disebabkan karena penambahan ampas tebu dan cangkang kerang mengurangi keberadaan rongga udara atau *void* pada papan partikel semen. Hal ini pula yang menyebabkan nilai densitas naik. Dengan demikian semakin besar nilai densitas maka nilai absorpsi air akan semakin kecil. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fitri (2015) yang menyatakan bahwa daya serap air komposit papan partikel semen berbanding terbalik dengan nilai densitas.

Penyimpangan yang terjadi pada penambahan 1,5 phr ampas tebu dimana nilai absorpsi air naik terjadi karena densitas komposit yang naik menandakan bahwa ampas tebu sudah tidak bisa mengisi *void* pada komposit sehingga sifat higroskopis ampas tebu yang menyebabkan kenaikan nilai absorpsi air. Heygreen dan Bowyer (1996) menyatakan bahwa tingginya nilai daya serap air disebabkan oleh kandungan higroskopis yang sangat mudah menyerap air pada ampas tebu. Ampas tebu juga memiliki kandungan selulosa 32-43% (Kliwon, 2002), dimana dalam selulosa tersebut merupakan kelompok hidroksil polar yang dapat meningkatkan penyerapan air dalam komposit tersebut (Getanjali Das, 2016).

Nilai *water absorbability* yang rendah dapat menguntungkan untuk aplikasi bahan bangunan karena risiko kerusakan seperti retakan dan kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme yang tidak diinginkan dapat berkurang disebabkan oleh minimnya penetrasi air ke dalam rongga-rongga dari material bangunan (Ananda, 2018). Berdasarkan hasil pengujian *water absorbability* yang telah dilakukan, seluruh variasi komposisi sudah memenuhi standar ISO 8335 yakni 6-12%.

4.5. Analisa Pengujian Kuat Lentur

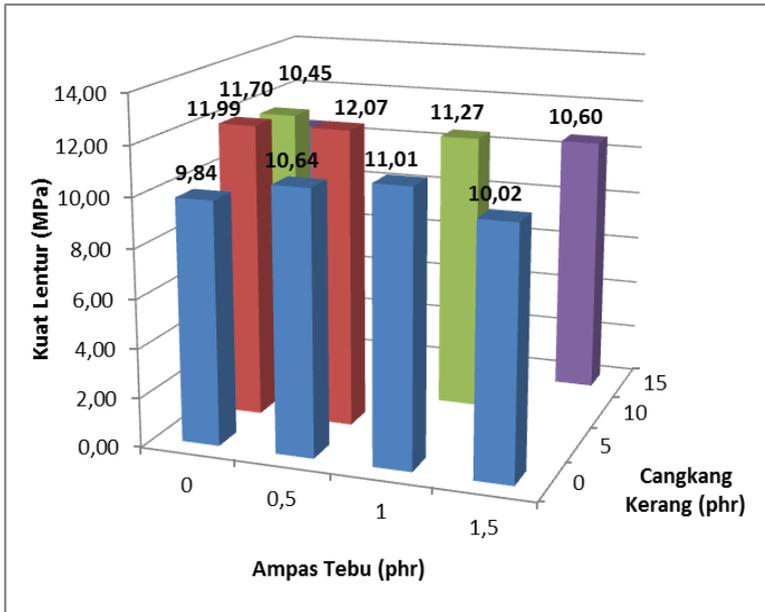
Pada penelitian ini komposit yang telah dibuat diuji kuat lentur guna mengetahui nilai *flexural strength* sehingga dapat diaplikasikan menjadi papan partikel. Pengujian yang digunakan menggunakan prinsip *3 point flexural test*. Spesimen uji ditempatkan titik tumpu di kedua ujungnya, kemudian diberi beban pada bagian tengahnya hingga patah. Pengujian kuat lentur dilakukan di pada Laboratorium Material Inovatif Jurusan Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Dari pengujian kuat lentur yang telah dilakukan didapatkan hasil berupa nilai *flexural strength* yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Uji Kuat Lentur Komposit

No	<i>Filler</i>		<i>Flexural Strength</i> (MPa)
	Ampas Tebu (phr)	Cangkang Kerang (phr)	
1	0	0	9,84
2	0,5	0	10,64
3	1	0	11,01
4	1,5	0	10,02
5	0	5	11,99
6	0	10	11,70
7	0	15	10,45
8	0,5	5	12,07
9	1	10	11,27
10	1,5	15	10,60

Dari hasil pengujian kuat lentur pada komposit untuk aplikasi papan partikel semen nampak bahwa penambahan ampas tebu dan cangkang kerang berpengaruh terhadap nilai kuat lentur komposit semen yang telah dibuat. Kuat lentur paling rendah yaitu sebesar 9,84 MPa pada variasi komposisi tanpa *filler* sedangkan nilai kuat lentur paling tinggi yaitu sebesar 12,07 MPa kgf/cm^2 pada variasi komposisi 0,5 phr ampas tebu dan 5 phr

cangkang kerang. Apabila dibuat grafik maka akan terlihat seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil Pengujian Kuat Lentur Komposit

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa penambahan ampas tebu dan cangkang kerang akan menaikkan kekuatan lentur dari komposit sampai pada komposisi tertentu. Penambahan ampas tebu maksimum agar dapat menaikkan kekuatan lentur didapatkan pada penambahan 1 phr ampas tebu, sedangkan penambahan cangkang kerang maksimum agar dapat menaikkan kekuatan lentur didapatkan pada penambahan 5 phr cangkang kerang. Penambahan kedua *filler* tersebut secara bersamaan menghasilkan kekuatan lentur maksimum pada variasi 0,5 phr ampas tebu dan 5 phr cangkang kerang.

Kenaikan nilai kuat lentur pada penambahan ampas tebu disebabkan karena serat berfungsi sebagai tulangan yang

disebarkan secara merata pada komposit sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan terlalu cepat akibat adanya pembebanan. Sedangkan pada variasi 1,5 phr nilai kuat lenturnya berkurang menjadi 10,02 MPa. Hal ini terjadi karena semakin banyak serat yang digunakan dalam adukan papan semen akan dapat mengakibatkan balling, dimana serat berkaitan dan membentuk bola yang sangat berongga yang dapat mengurangi kekuatan (Nugraha dan Antoni, 2007).

Sedangkan kenaikan nilai kuat lentur pada penambahan cangkang kerang menunjukkan bahwa cangkang kerang dapat mengisi rongga yang ada dalam komposit dengan baik sampai batas komposisi optimum yakni 5 phr. Penambahan cangkang kerang melebihi 5 phr akan menurunkan nilai kuat lentur komposit tersebut dikarenakan kadar semen yang terlalu rendah sehingga tidak mampu menutupi dan mengikat seluruh partikel menyebabkan nilai densitas papan yang dihasilkan menjadi lebih rendah.

Nilai kuat lentur yang didapatkan juga sebanding dengan nilai densitas. Semakin rendah densitas akan didapatkan nilai kuat lentur yang rendah pula karena banyaknya rongga yang ada di dalam komposit sehingga kekuatan komposit dalam menahan beban juga semakin rendah (Sembiring, 2015) kecuali pada variasi 10 phr dan 15 phr cangkang kerang dimana kenaikan densitas diiringi dengan penurunan nilai kuat lentur disebabkan kadar semen yang terlalu rendah sehingga tidak mampu menutupi dan mengikat seluruh partikel.

Berdasarkan nilai *flexural strength* yang didapatkan dari pengujian *bending* pada tiap spesimen, dapat disimpulkan bahwa papan partikel telah memenuhi standar ISO 8335 yaitu diatas 9 MPa.

4.6. Analisa Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan kompresi dari komposit yang terbuat dari semen, bata ringan, serta *filler* ampas tebu dan cangkang kerang. Dengan mengetahui kekuatan kompresi dari material komposit, maka dapat dijadikan pertimbangan komposit yang dibuat untuk dijadikan bahan bangunan seperti ubin, *paving block*, dinding, papan partikel, dan lain-lain.

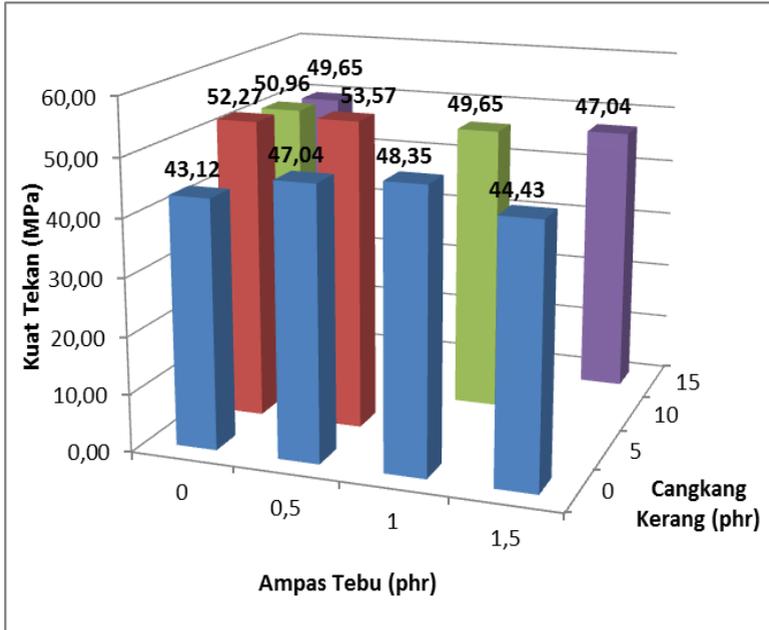
Uji kompresi di lakukan di Laboratorium Beton, Jurusan D3 Teknik Sipil Fakultas Vokasi Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dari hasil uji kompresi yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Uji Kuat Tekan Komposit

No	<i>Filler</i>		<i>Compressive Strength</i> (MPa)
	Ampas Tebu (phr)	Cangkang Kerang (phr)	
1	0	0	43,12
2	0,5	0	47,04
3	1	0	48,35
4	1,5	0	44,43
5	0	5	52,27
6	0	10	50,96
7	0	15	49,65
8	0,5	5	53,57
9	1	10	49,65
10	1,5	15	47,04

Dari hasil pengujian kuat tekan pada komposit untuk aplikasi papan semen partikel nampak bahwa penambahan ampas tebu dan cangkang kerang berpengaruh terhadap nilai kekuatan kompresi pada komposit yang telah dibuat. Kekuatan kompresi paling rendah yaitu sebesar 43,12 MPa pada variasi komposisi tanpa *filler* sedangkan nilai kekuatan kompresi paling tinggi yaitu sebesar 53,57 MPa pada variasi komposisi 0,5 phr ampas tebu + 5

phr cangkang kerang. Apabila dibuat grafik maka akan terlihat seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Komposit

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa penambahan ampas tebu dan cangkang kerang akan menaikkan kekuatan kompresi dari komposit sampai pada komposisi tertentu. Penambahan ampas tebu maksimum agar dapat menaikkan kekuatan kompresi didapatkan pada penambahan 1 phr ampas tebu, sedangkan penambahan cangkang kerang maksimum agar dapat menaikkan kekuatan kompresi didapatkan pada penambahan 5 phr cangkang kerang. Penambahan kedua *filler* tersebut secara bersamaan menghasilkan kekuatan kompresi maksimum pada variasi 0.5 phr ampas tebu dan 5 phr cangkang kerang.

Kenaikan kekuatan kompresi pada penambahan ampas tebu karna adanya ikatan yang baik antara matriks (semen) dan *filler*

(ampas tebu) pada papan semen partikel sehingga menyebabkan nilai kuat tekan pada papan semen partikel bertambah. Penambahan serbuk ampas tebu yang sedang yaitu sebesar 1 phr akan mudah bercampur dengan semen dan pasir sehingga mengakibatkan kuatnya ikatan semen dengan *filler*. Sebaliknya terlalu banyak penambahan serbuk ampas tebu akan menyebabkan kekuatan papan semen rendah karna semakin banyak serat yang digunakan dalam adukan akan mengurangi kecacakan secara drastis serta dapat mengakibatkan balling, dimana serat akan berkaitan dan membentuk bola yang sangat berongga yang dapat mengurangi kekuatan.

Sedangkan penambahan cangkang kerang juga akan menaikkan kekuatan kompresi hingga pada komposisi 5 phr, penambahan cangkang kerang yang lebih banyak menyebabkan kuat tekan papan semen partikel menurun, hal ini disebabkan komposisi cangkang kerang yang lebih banyak mempengaruhi lekatan antara semen dengan cangkang kerang sehingga mengurangi kekuatan papan (Darmawi, 2013).

Dari data yang didapat diketahui pula bahwa kenaikan nilai kuat lentur diiringi dengan kenaikan kuat tekan pula yang sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Suhendra (2017) yang membuktikan bahwa adanya korelasi antara kuat lentur terhadap kuat tekan dimana nilai kuat lentur sebanding dengan nilai kuat tekan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Pengaruh komposisi cangkang kerang, dan ampas tebu terhadap sifat fisis komposit untuk aplikasi papan semen partikel adalah penambahan ampas tebu akan menaikkan nilai densitas hingga pada komposisi 1 phr, pada komposisi 1,5 phr akan menurunkan nilai densitas dan penambahan cangkang kerang akan menaikkan nilai densitas namun sebaliknya nilai absorpsi air yang didapat berbanding terbalik dengan nilai densitas
2. Pengaruh variasi komposisi cangkang kerang, dan ampas tebu terhadap sifat mekanik komposit untuk aplikasi papan semen partikel adalah penambahan ampas tebu dan cangkang kerang akan menaikkan kekuatan kompresi dan nilai kuat lentur dari komposit sampai pada komposisi tertentu. Penambahan ampas tebu maksimum didapatkan pada penambahan 1 phr ampas tebu, sedangkan penambahan cangkang kerang maksimum pada penambahan 5 phr cangkang kerang. Penambahan kedua *filler* tersebut secara bersamaan menghasilkan kekuatan kompresi dan nilai kuat lentur maksimum pada variasi 0,5 phr ampas tebu dan 5 phr cangkang kerang. Terlihat bahwa adanya korelasi antara kuat lentur terhadap kuat tekan dimana nilai kuat lentur sebanding dengan nilai kuat tekan. Kenaikan nilai kuat lentur juga cenderung sebanding dengan nilai densitas
3. Nilai pengujian sifat fisis dan mekanis papan semen partikel seluruhnya telah memenuhi standar ISO 8335.

Komposisi yang paling optimal adalah komposit dengan variasi 0,5 phr ampas tebu dan 5 phr cangkang kerang

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik antara lain:

1. Diperlukan penelitian lanjutan untuk umur dari papan partikel semen untuk dipertimbangkan kekuatan dan efektivitasnya pada aplikasi material bangunan.
2. Penggunaan partikel *filler* dengan ukuran yang lebih kecil dan homogen untuk memperkecil terbentuknya rongga/*void* pada komposit yang dihasilkan.
3. Diperlukan penelitian proses manufaktur komposit yang lebih cepat dan efisien dalam pembuatan spesimen maupun untuk produksi massal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abharan, A.H.I. 2018. **Studi Pengaruh Komposisi Binder Thermoplastic dari Sampah Plastik PP dan PET terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisis Komposit Partikulat Untuk Aplikasi Mortar**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Ahmad, S, dkk. 2018. Sugarcane bagasse powder as biosorbent for reactive red 120 removals from aqueous solution. **OP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.** 140 012027
- Ananda, B. 2018. **Studi Pengaruh Variasi Komposisi Binder Sampah Plastik Polypropylene (PP) dan Polyethylene Terephthalate (PET) Terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serbuk Sekam Padi Untuk Aplikasi Papan Partikel**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Arbi, M.H. 2015. Pengaruh Substitusi Cangkang Kerang dengan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. **Lentera** (15)-15 : 124-128
- Callister, W. D. (2007). **Material Science and Engineering an Introduction**. Utah: John Wiley & Sons Campbell, F.C. 2010. **Structural Composite Material**. USA:ASM International.
- Deri, A., A. Kurniawandy, H. Taufik. 2017. **Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent**. Riau : Universitas Riau
- Darmawi, M dan Alimin M. 2013. Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Semen-Gypsum. **Jurnal Fisika Unand** (2)-1 : 6-12
- Durao LMP, Panzera TH, Scarpa F, Filho SLMR, Oliveira PR. Damage assessment of fibre reinforced laminates. **Compos Struct** 2015;133:939–46

-
- Farsi, M., 2010. Wood-plastic composites: in fluence of wood flour chemical modification on the mechanical performance. *J. Reinf. **Plast. Compos.*** 29, 3587 –3592.
- Fitri, W. dan Mora. 2018. Pengaruh Persentase Serbuk Ampas Tebu terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Semen. ***Jurnal Fisika Unand***, (7)-4 : 298-302
- Gading, D., S., Rawiana, dan I.H., Merdana. **Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Darah (Anandra Granosa) Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus (Pasir) Pada Beton Ringan**. Mataram : Universitas Mataram
- Geetanjali Das,dkk. 2016. **Physical Mechanical and Water Absorbtion Behaviour of Coir Fiber Reinforced Epoxy Composites Filled With Al2O3 Particulates**. India: Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology
- Gibson, R.F.. 1994. **Principles of Composite Material Mechanics**. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Gustin, K.E. 2017. Pengaruh Penambahan Limbah Bata Ringan Pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Wiyung Surabaya Terhadap Nilai California Bearig Ration (CBR). ***Jurnal Rekayasa Teknik Sipil***, (3)-3 : 224-230
- Hajiha H, Sain M. The use of sugarcane bagasse fibres as reinforcements in composites. **Bio fiber Reinforcements in Composite Materials**. Elsevier; 2014. 2014.
- Hakim, M. A. N. 2017. **Pengaruh Variasi Komposisi dan Ukuran Filler Serat Tebu Terhadap Morfologi dan Sifat Mekanik Komposit SBR/Serat Tebu**. Surabaya : Skripsi Jurusan Teknik Material, ITS
- Haygreen, J.G dan J.L. Bowyer. 1989. **Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar**. Diterjemahkan oleh Dr. Ir. Sutjipto A. Hadikusumo. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haygreen, J.G., dan Bowyer, J.L., **Pengantar Hasil Hutan dan Ilmu Kayu**, Edisi Ketiga, Gadjah Mada University,
-

-
- Yogyakarta, hal 528-529 (1996)
- Helena, Melda, Baharudin, Ahmad Fadli. 2014. **Pengaruh Kadar Filler Abu Sawit (Ukuran Direduksi) Dan Temperatur Pencampuran Terhadap Morfologi Dan Sifat Komposit Polipropilen/Karet Alam.** Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Hudaya, R. 2010 **Pengaruh Pemberian Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi) Terhadap Kadar Kadmium (Cd) pada Kerang (Bivalvia) yang Berasal dari Laut Belawan .** Medan :Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat, USU
- International Organization for Standardization. 1987. **ISO 8335 Cement Bonded Particleboards.** Switzerland
- Kliwon, S. 2002. Sifat Papan Partikel dari Kayu Mangium. **Buletin Penelitian Hasil Hutan** Vol.20 (3) : 195-206.
- Kusuma, E.W.2012. **Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block.** Skripsi, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknis Sipil dan Perencanaan, Surabaya : UPN Jatim
- La mantia FP, Morreale M. Green composites: **A Brief Review Composites: Part A.** 2011;42:579–88.
- Maloney, T.M. 1993. **Modern Particle Board and Dry Process Fiberboard Manufacturing.** USA: Miller Freeman Publication, Inc.
- Nadjib, M. 2008 **Studi Pemanfaatan Kulit Kerang Sebagai Bahan Penyusun Pada Pembuatan Lem Kaca.** Surabaya : Skripsi Jurusan Kimia, ITS
- Nayiroh, Nurun. 2013. **Teknologi Material Komposit.** Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Nugraha, Paul dan Antoni, **Teknologi Beton.** Surabaya : Andi
- Nugroho Panji, 2013. **Panduan Membuat Kompos Cair.** Jakarta: Pustaka baru Press.
- Rahmi, A.S., dkk. 2015. **Pengaruh Substitusi Agregat Kasar dengan Serat Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Dan**
-

-
- Kuat Lentur Beton K-350.** Padang : Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Andalas.
- Romadhoni, R. 2019. **Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Serabut Kelapa dan Limbah Cangkang Kerang Terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Material Komposit Pelapis Ubin.** Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Sembiring, D.N, L. Hakim, T. Sucipto. **Kualitas Papan Semen dari Partikel Serutan Pensil dengan Berbagai Rasio Semen dan Partikel.** Medan : Universitas Sumatera Utara
- Sidik, Rohman. 2018. **Studi Pengaruh Penambahan Polypropylene Dan Low Density Polyethylene Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Wood Plastic Composite Untuk Aplikasi Genteng Ramah Lingkungan.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Sinulingga, Hesty Rodhes. 2009. **Pengaruh Kadar Perekat Urea Formaldehyde pada Pembuatan Papan Partikel Serat Pendek Eceng Gondok.** Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Siregar, S.M. 2009. **Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer.** Tesis tidak diterbitkan. Medan : Magister Ilmu Fisika, Sekolah Pascasarjana USU
- Suhendra. 2017. Kajian Hubungan Kuat Lentur Dengan Kuat Tekan Beton. **Jurnal Civronlit Universitas Batanghari** (2)-1 : 38-44
- Suprpto, A. 2013. **Pengaruh Penggunaan Arang Sisa Pembakaran Ampas Tebu Sebagai Bahan Substitusi Sebagian Pasir Dalam Pembuatan Batako.** Jakarta : Universitas Atma Jaya
- Zacoeb, Achfas, dkk. 2012. **Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur dan Perembesan Air.** Malang :
-

Universitas Brawijaya

Zaheer S., dkk. 2015. Biosorption Characteristics of Sugarcane Bagasse for The Removal of Foron Blue E-BL Dye From Aqueous Solutions. **The Journal of Animal & Plant Sciences** 24(1) 272

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

LAMPIRAN

Road Map Penelitian Sebelumnya

2008-2010	2011-2013	2014-2016	2017-2018	2019
<p>“Cement-bonded composite boards with arbar stalks” oleh Aggarwal dkk</p> <p>Cement and Concrete Composites (2008) 44-51</p> <p>Dari hasil penelitian diperoleh bahwa batang arbar dapat digunakan sebagai penguat dalam membuat papan semen yang memenuhi standar ISO : 8335 -1987 dengan nilai kekuatan bending > 9 MPa dan kekuatan ikatan internal >0,6 MPa</p> <p>“Tinjauan Kuat Lembur Panel Menggunakan Bahan Ampas Tebu dan Sikacim <i>Bonding Adhesive</i>” oleh Wikana, I. dan L. Lautofly</p> <p>Majalah Ilmiah Ukrim Edisi 1/14 XIII/2008</p> <p>Eksperimen yang dilakukan menunjukkan bahwa penambahan serat ampas tebu dengan panjang 1 cm dapat meningkatkan nilai kuat lembur papan beton. Penambahan SikatCtm tidak meningkatkan kuat lembur secara signifikan</p>	<p>“Pengaruh Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Lembur Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5” oleh Elhusna dkk</p> <p>Jurnal Teknik Sipil Volume 3 No.1 Oktober 2011</p> <p>Dari hasil penelitian diperoleh penambahan serat serabut kelapa mampu meningkatkan nilai kuat lembur pada komposisi hingga 5% penambahan serat</p>	<p>“Pengaruh Substitusi Agregat Kasar dengan Serat Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lembur Beton K-350” oleh Rahmi dkk</p> <p>Jurnal Fisika Unand Vol.4, No. 3, Juli 2015</p> <p>Dari hasil penelitian tersebut diperoleh Kuat tekan maksimum diperoleh pada penambahan 0,5% serat dan kuat lembur maksimum pada 1% penambahan serat</p> <p>“Pengaruh Substitusi Cangkang Kerang dengan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton” oleh Arbi, M.H.</p> <p>Lentera Vo. 15 , No. 15 , November 2015</p> <p>Dari hasil penelitian substitusi cangkang kerang optimum 5% dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 27,7%</p> <p>“Kualitas Papan Semen dari Partikel Serutan Pensil dengan Berbagai RasioSemen dan Partikel” oleh Sembiring, dkk</p> <p>Skripsi Universitas Sumatera Utara 2015</p> <p>Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi semen:partikel terbaik adalah 80:20 dimana tidak seluruh sifat fisika dan mekanis memenuhi standar JIS A 5417-1992</p>	<p>“Pengaruh Pensement Serbuk Ampas Tebu terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Semen Partikel” oleh Fitri dkk.</p> <p>Jurnal Fisika Unand Vol.7, No.4, Oktober 2018</p> <p>Hasil Penelitian menunjukkan penambahan 5% ampas tebu merupakan persentase optimum pada uji kuat tekan yang dapat ditambahkan pada papan semen partikel</p> <p>“Evaluation of pre-treatment efficiency on sugarcane bagasse fibers for the production of cement composites” oleh Cabral dkk.</p> <p>Archives of Civil and Mechanical Engineering 18 (2018) : 1092-1102</p> <p>Dari hasil penelitian diperoleh bahwa perlakuan awal yang diberikan pada serat ampas tebu dapat meningkatkan sifat mekanik komposit semen bila dibandingkan dengan ampas tebu yang tidak diberikan perlakuan awal</p>	<p>“Pengaruh Bentuk dan Komposisi Agregat Terhadap Sifat Mekanik <i>Cork Concrete</i> Pelapis Lantai Kereta Api”</p> <p>Tugas Akhir Jurusan Teknik Material ITS Surabaya</p> <p>Dari hasil penelitian nilai maksimum didapat pada komposisi agregat 60%Tuban-40%Peskim dengan kuat tekan 68,02 MPa, dan kuat lembur 6,29 MPa. Bentuk dan komposisi agregat sangat mempengaruhi sifat fisik</p> <p>Pengaruh Komposisi <i>Filler</i> Limbah Cangkang Kerang dan Ampas Tebu Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Untuk Aplikasi Papan Semen Partikel</p>

Rule of Mixture

- Spesimen Uji Kuat Tekan, Absorpsi Air dan Densitas

Dimensi :

Panjang = 5 cm

Lebar = 5 cm

Tinggi = 5 cm

Volume = 125 cm³

Diketahui :

Densitas ampas tebu = 0,125 gr/ cm³, densitas cangkang kerang = 2,61 gr/ cm³, densitas bata ringan = 0,52gr/ cm³, densitas semen = 2,16 gr/ cm³

Perhitungan Volume :

Spesimen	Volume Ampas Tebu (cm ³)	Volume Cangkang Kerang (cm ³)	Volume Bata Ringan (cm ³)	Volume Semen (cm ³)
1	0	0	62,5	62,5
2	0,625	0	62,5	62,5
3	1,25	0	62,5	62,5
4	1,875	0	62,5	62,5
5	0	6,25	62,5	62,5
6	0	12,5	62,5	62,5
7	0	18,75	62,5	62,5
8	0,625	6,25	62,5	62,5
9	1,25	12,5	62,5	62,5
10	1,875	18,75	62,5	62,5

Perhitungan Massa :

Spesimen	Massa Ampas Tebu (gr)	Massa Cangkang Kerang (gr)	Massa Bata Ringan (gr)	Massa Semen (gr)
1	0	0	32,5	135
2	0,07813	0	32,5	135
3	0,15625	0	32,5	135
4	0,23438	0	32,5	135
5	0	16,3125	32,5	135
6	0	32,625	32,5	135
7	0	48,9375	32,5	135
8	0,07813	16,3125	32,5	135
9	0,15625	32,625	32,5	135
10	0,23438	48,9375	32,5	135

- Spesimen Uji Kuat Lentur

Dimensi :

Panjang = 14 cm

Lebar = 3 cm

Tinggi = 3 cm

Volume = 126 cm³

Perhitungan Volume :

Spesimen	Volume Ampas Tebu (cm ³)	Volume Cangkang Kerang (cm ³)	Volume Bata Ringan (cm ³)	Volume Semen (cm ³)
1	0	0	63	63
2	0,63	0	63	63
3	1,26	0	63	63
4	1,89	0	63	63
5	0	6,3	63	63
6	0	12,6	63	63
7	0	18,9	63	63
8	0,63	6,3	63	63
9	1,26	12,6	63	63
10	1,89	18,9	63	63

Perhitungan Massa :

Spesimen	Massa Ampas Tebu (gr)	Massa Cangkang Kerang (gr)	Massa Bata Ringan (gr)	Massa Semen (gr)
1	0	0	32,76	136,08
2	0,07875	0	32,76	136,08
3	0,1575	0	32,76	136,08
4	0,23625	0	32,76	136,08
5	0	16,443	32,76	136,08

6	0	32,886	32,76	136,08
7	0	49,329	32,76	136,08
8	0,07875	16,443	32,76	136,08
9	0,1575	32,886	32,76	136,08
10	0,23625	49,329	32,76	136,08

Densitas Teoritis

$$\rho_c = \rho_m V_m + \rho_f V_f$$

Keterangan:

ρ_{oc} = densitas komposit

ρ_{om} = densitas matriks

ρ_{of} = densitas filler

V_m = volume matriks

V_f = volume filler

Diketahui:

Densitas ampas tebu = 0,125 gr/ cm³, densitas cangkang kerang = 2,61 gr/ cm³, densitas bata ringan = 0,52 gr/ cm³, densitas semen = 2,16 gr/ cm³

Tabel Hasil Perhitungan Densitas Teoritis

Sampel	Fraksi Volume (phr)		Nilai Densitas
	Ampas Tebu	Cangkang Kerang	
1	0	0	1,340
2	0,5	0	1,334
3	1	0	1,328
4	1,5	0	1,322
5	0	5	1,400
6	0	10	1,455
7	0	15	1,506

8	0,5	5	1,394
9	1	10	1,443
10	1,5	15	1,488

Contoh:
Sampel 8

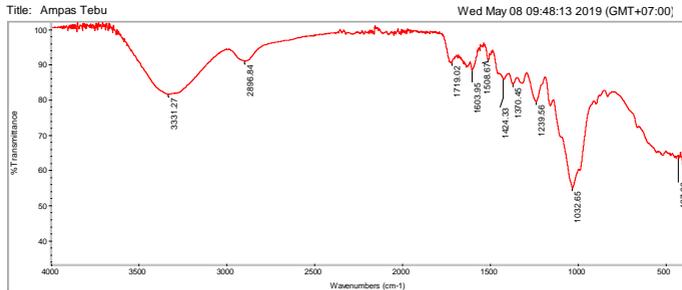
$$\rho_c = \rho_m V_m + \rho_f V_f$$

$$\rho_c = \left((2,16 \times 50/105,5) + (0,52 \times 50/105,5) \right) + 0,125 \times \frac{0,5}{105,5} + 2,61 \times \frac{5}{105,5}$$

$$\rho_c = \left((1,0236) + (0,2464) \right) + 0,0006 + 0,1237$$

$$\rho_c = 1,3943 \text{ g/cm}^3$$

Pengujian FTIR



Collection time: Tue May 07 09:54:25 2019 (GMT+07:00) Spectrum: Ampas Tebu
Wed May 08 09:47:56 2019 (GMT+07:00) Region: 3495.26-455.13
Spectrum: Ampas Tebu Search type: Correlation
Region: 3999.81 400.17
Absolute threshold: 96.255
Sensitivity: 50

Peak list:	Index	Match	Compound name	Library
Position: 405.71 Intensity: 62.303	40	66.86	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
Position: 1032.85 Intensity: 54.789	81	64.96	Chipboard KS40 2.9% N	HR Hummel Polymer and Additives
Position: 1239.95 Intensity: 79.306	80	64.49	Chipboard KS40 4.2% N	HR Hummel Polymer and Additives
Position: 1370.45 Intensity: 64.336	73	63.90	Chipboard w/ 3.6% methylene bis(phenylisocyanate)	HR Hummel Polymer and Additives
Position: 1424.33 Intensity: 85.828	68	63.75	Wood + melamine-formaldehyde resin	HR Hummel Polymer and Additives
Position: 1569.67 Intensity: 81.342	103	63.26	Cellulose + lignin	HR Hummel Polymer and Additives
Position: 1603.95 Intensity: 88.259	82	62.77	Chipboard P40 10.7% N	HR Hummel Polymer and Additives
Position: 1719.02 Intensity: 90.419	75	60.88	Chipboard w/ urea-formaldehyde condensate	HR Hummel Polymer and Additives
Position: 2896.84 Intensity: 90.828	74	59.90	Chipboard w/ 6.5% methylene bis(phenylisocyanate)	HR Hummel Polymer and Additives
Position: 3331.27 Intensity: 81.351	565	56.99	Cellophane	HR Hummel Polymer and Additives

Perhitungan Densitas

$$\rho = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$

Keterangan:

Massa (gram)

Volume (cm³)

Ampas Tebu (phr)	Cangkang Kerang (phr)	Massa	Volume	Densitas	Rata-rata	Standar Deviasi
0	0	167,13	127,74	1,308	1,277	0,0405
		165,98	128,47	1,292		
		150,6	122,29	1,231		
0,5	0	150,67	123,23	1,223	1,283	0,0575
		160,7	124,53	1,290		
		167,51	125,29	1,337		
1	0	152,13	117,18	1,298	1,288	0,0225
		157,19	124,49	1,263		
		160,98	123,42	1,304		
1,5	0	167,17	126,27	1,324	1,280	0,0604
		159,47	122,43	1,303		
		149,88	123,4	1,215		
0	5	170,44	127,7	1,335	1,371	0,1202
		188,79	131,71	1,273		
		167,66	125,44	1,505		
0	10	179,75	124,35	1,446	1,433	0,0167
		182,62	126,79	1,440		
		173,01	122,32	1,414		
0	15	190,87	125,67	1,519	1,479	0,0377
		182,52	126,42	1,444		

		184,56	125,09	1,475		
0,5	5	176,05	126,42	1,393	1,369	0,0316
		169,28	124,56	1,359		
		165,22	121,98	1,354		
1	10	170,45	122,45	1,392	1,404	0,0138
		178,26	125,6	1,419		
		180,96	129,06	1,402		
1,5	15	191,56	128,22	1,494	1,462	0,0338
		186,76	127,45	1,465		
		173,11	121,34	1,427		

Perhitungan *Water Absorbability*

$$\text{Water Absorbability} = \frac{A - B}{B} \times 100 \%$$

Keterangan:

A = Massa setelah perendaman (gram)

B = Massa sebelum perendaman (gram)

Ampas Tebu (phr)	Cangkang Kerang (phr)	Massa awal	Massa Akhir	Absorpsi Air (%)	Rata-rata	Standar Deviasi
0	0	167,13	185,74	11,135045	11,47	1,0152109
		165,98	186,91	12,609953		
		150,6	166,66	10,664011		
0,5	0	150,67	165,77	10,021902	11,06	1,8150208
		160,7	176,76	9,9937772		
		167,51	189,54	13,151454		
1	0	152,13	170,451	12,04299	10,77	1,2043062

		157,19	173,9	10,630447		
		160,98	176,51	9,6471611		
1,5	0	167,17	186,01	11,269965	11,38	1,837522
		159,47	174,78	9,6005518		
		149,88	169,77	13,270616		
0	5	170,44	186,12	9,1997184	9,72	0,4993638
		188,79	208,04	10,196515		
		167,66	184,01	9,7518788		
0	10	179,75	196,51	9,3240612	9,25	1,4591978
		182,62	202,11	10,672435		
		173,01	186,43	7,7567771		
0	15	190,87	210,57	10,321161	8,48	1,832198
		182,52	194,67	6,6568047		
		184,56	200,2	8,4742089		
0,5	5	176,05	192,79	9,5086623	9,77	0,9130679
		169,28	187,54	10,786862		
		165,22	180,12	9,0182787		
1	10	170,45	189,82	11,364036	9,39	1,9655731
		178,26	191,51	7,4329631		
		180,96	197,93	9,377763		
1,5	15	191,56	211,21	10,257883	9,31	0,9391001
		186,76	202,41	8,3797387		
		173,11	189,22	9,3062215		

Perhitungan Kuat Lentur

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Keterangan:

σ = Kekuatan Lentur

L = Support Span (cm) = 9cm

P = Beban Patah (Kg)

b = Lebar Spesimen (cm) = 3 cm

d = Tebal Speseimen (cm) = 3 cm

Ampas Tebu (phr)	Cangkang Kerang (phr)	Beban (kgf)	Kuat Lentur (MPa)	Rata-rata	Standar Deviasi
0	0	210,7	10,32	9,84	4,674
		192,1	9,41		
		199,9	9,80		
0,5	0	217,6	10,66	10,64	4,657
		226,4	11,09		
		207,8	10,18		
1	0	226,4	11,09	11,01	5,193
		234,2	11,48		
		213,6	10,47		
1,5	0	197,0	9,65	10,02	9,171
		225,4	11,04		
		191,1	9,36		
0	5	237,2	11,62	11,99	7,372
		235,2	11,52		
		261,7	12,82		
0	10	231,3	11,33	11,70	3,476
		245,0	12,01		
		240,1	11,76		
0	15	205,8	10,08	10,45	6,507
		205,8	10,08		
		228,3	11,19		

0,5	5	240,1	11,76	12,07	6,689
		261,7	12,82		
		237,2	11,62		
1	10	235,2	11,52	11,27	9,106
		245,0	12,01		
		209,7	10,28		
1,5	15	207,8	10,18	10,60	4,419
		215,6	10,56		
		225,4	11,04		

Perhitungan Kuat Tekan

$$Kuat Tekan = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

Kuat Tekan

P = Beban Maksimum (Kgf)

A = Luas Bidang (cm²) = 25 cm²

Ampas Tebu (%)	Cangkang Kerang (%)	Beban (kgf)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata	Standar Deviasi
0	0	12100	47,432	43,12	4,130
		10000	39,2		
		10900	42,728		
0,5	0	11400	44,688	47,04	3,111
		11700	45,864		
		12900	50,568		
1	0	11800	46,256	48,35	1,973
		12400	48,608		
		12800	50,176		

1,5	0	10500	41,16	44,43	2,994
		11500	45,08		
		12000	47,04		
0	5	13800	54,096	52,27	3,867
		14000	54,88		
		12200	47,824		
0	10	13600	53,312	50,96	2,571
		13100	51,352		
		12300	48,216		
0	15	13300	52,136	49,65	2,159
		12300	48,216		
		12400	48,608		
0,5	5	14600	57,232	53,57	3,168
		13200	51,744		
		13200	51,744		
1	10	12400	48,608	49,65	1,198
		12600	49,392		
		13000	50,96		
1,5	15	12300	48,216	47,04	3,484
		11000	43,12		
		12700	49,784		

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Mochamad Puji Widodo. Dilahirkan di Jombang, 11 Maret 1998 dari pasangan Sugeng Siswoyo dan Anik Mulyani. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, memiliki kakak perempuan bernama Wulansari. Penulis pernah menempuh pendidikan formal di SDN Ngoro I, SMP Negeri 1 Jombang, dan SMA Negeri 3 Jombang. Penulis merupakan mahasiswa aktif Teknik Material FTI-ITS tahun masuk 2015.

Selama menjalankan pendidikan di kampus ITS Surabaya, penulis berpartisipasi aktif dalam organisasi di Lembaga Dakwah Jurusan Ash-Haabul Kahfi Teknik Material ITS sebagai staff AKpreneur kepengurusan 2016/2017. Selain itu, penulis juga aktif di b'erbagai Unit Kegiatan Mahasiswa seperti di UKM TDC ITS sebagai asisten kepala divisi WeMart tahun kepengurusan 2016/2017 serta di UKM Merpati Putih sebagai kepala divisi Komunikasi dan Informasi tahun kepengurusan 2017/2018. penulis juga pernah menjalani Kerja Praktek di PT. Industri Kereta Api Madiun bagian *Metal Working*. Penulis mengambil topik Material Inovatif untuk tugas akhir dengan judul “Pengaruh Komposisi *Filler* Limbah Cangkang Kerang dan Ampas Tebu Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Komposit Untuk Aplikasi Papan Semen Partikel”