



Noer Afi'dah, M.Si

BIOKOMPOSIT DARI LIMBAH ORGANIK



**LPPM UNHAS, TEBUIRENG JOMBANG
2020**



BIOKOMPOSIT DARI LIMBAH ORGANIK

Noer Af'idah

Penerbit,



LPPM UNHAS Y TEBUIRENG JOMBANG

2020

BIOKOMPOSIT DARI LIMBAH ORGANIK

ISBN: 978-623-7872-41-2

Hak Cipta pada Penulis,
Hak penerbitan pada LPPM Unhasy Tebuireng Jombang. Bagi mereka yang ingin memperbanyak sebagian isi buku ini dalam bentuk atau cara apapun harus mendapatkan izin tertulis dari penulis dan penerbit LPPM Unhasy Tebuireng Jombang.

Penulis:

Noer Afidah

Editor:

Oktaffi Arinna Manasikana

Layout

Deriyana Tri Rahmawati

Desain Sampul:

Sri Widoyoningrum



Penerbit:

LPPM UNHASY TEBUIRENG JOMBANG

Jl. Irian Jaya No. 55 Tebuireng, Diwek, Jombang, Jawa Timur Gedung B UNHASY

Lt.1, Telp: (0321) 861719 E-mail: lppm.unhasy@gmail.com Website

<http://www.lppm.unhasy.ac.id>

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

All Right Reserved

Cetakan I, November 2020

PRAKATA

Dengan menyebut nama Allah SWT dan dengan melimpahkan solawat kepada Rasulullah SAW, kami panjatkan rasa syukur atas terselesainya penulisan buku hasil penelitian ini yang berjudul “Biokomposit dari Limbah Organik” tepat pada waktunya. Buku ini ditulis sebagai luaran tambahan Program Penelitian Dosen Pemula Hibah Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi untuk pendanaan Tahun 2020 serta disusun berdasarkan hasil penelitian dengan judul Sintesis dan Karakterisasi Batako Ringan dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Jagung. Buku ini berisi tentang apa itu material komposit, jenis-jenis komposit, apa itu biokomposit, dan bagaimana memanfaatkan limbah organik menjadi sebuah produk komposit yang bernilai tinggi.

Penulisan buku ini dapat terselesaikan berkat dukungan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga, terutama Rektor Universitas Hasyim Asy’ari Prof. Dr. H. Haris Supratno, LPPM Universitas Hasyim Asy’ari yang telah mendukung penulis untuk mengikuti program Penelitian Dosen Pemula. Serta semua pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan buku.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna karena segala sesuatu tidak lepas dari kesalahan, keterbatasan dan kekurangan. Dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala kritik dan saran yang bersifat perbaikan dari para pembaca untuk menyempurnakan buku ini. Akhir kata, penulis berharap semoga buku ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
BAB 2 LIMBAH.....	4
A. Pengertian Limbah	4
B. Klasifikasi Limbah	6
C. Edukasi Pengolahan Limbah	10
BAB 3 SERAT ALAMI.....	20
A. Pengertian Serat.....	20
B. Jenis-Jenis Serat.....	20
C. Serat Alami.....	22
D. Contoh Bahan Serat Alami.....	30
BAB 4 KOMPOSIT	35
A. Pengertian Komposit.....	35
B. Tujuan Pembuatan Komposit	37
C. Klasifikasi Material Komposit.....	38
D. Kelebihan dan Kekurangan Material Komposit	44
E. Biokomposit.....	47
BAB 5 PRODUK BIOKOMPOSIT DARI LIMBAH ORGANIK	50
A. Batako Ringan Dari Kulit Jagung	50
B. Batako Ringan Memanfaatkan Sekam Padu	59
C. Batako Sekam Padi Mortar Semen.....	65
D. Memanfaatkan Ampas Tebu Untuk Genteng Elastis	68
DAFTAR PUSTAKA.....	75
BIOGRAFI PENULIS.....	79

BAB 1

PENDAHULUAN

Segala sesuatu yang berupa material sisa dari setiap kegiatan manusia apabila tidak dikelola dengan tepat maka menghasilkan limbah yang akan berbahaya baik itu bagi manusia maupun lingkungan tempat tinggalnya. Limbah merupakan material yang bagian utamanya sudah diambil manfaatnya, sehingga dari segi ekonomi limbah menjadi material yang tidak berharga, bahkan kalau dalam skala besar tidak ditangani secara tepat dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dan membahayakan kelestarian alam (Amurwaraharja, 2006).

Berdasarkan jenisnya limbah ada dua macam, yaitu limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik merupakan jenis limbah yang mudah untuk diuraikan oleh mikroorganisme secara alami. Limbah organik adalah jenis limbah yang berasal dari makhluk hidup, seperti kotoran hewan, kotoran manusia, kulit buah, kulit jagung, ampas tebu, kulit padi, dan sisa sayuran. Sedangkan limbah anorganik merupakan jenis limbah yang sangat sulit diuraikan oleh mikroorganisme secara alami. Butuh proses yang panjang dan waktu yang lama agar limbah anorganik dapat terurai kembali. Limbah anorganik ini berasal dari selain makhluk hidup, seperti limbah kertas, plastik, karet, dan limbah pestisida. Semua jenis limbah apabila tidak dikelola secara tepat, meskipun limbah organik yang mudah terurai akan membahayakan manusia dan memberikan efek negatif bagi lingkungan.

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Dinas Pertanian Kabupaten Jombang bahwa kurang lebih 42% lahan di kabupaten Jombang merupakan area persawahan. Area persawahan ini terletak pada wilayah bagian tengah kabupaten dengan rata-rata ketinggian 25-100 meter di atas permukaan laut. Lokasi ini ditanamai tanaman padi serta palawija seperti jagung, kacang kedelai, kacang tanah, kacang hijau, dan ubi kayu. Komoditas andalan tanaman pangan Kabupaten Jombang di tingkat provinsi adalah padi, jagung, kacang kedelai dan ubi kayu. Besarnya produksi padi telah menempatkan Jombang sebagai daerah swasembada beras di provinsi Jawa Timur. Sedangkan

komoditas andalan perkebunan Kabupaten Jombang di tingkat provinsi adalah tebu. Tebu merupakan bahan mentah utama industri gula di Jombang, (di mana Jombang memiliki dua pabrik gula). Perkebunan tebu tersebar merata di dataran rendah, dan dataran tinggi Kabupaten Jombang.

Jagung merupakan salah satu jenis tanaman palawija yang dapat bertahan hidup pada daerah yang kering dan kekurangan air. Tanaman jagung di Indonesia sebagian besar ditanam di dataran rendah baik itu di tegalan, sawah tadah hujan maupun sawah irigasi. Jagung merupakan salah satu komoditas utama sumber karbohidrat kabupaten Jombang setelah tanaman padi. Berdasarkan data dari Dinas Pertanian Kabupaten Jombang pada tahun 2017, capaian pengembangan tanaman jagung di Kabupaten Jombang berhasil melampaui target yang ditetapkan Pemerintah Provinsi Jawa Timur maupun Pemerintah Pusat. Tahun 2017 Pemprov Jatim menargetkan luas tanam 34.044 Hektare. Namun, realisasinya di Jombang mencapai 37.117 Hektar atau 3.073 Hektar lebih luas dari target Provinsi. Jumlah hasil pertanian jagung yang melimpah ruah tentunya tidak bisa lepas dari limbah yang dihasilkan. Salah satu jenis limbah tersebut adalah berupa kulit jagung.

Melimpahnya hasil pertanian dan perkebunan tentunya diikuti dengan melimpahnya limbah yang dihasilkan. Misalnya ketika musim panen raya padi, di sepanjang jalan daerah persawahan akan sangat mudah dijumpai limbah kulit padi dalam jumlah yang melimpah. Melimpahnya limbah kulit padi ini belum diiringi dengan pemanfaatannya secara maksimal. Kulit padi atau yang biasa kita kenal dengan sebutan sekam padi ini hanya sebatas dimanfaatkan sebagai pupuk organik atau bahan bakar dalam pembakaran batu bata. Demikian pula halnya dengan kulit jagung dan sisa ampas tebu, paling banyak dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar. Ada berbagai macam upaya untuk memanfaatkan limbah organik ini menjadi berbagai macam produk yang menarik, bermanfaat, dan mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan teknologi biokomposit.

Bikomposit merupakan jenis komposit yang memanfaatkan serat alam sebagai bahan pengisinya. Komposit merupakan teknik

rekayasa material yang menggabungkan dua jenis material atau lebih dengan tujuan tertentu. Material yang jumlahnya mendominasi disebut matriks, sedangkan material tambahan yang berfungsi sebagai pengisi disebut filler. Serat alam cenderung diminati dalam pembuatan biokomposit dengan alasan jumlahnya yang sangat melimpah di alam, ramah lingkungan, dan biaya produksi yang murah (Mallick, 2007).

Serat alam merupakan jenis serat yang berasal dari makhluk hidup. Serat itu sendiri merupakan salah satu jenis material polimer, yaitu jenis material yang tersusun atas potongan-potongan atau bagian-bagian komponen (mer) yang membentuk jaringan yang memanjang dan utuh. Serat alam banyak kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari dalam jumlah yang melimpah antara lain kulit jagung, kulit padi, dan ampas tebu.

Upaya memaksimalkan pengelolaan limbah organik yang berupa kulit padi menjadi sebuah produk biokomposit yang ramah lingkungan sudah dilakukan oleh Dedy pada tahun 2009 membuat batako dari sekam padi. Selanjutnya pada 2014 Aris Pratama membuat komposit batako dari bahan yang sama untuk konstruksi bahan bangunan peredam suara. Pada tahun 2018 Yobel mencoba membuat batako ringan dengan memanfaatkan abu pembakaran ampas tebu. Pada tahun 2019, Oktaffi mencoba membuat kertas dari limbah kulit jagung dan ampas tebu. Dari hasil penelitian Okta ini didapatkan kertas yang kuat dan ramah lingkungan. Pada 2020 penulis mencoba membuat batako ringan dengan tetap mempertahankan sifat mekaniknya dari kulit jagung.

BAB 2

LIMBAH

A. Pengertian Limbah

Dalam setiap aktivitas atau kegiatan manusia seringkali menghasilkan limbah atau sampah. Limbah adalah zat sisa yang dihasilkan dari material utama yang telah diambil manfaatnya. Atau dengan kata lain limbah ini secara ekonomi nilai manfaat dan kualitasnya telah mengalami penurunan. Limbah dalam jumlah sedikit mungkin tidak terasa dampak negatifnya, namun dalam jumlah tertentu apabila tidak ditangani dengan tepat maka akan menimbulkan pencemaran lingkungan atau bahkan mengganggu kelestarian alam (Amuwarwaraharja, 2006).

Menurut Sudrajat, pasar-pasar tradisional dan pemukiman penduduk menjadi pemasok utama limbah. Baik itu limbah organik maupun jenis limbah anorganik. Pasar tradisional pada umumnya menjadi pemasok utama limbah organik yang berupa sisa sayuran, sisa buah-buahan, maupun sisa ikan, dan daging. Hampir 95% limbah dari pasar ini berupa limbah organik, sedangkan sisanya adalah limbah anorganik dari sisa bungkus makanan, plastik, botol kaca, maupun kertas. Limbah organik dari pasar lebih ramah lingkungan dan mudah dikelola, namun jika pengelolaan tersebut kurang tepat maka justru menimbulkan pencemaran udara dan lingkungan yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Limbah yang dihasilkan dari pemukiman penduduk sangat bervariasi dan beragam jenisnya, sekitar 75% berupa limbah organik sedangkan sisanya berupa limbah anorganik (Sudradjat, 2006).

Kehadiran limbah dengan tanpa penanganan yang tepat seringkali menimbulkan permasalahan yang besar bagi manusia maupun lingkungan. Sebenarnya apabila limbah ini dapat ditangani secara tepat, maka permasalahan ini bisa dikurangi bahkan dapat menghasilkan manfaat yang besar bagi kita. Seiring berjalannya waktu tingkat kesadaran masyarakat untuk menjaga kebersihan lingkungan

semakin tinggi, semakin banyak program yang digalakkan pemerintah, organisasi masyarakat, maupun komunitas-komunitas pecinta lingkungan untuk mengelolah dan memanfaatkan limbah atau sampah menjadi suatu produk yang bernilai tinggi sebagai salah satu upaya Indonesia menuju zero waste. Langkah ini dapat kita awali dari diri kita sendiri sebagai bagian terkecil dalam sebuah komunitas masyarakat. Hal sederhana yang dapat kita lakukan misalnya memisahkan limbah dari jenisnya (organik dan anorganik), selanjutnya mengelolah limbah organik dari jenis sayuran dan sisa buah menjadi pupuk kompos yang ramah lingkungan. Sedangkan untuk limbah anorganik dapat kita manfaatkan menjadi berbagai macam kerajinan tangan. Berbagai macam kegiatan pelatihan yang telah dilakukan oleh pemerintah maupun organisasi masyarakat dalam memanfaatkan limbah anorganik menjadi berbagai macam kerajinan tangan yang bernilai tinggi, misalnya tas dari limbah plastik kemasan makanan, pot bunga dari botol bekas, dan lain sebagainya. Kegiatan seperti ini sebenarnya apabila kita tekuni dapat menjadi salah satu sumber mata pencarian.



Gambar 2.1 (a) Pengolahan limbah organik menjadi pupuk kompos (b) ampas tebu menjadi batako ringan

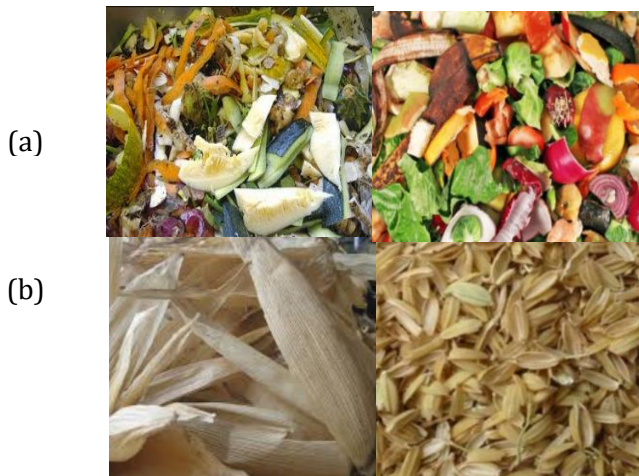


Gambar 2.2 Aneka kerajinan tangan dari limbah anorganik

B. Klasifikasi Limbah

Klasifikasi limbah berdasarkan jenisnya dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

- a) **Limbah organik.** Limbah organik merupakan sebutan untuk semua limbah yang berasal dari makhluk hidup, baik itu manusia, hewan, maupun tumbuh-tumbuhan. Limbah jenis ini lebih mudah diuraikan oleh mikroorganisme menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Limbah organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme tidak menimbulkan bau busuk yang menyengat. Misalnya sisa sayuran yang sudah terurai oleh bakteri mikroorganisme dapat dijadikan sebagai pupuk kompos, kotoran hewan yang bau sekalipun apabila sudah diuraikan oleh bakteri mikroorganisme dapat menjadi pupuk kandang yang tidak berbau. Berdasarkan wujud zatnya, limbah organik dibagi menjadi dua yaitu limbah organik basah dan limbah organik kering. Limbah organik basah merupakan limbah organik yang memiliki kandungan air yang cukup tinggi. Misalnya limbah yang berasal dari sisa sayuran dan buah-buahan. Sedangkan limbah organik kering merupakan jenis limbah organik yang prosentase airnya sangat kecil. Misalnya limbah ampas tebu, kulit jagung kering, dan sekam padi.



Gambar 2.3 (a) Limbah organik basah, dan
(b) Limbah organik kering

- b) **Limbah anorganik.** Limbah anorganik merupakan jenis limbah yang dihasilkan dari selain makhluk hidup. Limbah jenis ini tidak memiliki unsur hidrokarbon. Limbah anorganik sangat sulit diuraikan oleh bakteri mikroorganismenya, namun masih bisa didaur ulang (*recycle*). Limbah anorganik meliputi semua jenis limbah plastik, limbah kertas, limbah dari pecahan kaca, maupun logam. Karena sangat sulit terurai, maka limbah anorganik dalam jumlah tertentu harus ditangani secara tepat agar tidak menimbulkan bahaya bagi kelestarian alam. Pemanfaatan kembali bisa dilakukan dengan mendaur ulang plastik bekas, memanfaatkan limbah plastik atau kertas menjadi alat peraga edukasi ataupun kerajinan tangan yang lain.



Gambar 2.4 Limbah anorganik

- c) **Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).** Limbah B3 merupakan jenis limbah yang mengandung bahan beracun dan dapat membahayakan kehidupan manusia, hewan, tumbuhan, dan lingkungan. Limbah B3 pada umumnya mengandung bahan berbahaya seperti merkuri atau timbal (Pb). Jenis limbah B3 dapat kita temukan pada botol yang dipakai tempat obat serangga, botol insektisida, botol obat nyamuk semprot, baterai bekas, dan botol parfum. (Purwendro dan Nurhidayat, 2007).



Gambar 2.5 Botol bekas obat serangga dan baterai bekas merupakan limbah jenis B3

Tabel 2.1 Umur sampah organik dan non organik hancur

JENIS LIMBAH	LAMA HANCUR
Kertas	2-5 bulan
Kulit jeruk	6 bulan
Dus karton	5 bulan
Filter rokok	10-12 tahun
Kantong plastic	10-20 tahun
Kulit sepatu	25-40 tahun
Pakaian/nylon	30-40 tahun
Plastic	50-80 tahun
Alumunium	80-100 tahun
Styrofoam	Tidak hancur

Sumber: Dit. PLP. Ditjen. Cipta Karya PU

Menurut Abdurrahman (2006), apabila dilihat dari wujudnya, limbah dibagi menjadi tiga macam berdasarkan wujudnya sampah terbagi menjadi 3 macam yaitu :

- 1) **Limbah padat.** Limbah padat adalah jenis limbah yang berwujud padat, berkarakter kering dan tidak dapat mengalir. Limbah padat pada umumnya berasal dari kulit buah, sisa makanan, sayuran sisa, serbuk kayu, ampas sisa produksi pabrik industri, dan lain-lain.



Gambar 2.6 Contoh limbah padat

- 2) **Limbah cair.** Limbah cair adalah semua jenis limbah yang berwujud cair. Limbah cair ini selalu dapat dilarutkan dalam air dan dapat berpindah tempat atau mengalir (kecuali apabila diletakkan pada wadah/bak). Contohnya adalah air bekas cucian beras, air detergen sisa mencuci baju dan piring, limbah cair dari pabrik, air tinja, dan lain sebagainya.



Gambar 2.7 Contoh limbah cair

- 3) **Limbah gas.** Limbah gas adalah limbah yang berwujud gas atau jenis partikel berbahaya yang terbawa gas dan bersifat sebagai polutan di udara. Limbah dalam wujud gas dapat kita lihat dalam bentuk asap dan sangat mudah bergerak sehingga penyebarannya luas. Contohnya gas buangan kendaraan bermotor, asap buangan dari pabrik industri.



Gambar 2.8 Contoh limbah gas

C. Edukasi Pengolahan Limbah

Limbah atau sampah merupakan salah satu permasalahan dasar lingkungan hidup. Sebagian besar masyarakat sebenarnya sudah memahami tentang dampak negatif dari limbah yang tidak dikelola secara tepat, yang akan menyebabkan pemerintah harus turun tangan secara langsung. Padahal, seharusnya permasalahan limbah ini menjadi tanggung jawab kita bersama sebagai warga negara. Pada Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 Bab 1 Pasal 1 Ayat 5 menyebutkan bahwa masyarakat sebagai produsen yang menggunakan kemasan yang berasal dari impor, atau menjual barang yang tidak dapat terurai oleh alam. Sangat menegaskan akan tanggung jawab dan peran masyarakat dalam menjaga kebersihan. Pada tahun 2008 data statistik tentang sampah menyebutkan bahwa setiap warga negara Indonesia membuang limbah atau sampah rata-rata sebesar 0,8 kg setiap hari. Jika diasumsikan penduduk Indonesia berjumlah 230 Juta jiwa, maka limbah yang dihasilkan oleh penduduk Indonesia dapat mencapai 184.000 ton setiap hari.

Perubahan pola pikir masyarakat Indonesia tentang limbah (sampah) sangat penting untuk dilakukan secara berkelanjutan. Pentingnya pemberian edukasi kesadaran dan ketrampilan warga masyarakat mengenai pengolahan limbah dengan menerapkan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*) dalam penyelesaian pengolahan limbah sejak dari sumbernya. Pemberian edukasi kepada masyarakat tentang permasalahan yang kompleks akibat penanganan limbah yang kurang tepat sangat diperlukan untuk membentuk kesadaran masyarakat. Manusia akan merasa peduli terhadap lingkungan apabila pola pikir tentang lingkungan telah terbentuk. Karena faktor penyebab kepedulian lingkungan dilandasi oleh pola pikir dan perilaku masyarakat. Upaya menjaga kelestarian lingkungan harus diawali dari diri kita sendiri sebagai anggota masyarakat. Hal ini dapat kita lakukan dengan mengawali dari hal-hali kecil seperti tidak membuang sampah sembarangan. Perubahan kecil yang dilakukan selanjutnya dapat “ditularkan” menjadi kebiasaan baik dalam keluarga atau masyarakat, sehingga secara bertahap menjadi suatu perubahan yang besar. Perubahan pola pikir masyarakat tentang pengelolaan limbah rumah tangga sebagai upaya untuk mengurangi limbah di sumber melalui partisipasi semua anggota masyarakat sebaiknya diintegrasikan ke dalam kegiatan bank sampah yang berbasis masyarakat (Singhirunnusorn, 2012).

Pemberian edukasi tentang pengolahan limbah/sampah sebaiknya dilakukan melalui pendekatan berbasis 3R dan berbasis masyarakat, serta upaya penanganan sampah secara terpadu dengan melaksanakan pengelolaan sejak dari sumbernya. 3R merupakan upaya penanganan dan pengelolaan sampah melalui kegiatan mengurangi (*Reduce*), menggunakan kembali (*Reuse*) dan mendaur ulang sampah (*Recycle*). Hal ini sesuai dengan yang diamanatkan di dalam UU No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan sampah pada Bab I pasal 1 ayat 3 bahwa pengelolaan sampah merupakan kegiatan yang sistematis, berkelanjutan yang terdiri dari kegiatan pengurangan dan penanganan.

Kegiatan pengurangan sampah merupakan upaya untuk mengurangi jumlah sampah yang akan diangkut dan diproses di tempat pemrosesan akhir sampah. Kegiatan Pengurangan sampah dapat berupa

pembatasan kegiatan yang menghasilkan sampah, pendaurulangan sampah, dan pemanfaatan kembali sampah, dimana proses pemilahan merupakan kegiatan penunjang pokok dari proses pendaurulangan. Kegiatan penanganan pemilahan sampah sesuai dengan jenis dan sifatnya, pengumpulan dari sumber ke TPS, pengangkutan dari sumber ke tempat pemrosesan. Berbagai sistem daur ulang dapat diterapkan, karena komposisi sampah terbesar di kotakota di Indonesia sebagian besar adalah sampah organik, maka diperkenalkan sistem pengomposan skala individual, komunal, kawasan, baik untuk daerah air tanah tinggi (daerah basah) maupun untuk air tanah rendah. Sedangkan untuk pemanfaatan kembali sampah baik organik maupun anorganik diperkenalkan contoh yang dapat diaplikasikan serta diperkenalkannya bank sampah. Untuk pengurangan sampah diperkenalkan teknik-teknik sederhana seperti mengurangi kemasan, kembali pada pembungkus yang dapat terdegradasi. Untuk itu pengelolaan sampah sistem 3 R (*reduse, reuse, recycle*), melalui pengumpulan, pemilahan, pengelolaan sampah oleh masyarakat harus terus digalakkan.

Pengelolaan sampah berbasis masyarakat dapat digunakan sebagai referensi model yang mengedepankan paradigma 3R (R1=*reduce*, R2=*reuse*, R3=*recycle*). R1 adalah upaya yang lebih menitikberatkan pada pengurangan pola hidup konsumtif serta senantiasa menggunakan “tidak sekali pakai” yang ramah lingkungan dan mencegah timbulan sampah, R2 adalah upaya memanfaatkan bahan sampah melalui penggunaan yang berulang agar tidak langsung menjadi sampah, tanpa pengolahan berarti menggunakan kembali sampah yang layak pakai untuk fungsi yang sama atau yang lain. R3 adalah setelah sampah harus keluar dari lingkungan rumah perlu dilakukan pemilahan dan pemanfaatan pengolahan secara setempat menjadi produk baru.

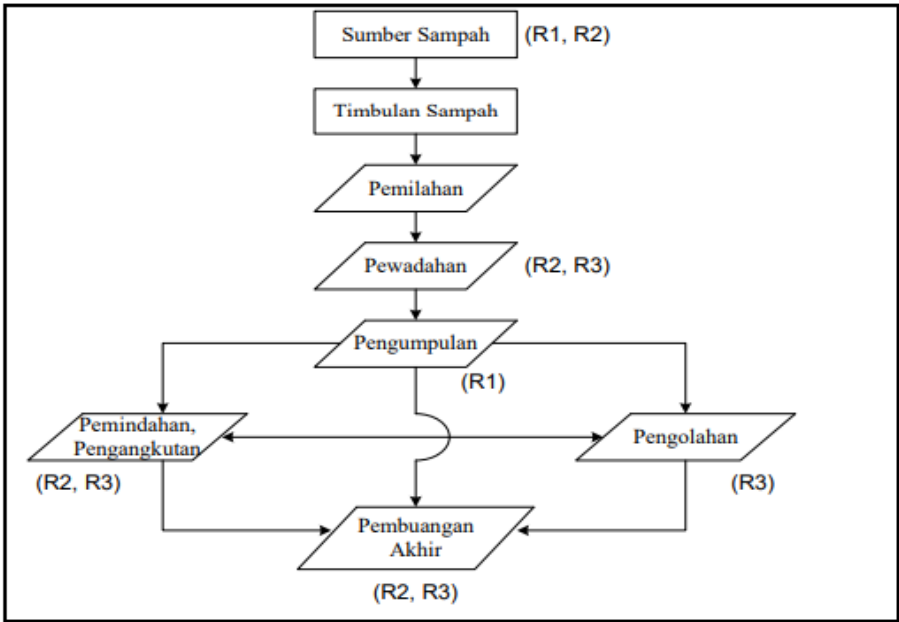
Penerapan pola 3 R dalam pengelolaan sampah merupakan usaha untuk mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan sehingga beban TPA (tempat pemrosesan akhir) sampah akan berkurang. Pengelolaan sampah berbasis masyarakat melalui pola 3R, perlu dioptimalkan di dalam penerapannya karena program ini berkaitan dengan kebijakan dan strategi nasional pengembangan pengelolaan

persampahan terutama berkaitan dengan kebijakan pengurangan sampah sejak dari sumbernya, sesuai yang diamatkan dalam UU No 18 Tahun 2008, tentang Pengelolaan Sampah dan Permen PU No 21/PRT/M/2006, tentang kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Persampahan.

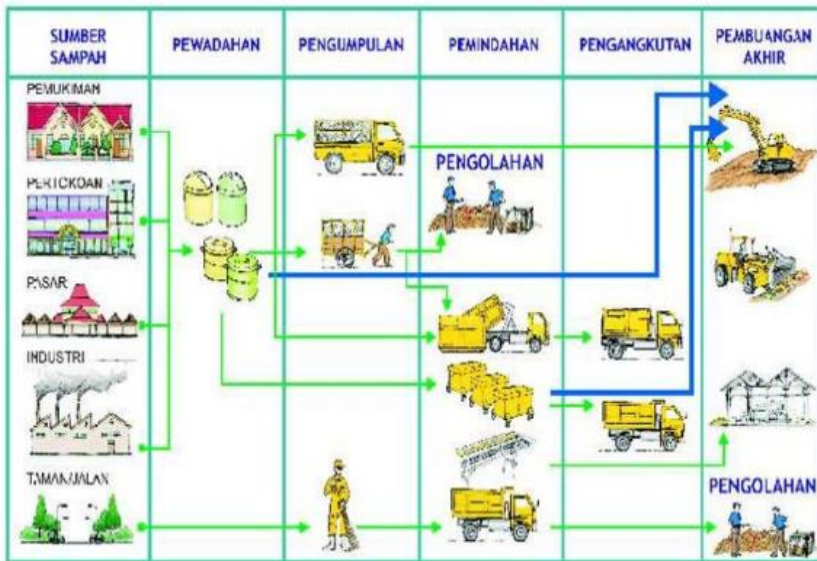
Pelaksanaan kegiatan 3R sangat membutuhkan peran aktif dari semua komponen yang terkait dengan masalah persampahan. Mengingat upaya pengurangan volume sampah di sumber sangat erat kaitannya dengan perilaku masyarakat, diperlukan suatu upaya penyadaran dan peningkatan pemahaman untuk mendorong perubahan perilaku yang dilakukan secara berjenjang, baik melalui promosi atau diseminasi maupun kampanye yang terus menerus. Desiminasi dan sosialisasi penanganan 3R menjadi sangat penting dalam pengelolaan sampah, perlu dilakukan terus-menerus kepada setiap strata lapisan masyarakat baik secara individu maupun kelompok, dengan menggunakan bahasa, sarana-prasarana dan media yang sesuai dengan target kelompok yang dituju.

Usaha untuk mengurangi sampah sejak dari sumbernya dapat dilakukan dengan melalui berbagai macam kegiatan yang melibatkan semua komponen masyarakat melalui kegiatan 3R, antara lain dalam bentuk pengurangan retribusi sampah, pemberian kupon pengganti kantong plastik, penghargaan tingkat kelurahan, kantong plastic berbayar pada saat belanja di toko. Semua kegiatan tersebut akan terlaksana dengan baik apabila semua anggota masyarakat sadar dan peduli terhadap lingkungan. Kegiatan sosialisasi program 3R kepada masyarakat sangat penting untuk menumbuhkan kesadaran dan kepedulian masyarakat untuk menjaga lingkungan tempat tinggal mereka. Apabila masyarakat sudah sadar dan peduli terhadap kebersihan lingkungan, maka program 3R akan lebih mudah dilaksanakan.

Dalam Teknik operasional pengelolaan sampah mulai dari sumber sampah sampai pemrosesan akhir , program 3 R perlu dilaksanakan semaksimal mungkin di sumber seperti terlihat dalam Gambar 2.9



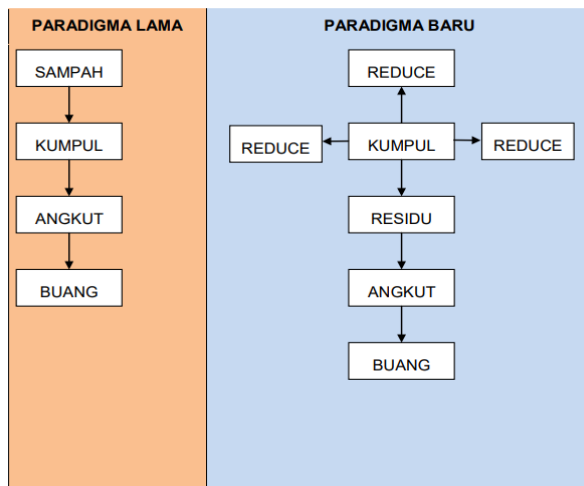
Gambar 2.9 Teknik operasional pengelolaan sampah



Gambar 2.10 Pola pengelolaan sampah secara umum

Apabila kita melihat gambar 2.10 terkait dengan pola pergerakan sampah sejak dari sumber penghasil sampah sampai menuju ke pemrosesan atau pembuangan akhir, penanganan sampah dikaitkan dengan upaya R1, R2 dan R3, pengelolaan sampah sebuah kota dapat dibagi dalam 3 kelompok utama:

- a) Penanganan sampah tingkat sumber.
- b) Penanganan sampah tingkat kawasan.
- c) Penanganan sampah tingkat kota



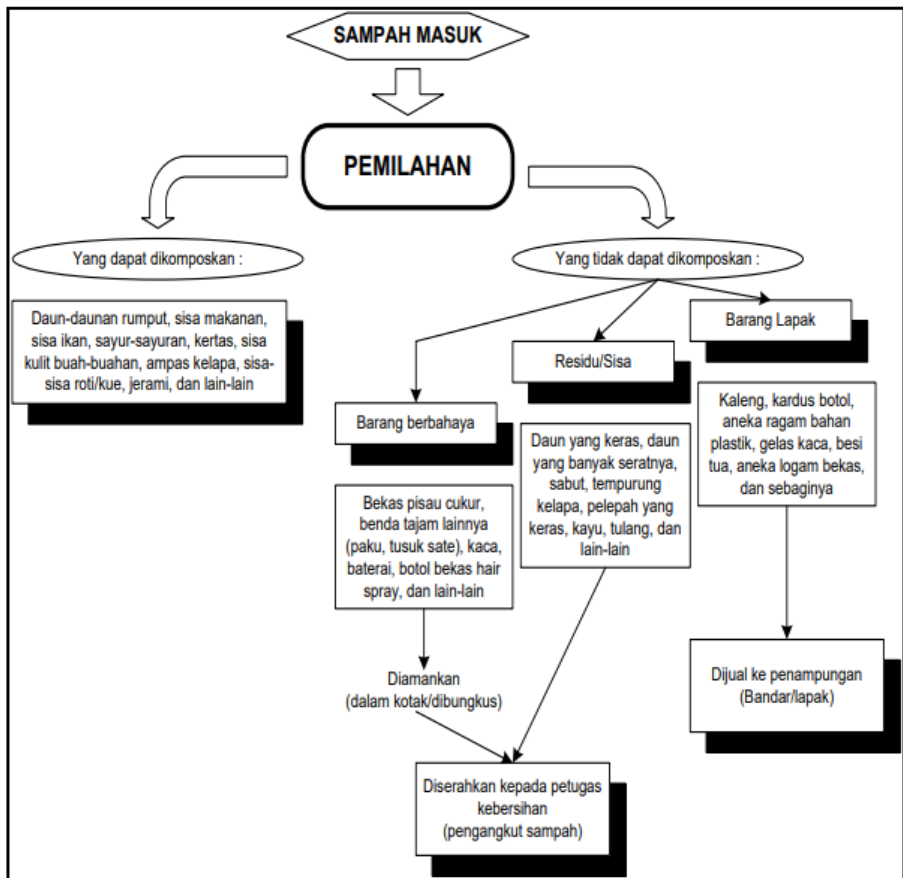
Gambar 2.11 Paradigma pengelolaan sampah

Paradigma lama tentang pengelolaan sampah hanya mengumpulkan sampah kemudian mengangkut dan membuangnya ke tempat pembuangan akhir tanpa ada proses pemilahan maupun pengolahan sampah. Paradigma lama menganggap sampah sebagai limbah buangan yang harus dibuang karena sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi. Konsep dari pengelolaan sampah paradigma baru diharapkan yang diangkut dan masuk ke TPA sampah tinggal residunya saja sehingga dapat menekan kebutuhan lahan untuk tempat pemrosesan akhir sampah, pada akhirnya kebutuhan lahan untuk

penimbunan dapat ditekan. Keuntungan pola 3R dalam pengelolaan sampah antara lain:

- a. Mengurangi volume sampah organik yang dibuang ke TPA
- b. Dapat dijual kembali sehingga mempunyai nilai ekonomi

Wujud nyata dari kegiatan 3R di lapangan dapat dilakukan melalui pengelompokan dan pemilahan jenis sampah dan dilakukan pengolahan sesuai dengan jenis sampah, seperti dalam contoh dibawah ini:



Gambar 2.12 Skema produk hasil pemilahan sampah

Kegiatan pengelolaan limbah/sampah berbasis 3R yang dikenalkan kepada masyarakat ini dilakukan secara terpadu dengan melibatkan semua stekholder yang terlibat sejak dari sumber sampah ini dihasilkan. Tiga program yang terkait dengan pola 3R ini meliputi:

1. R ke-1 (REDUCE)

Reduce (mengurangi), mengurangi dalam hal ini maksudnya mengurangi jumlah sampah/limbah sebelum dan sesudah diproduksi. Konsep ini merupakan penjabaran dari konsep produksi bersih yang arahnya pencegahan. Produsen barang maupun anggota keluarga dapat berperan melakukan teknologi ini. Reduce ini merupakan upaya mengurangi timbulan sampah di lingkungan sumber dan bahkan dapat dilakukan sejak sebelum sampah dihasilkan dengan cara merubah pola hidup konsumtif, yaitu merubah kebiasaan boros dan menghasilkan banyak sampah menjadi hemat/efisien dan sedikit sampah. Kegiatan ini dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, misalnya:

- a) Mengenalkan masyarakat untuk lebih memilih menggunakan produk/barang isi ulang (refill) sehingga dapat mengurangi jumlah produksi tempat/botol pembungkusnya, contoh: isi ulang sabun cair/detergen, isi ulang air minum, isi ulang tinta. ,
- b) Lebih memilih menggunakan barang/produk yang bungkusnya mudah terdegradasi seperti daun, kertas.
- c) Membakar sampah kering.
- d) Mengurangi penggunaan kantong plastik, misalnya menerapkan kantong plastic berbayar pada saat berbelanja di toko.

2. R ke-2 (RE-USE)

Reuse (menggunakan kembali), adalah upaya untuk memakai kembali bahan atau material yang masih bisa dimanfaatkan agar tidak menjadi sampah secara langsung tanpa mengolahnya terlebih dahulu. Kegiatan ini dapat dilakukan dengan cara, misalnya: memanfaatkan ember bekas menjadi pot bunga, botol bekas minuman kemasan digunakan menjadi tempat bumbu dapur, koran bekas digunakan menjadi pembungkus.

3. R ke-3 (*Recycle*)

Recycle (memanfaatkan kembali), menetapkan target pengurangan sampah secara bertahap dalam waktu tertentu : adalah upaya memanfaatkan kembali sampah melalui daur ulang setelah melalui proses pengolahan tertentu. Dalam kegiatan mendaur ulang limbah atau sampah ada beberapa contoh kegiatan yang dapat kita lakukan, misalnya:

- a. Mengolah limbah organik (sisa sayuran) pupuk kompos.
- b. Mengolah kembali pecahan beling menjadi gelas, piring.
- c. Plastik bekas diolah menjadi ember, gayung, dan peralatan dapur yang lain.
- d. Lempengan kaleng bekas diolah menjadi kaleng.

Pengelolaan sampah berbasis 3R berbasis masyarakat merupakan kegiatan pengelolaan sampah yang mengutamakan peran semua anggota masyarakat yang berada dalam sebuah komunitas tertentu. Kegiatan pengelolaan sampah berbasis 3R berbasis masyarakat ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

- a. Meningkatkan kesadaran dan kepedulian semua anggota masyarakat dalam menjaga kebersihan rumah dan lingkungannya
- b. Mengurangi jumlah timbulan sampah sejak dari sumbernya dengan cara melakukan:
 - 1) Pengurangan konsumsi barang kemasan, mengajak semua anggota masyarakat untuk mengurangi aktivitas yang masyarakat yang akan menghasilkan banyak sampah, seperti mengurangi konsumsi barang kemasan. Kegiatan ini tidak menghilangkan sampah secara keseluruhan, tetapi secara teoritis aktivitas ini akan mampu mereduksi sampah dalam jumlah yang nyata.
 - 2) Pemilahan sampah. Kegiatan ini tidak secara langsung mengurangi timbulan sampah, namun dapat menentukan keberhasilan proses pengurangan sampah pada hierarki pada pengelolaan berikutnya. Sampah organik selanjutnya akan dimanfaatkan untuk menjadi kompos dan makanan ternak, sampah anorganik dapat dimanfaatkan/di daur ulang lebih lanjut.

- 3) Pemakaian kembali / isi ulang (*Refill*). Pemakaian kembali, disamping dapat mengurangi jumlah sampah, juga dapat dilakukan penghematan. Bahan / barang yang telah digunakan dan masih bisa digunakan tidak dibuang menjadi sampah tetapi .dipergunakan kembali. Untuk itu masyarakat bisa melakukan pemilihan penggunaan barang / bahan yang dapat digunakan secara berulang-ulang tanpa proses yang rumit. Upaya yang dapat dilakukan antara lain penggunaan botol kaca sebagai pengganti botol plastik, menggunakan gelas dan piring kaca/keramik sebagai pengganti gelas dan piring *Styrofoam*, menggunakan produk isi ulang atau refill.
- 4) Berpartisipasi dalam perencanaan dan manajemen pengelolaan sampah. Partisipasi dalam perencanaan ini diawali dengan menyatakan pendapat, ide, gagasan tentang sistem pengelolaan sampah di lingkungan perumahannya, serta kehadiran dalam pertemuan warga untuk secara aktif membahas masalah persampahan, membentuk kesepakatan warga dalam mengelola sampah, memilih ketua dan keanggotaan organisasi pengelola sampah.
- 5) Berpartisipasi dalam pembayaran jasa pengelolaan sampah Masyarakat wajib membayar biaya pengelolaan sampah atas pelayanan yang diterimanya dari pengelola sampah perumahan.
- 6) Berpartisipasi secara langsung sebagai tenaga pengolah sampah atau pendaur ulang sampah.
- 7) Membangun Bank Sampah dalam upaya merubah perilaku masyarakat dalam pengelolaan sampah berbasis 3R (memilah dan mendaur ulang) dan berbasis ekonomi masyarakat.
- 8) Saling membudayakan kontrol sosial, saling mengawasi jalannya pengelolaan sampah agar sistem pengelolaan berjalan dengan baik untuk meminimalisir pelanggaran kesepakatan.

BAB 3

SERAT ALAMI

A. Pengertian Serat

Serat atau yang lebih kita kenal dengan sebutan fiber adalah salah satu jenis material polimer. Polimer itu sendiri merupakan salah satu jenis material yang berupa bagian komponen (mer) yang membentuk suatu jaringan yang memanjang secara utuh. Material serat yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari misalnya adalah bahan utama pakaian yang kita gunakan. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), serat merupakan suatu material yang mempunyai nilai perbandingan panjang dan lebar yang sangat besar serta unsur penyusunnya terorientasi ke arah tertentu, terutama ke arah panjang. Istilah serat atau fiber seringkali kita hubungkan dengan bahan sayuran, buah-buahan, sampai tekstil. Bahan makanan yang kaya akan kandungan serat adalah sayuran dan buah-buahan yang sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia. Ternyata serat bukan hanya terkandung dalam sayuran dan buah-buahan, bahan tekstil termasuk jenis material yang kaya akan serat.

B. Jenis-Jenis Serat

Apabila dilihat berdasarkan asalnya, maka serat dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu:

- 1) **Serat alami**, yaitu sebutan untuk semua jenis serat yang berasal dari tumbuhan, hewan, maupun dari proses geologis. Serat alami mudah mengalami proses pelapukan. Serat alami terbagi menjadi beberapa macam, yaitu:
 - a) Serat tumbuhan atau disebut serat pangan. Disebut sebagai serat pangan karena serat tumbuhan ini sebagian besar adalah termasuk dalam kategori bahan makanan. Serat tumbuhan pada umumnya terdiri atas kandungan selulosa, hemiselulosa dan terkadang mengandung bahan

jenis lignin. Contoh dari serat jenis ini sendiri adalah katun dan kain ramie. Serat tumbuhan digunakan sebagai bahan pembuat kertas serta tekstil. Serat tumbuhan juga cukup penting untuk memenuhi kebutuhan nutrisi manusia.

- b) Serat kayu, disebut serat kayu karena serat jenis ini diambil dari batang tumbuhan yang berkayu.
- c) Serat hewan. Jenis serat hewan pada umumnya memiliki susunan protein tertentu. Contoh dari serat hewan ini yang dimanfaatkan oleh manusia saat ini ialah serat ulat (bahan baku pembuatan kain sutra) dan bulu domba (bahan baku pembuatan kain wol).
- d) Serat mineral. Serat jenis ini biasanya dibuat dari asbestos. Asbestos merupakan salah satu jenis mineral yang secara alami terdapat pada bentuk serat panjang.



Gambar 3.1 Beberapa contoh serat alami

- 2) **Serat Sintetis**, yaitu sebutan untuk jenis serat yang dibuat oleh manusia. Pada umumnya serat jenis berasal dari bahan petrokimia. Akan tetapi, ada juga serat sintetis yang dibuat dari selulosa alami, contohnya rayon. Beberapa contoh serat hasil rekayasa atau buatan manusia adalah:

- a) Jenis bahan mineral: misalnya *fiberglass* (kaca serat) yang dibuat dari kuarsa, serat logam yang berasal dari bahan logam lunak (*ductile*) seperti emas, perak, dan tembaga, dan serat karbon.
- b) Serat polimer, merupakan jenis serat yang diproduksi melalui reaksi kimia. Beberapa jenis bahan yang digunakan sebagai bahan baku serat polimer antara lain: polimida nilon, PET atau PBT poliester biasa dijadikan sebagai bahan baku pembuatan botol plastik, Fenol-formaldehid (PF), serat polivinyl alkohol (PVOH), serat polivinyl khlorida (PVC), poliolefin (PP dan PE), pPolyethylene (PE), elastomer bahan baku pembuatan spandex, dan poliuretan.



Gambar 3.2 Beberapa contoh serat sintesis bahan dasar pembuatan kain

C. Serat Alami

Serat alami merupakan jenis serat yang berasal dari bahan alami, bukan buatan maupun hasil rekayasa manusia. Serat jenis ini ada yang berasal dari tanaman maupun hewan. Serat alami yang berasal dari tanaman mengandung selulosa tanaman yang berupa serat kulit pohon, daun-daunan, buah, kayu atau serat rumput. Contohnya : kain katun dan kain linen. Sedangkan serat alami yang berasal dari hewan mengandung protein, yang berupa rambut, sutera atau wool. Kelebihan serat alami apabila dibandingkan dengan serat sintesis adalah serat alami lebih ringan dan ramah lingkungan. Serat alami dapat diperbarui, dapat didaur ulang serta dapat terbiodegradasi di lingkungan. Sifat kain yang berasal dari serat alami adalah kuat, padat, mudah kusut, dan kuat terhadap panas setrika.

Beberapa bahan yang dibuat dengan bahan baku serat tanaman (serat nabati) memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

1. Serat nabati apabila dibakar akan menimbulkan bau seperti rambut atau kertas yang terbakar.
2. Hasil pembakaran serat nabati akan meninggalkan abu.
3. Serat nabati sangat mudah kusut bila diremas dan sulit kembali dilicinkan.
4. Serat nabati bersifat mudah menyerap air.
5. Karena mudah menyerap air, maka serat nabati juga mudah berjamur.
6. Jika digunakan sebagai bahan pakaian, maka jenis serat nabati akan terasa hangat dan berserat saat diraba.

Sedangkan bahan yang terbuat dari serat hewan (serat hewani) seperti bahan sutera atau wool akan memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Serat hewani apabila di bakar akan berbau seperti tulang terbakar.
2. Hasil pembakaran serat hewani meninggalkan bundaran keras.
3. Apabila digunakan sebagai bahan pakaian, jenis serat ini tidak mudah kusut jika diremas.
4. Karena jenis serat hewani tidak mudah menyerap air, maka jenis serat ini juga tidak mudah berjamur.
5. Wol terasa hangat sedangkan sutera akan terasa dingin.

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan jenis flora dan fauna. Hal ini tentu menjadikan Indonesia menjadi salah satu negara penghasil serat alami yang beraneka ragam. Tanaman pertanian, pepohonan hasil hutan, dan jenis tanaman lainnya merupakan bahan utama penghasil serat alami. Penggunaan bahan serat nabati maupun hewani secara tradisional telah banyak digunakan sebagai bahan baku makanan. Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan bahan serat alami terutama serat nabati mulai banyak dikembangkan sebagai bahan dasar pembuatan produk-produk komposit. Biokomposit berbahan dasar serat nabati banyak menjadi pilihan untuk

menghasilkan produk-produk yang *eco-efisien* dan berkelanjutan, dan bersaing dengan bahan-bahan sintesis (Suryanto et al., 2016).

Dalam beberapa tahun terakhir serat alami mulai menunjukkan eksistensinya menyaingi serat sintetis. Banyak kelebihan serat alami yang menjadikannya lebih banyak dipilih dibandingkan dengan serat sintetis, antara lain yaitu dari segi pengadaannya yang lebih murah dibandingkan serat sintetis, densitasnya lebih rendah sehingga serat alami menjadi lebih ringan dibandingkan dengan serat sintetis, ramah lingkungan, mudah terbiodegradasi, termasuk bahan terbarukan, dan tidak berbahaya bagi kesehatan manusia.

Saat ini serat alami telah digunakan dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Sama halnya seperti serat sintetis, serat alami telah banyak mengalami modifikasi sedemikian rupa sehingga layak digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Penggunaan serat alami dalam aspek otomotif di Indonesia mengalami perkembangan yang sangat pesat, serat alami banyak digunakan sebagai bahan tambahan pada pembuatan interior kendaraan bermotor maupun kebutuhan yang lain. Dalam hal ini persaingan dunia otomotif sangat bersaing satu dengan lainnya didalam memodifikasi bahan baku pada saat pembuatan kendaraan bermotor. Hal ini mengakibatkan adanya upaya peningkatan eksplorasi serat alam baru dan penggunaan serat tanaman oleh sektor industri yang berbeda, seperti komposit untuk aplikasi otomotif dan untuk menggantikan serat sintetis (Suryanto et al., 2014a).

Beberapa alternatif serat alam dari tanaman yang sudah dieksplorasi antara lain serat jerami, jerami padi, serat rerumputan seperti rumput switch, rumput India, rumput napier, dan rumput mendong. Beberapa serat tersebut telah diterapkan sebagai penguat komposit polimer (Suryanto et al., 2015). Banyak diantara serat-serat alami ini, telah dikembangkan sebagai bahan penguat dalam pembuatan komposit. Bahan-bahan komposit serat alami telah meningkat penggunaan karena harganya relatif murah, mampu untuk didaur ulang dan dapat bersaing dengan baik berdasarkan kekuatan per berat dari material.

Serat yang berasal dari tanaman, pada umumnya dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu serat non-kayu dan serat kayu. Serat non-kayu dibagi menjadi (Suryanto et al., 2012):

1. Bahan jerami, contoh: jagung, gandum, dan padi.
2. Kulit pohon, contoh: kenaf (*Hibiscus cannabicus*), flax (*Linum usitatissimum*), jute (*Corchorus*), rami (*Boehmeira nivea*), dan hemp (*Cannabis sativa*).
3. Daun, contoh: sisal (*Agave sisalana*), daun nanas (*Ananas comosus*), dan serat henequen (*Agave fourcroydes*).
4. Serat rumput/grass, contoh: serat bambu, rumput, rotan, switch grass (*Panicum virgatum*), dan rumput gajah (*Erianthus elephantinus*).

Serat alami ini mempunyai karakteristik yang sangat beragam. Beberapa karakteristik serat alami diantaranya adalah di dalamnya banyak mengandung bahan selulosa, sifat mekanik serat alami sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan penyusunnya misalnya derajat polimerisasi selulosa dan sudut mikrofibril serat akan mempengaruhi kekuatan tarik dan modulus (Mohanty et al., 2005).

Air merupakan salah satu komponen utama dari. Dinding sel dari tanaman tersusun atas bahan polimer berbasis gula (karbohidrat) yang berkombinasi dengan lignin, bahan ekstraktif, protein, pati, dan bahan anorganik dengan jumlah yang lebih rendah. Komponen kimia didistribusikan melalui dinding luar sel yang terdiri dari lapisan dinding primer dan sekunder. Komposisi kimia bervariasi pada tiap tanaman bahkan pada berbagai bagian didalam tanaman yang sama. Komposisi kimia juga bervariasi dalam tanaman tergantung pada lokasi geografis, umur, iklim dan kondisi tanah yang berbeda (Rowell et al., 2000). Komposisi dari beberapa serat yang umum digunakan, ditunjukkan pada Tabel 3.1. Pada Tabel 3.2 dapat kita lihat bahwa sebagian besar kandungan serat adalah selulosa selanjutnya hemiselulosa, lignin dan sejumlah kecil lilin dan pektin.

Tabel 3.1 Komposisi beberapa biofiber (Suryanto et al., 2014b)

Fiber	Cellulose (%)	Hemicellulose (%)	Lignin (%)	Others (%)	Moisture content (%)
MFPs	72.14	20.2	3.44	4.2	4.2–5.2
Cotton	85–90	1–3	0.7–1.6	5.4–13.3	8–10
Flax	85	9	4	2	8.76–10
Sansevieria	79.7	10.13	3.8	0.09	6.02
Hemp	58.7	14.2	6	21.1	12
Jute	58–63	20–24	12–15	–	10.99
Rice straw	64	–	8	28	9.8
Sea grass	57	28	5	10	–
Sorghum stem	65.1	–	5.5	29.4	9.5
Wheat straw	38.8	39.5	17.1	4.6	5
Sisal	78	19	8	3	10–22
Coir	32–43	0.15–0.25	40–45	3–4	8
Alfa grass	33–38	–	17–19	33–40	10.2

Metode Klason merupakan metode analisa secara kimia yang digunakan untuk menentukan kuantitas dari komponen penyusun serat alam. Sedangkan teknik spektroskopi infra merah adalah metode secara kualitatif dan semikuantitatif yang digunakan untuk mengenali gugus fungsi tertentu sebagai bagian dari komponen serat. Adapun spektrum dari gugus fungsi komponen serat ditunjukkan pada Tabel 3.2 Adapun struktur kimia dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin ditunjukkan pada Gambar 3.3 Holoselulosa Kombinasi dari selulosa dan hemiselulosa disebut holoselulosa dan jumlahnya berkisar 65-70% berat kering tanaman. Polimer ini terbuat dari gula sederhana, terutama, Dglukosa, D-mannosa, D-galaktosa, D-xylosa, L-arabinosa, asam D-glukuronat, dan jumlah yang lebih kecil dari gula-gula lain seperti L-rhamnosa dan D-fukosa. Polimer ini kaya akan kelompok hidroksil yang berperan untuk penyerapan air melalui ikatan hidrogen.

Tabel 3.2 Spektrum serapan dari komposit serat (Moran et al., 2008)

Fiber component	Wave number (cm ⁻¹)	Functional group	Compounds
Cellulose	4,000–2,995	OH	Acid, methanol
	2,890	H–C–H	Alkyl, aliphatic
	1,640	Fiber–OH	Adsorbed water
	1,270–1,232	C–O–C	Aryl-alkyl ether
	1,170–1,082	C–O–C	Pyranose ring skeletal
Hemicellulose	1,108	OH	C–OH
	4,000–2,995	OH	Acid, methanol
	2,890	H–C–H	Alkyl, aliphatic
Lignin	1,765–1,715	C=O	Ketone and carbonyl
	1,108	OH	C–OH
	4,000–2,995	OH	Acid, methanol
	2,890	H–C–H	Alkyl, aliphatic
	1,730–1,700		Aromatic
	1,632	C=C	Benzene stretching ring
	1,613, 1,450	C=C	Aromatic skeletal mode
	1,430	O–CH ₃	Methoxyl–O–CH ₃
1,270–1,232	C–O–C	Aryl-alkyl ether	
	1,215	C–O	Phenol
	1,108	OH	C–OH
	700–900	C–H	Aromatic hydrogen

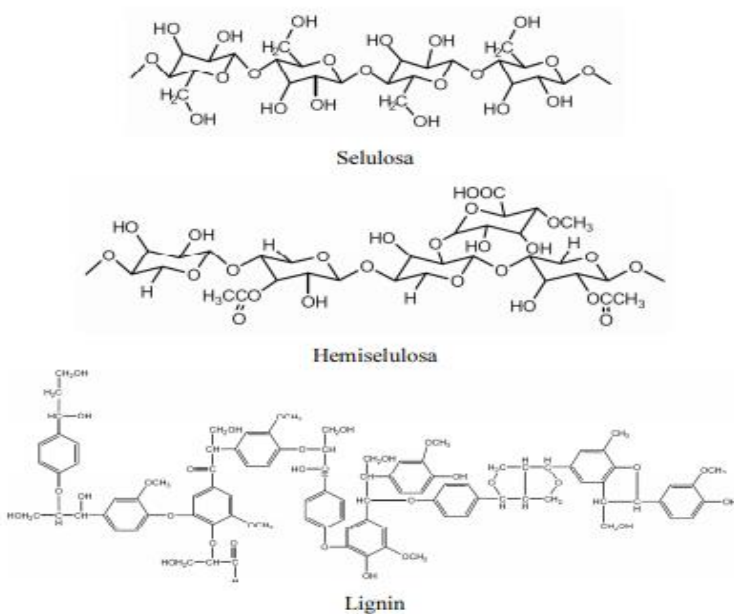
Selulosa merupakan komponen struktural yang paling penting dari hampir semua dinding sel tanaman hijau, terutama di banyak serat alam seperti rami, goni, rami, kapas. Polimer selulosa terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen, dengan gambaran struktur selulosa ditunjukkan pada Gambar 3.3. Selulosa adalah senyawa polisakarida (C₆H₁₀O₅)_n yang dapat diturunkan menghasilkan glukosa (C₆H₁₂O₆). Unit terkecil yang berulang adalah selobiosa (C₆H₁₁O₅)₂₀ dibentuk oleh kondensasi dua unit glukosa dan oleh karena itu juga dikenal sebagai *anhydroglucose* (glukosa minus air). Masing-masing satuan berulang berisi tiga kelompok hidroksil. Kelompok hidroksil ini dan kemampuannya untuk mengikat hidrogen memainkan peran yang utama di dalam mengarahkan struktur kristalin dan juga mengembangkan sifat fisika dari selulosa (Summerscales et al., 2010). Kebanyakan tanaman tersusun atas selulosa berkristal tinggi dan mungkin berisi sebanyak 80 persen daerah kristal. Bagian yang tersisa memiliki

densitas yang lebih rendah dan disebut sebagai selulosa amorf. Selulosa merupakan polimer dengan derajat polimerisasi (DP) sekitar 10,000, bersifat kuat, berkristal molekul tanpa percabangan. Selulosa padat membentuk suatu struktur mikrokristal dengan daerah amorf pada orde yang rendah. Selulosa juga terbuat dari batang kristal mikrofibril dan terbagi menjadi 4 kelompok yaitu selulosa I, selulosa II, selulosa III, dan selulosa IV. Selulosa I merupakan bentuk alami dari selulosa yang terdiri atas 2 jenis yaitu selulosa I α dan selulosa I β tergantung pada sumber selulosanya. Yang membedakan antara selulosa I α dan selulosa I β adalah bentuk kristalnya dimana selulosa I α memiliki struktur triklinik dan selulosa I β memiliki struktur monoklinik, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Kelompok selulosa yang lain merupakan bentukan dari selulosa I dengan berbagai cara (Pérez & Samain, 2010). Sifat kimia selulosa adalah tahan terhadap alkali kuat (17.5% berat) tetapi dengan mudah terhidrolisis oleh asam menjadi gula yang larut air dan selulosa relatif tahan terhadap agen pengoksidasi dengan ketahanan panas serat selulosa adalah mencapai temperatur 211 - 280°C tergantung pada jenis seratnya (Suryanto, 2015).

Hemiselulosa adalah polisakarida dengan berat molekul rendah, sering mengalami kopolimer dengan glukosa, asam glukuronat, mannososa, arabinosa dan xilosa, dapat berbentuk acak, bercabang amorf atau struktur nonlinier dengan kekuatan rendah. Hemiselulosa mudah dihidrolisis oleh asam atau basa encer, atau enzim hidrolisis (Summerscales et al., 2010). Pada tanaman serat, hemiselulosa berfungsi sebagai matrik dari selulosa (Bergander & Salmen, 2002).

Lignin dibentuk dengan penghilangan *non-reversibel* air dari gula (terutama xilosa) untuk membuat struktur aromatik. Lignifikasi berlangsung pada tanaman dewasa untuk kestabilan mekanik tanaman. Lignin berfungsi memberi kekakuan kepada tanaman, terlokalisasi pada permukaan lumen dan daerah dinding berpori untuk mempertahankan kekuatan dinding, permeabilitas dan membantu transport air. Lignin tahan serangan mikroorganisme dan kebanyakan dalam bentuk cincin aromatik

yang tahan terhadap proses anaerobik sehingga kerusakan akibat proses anaerobik pada lignin adalah lambat (Bismarck et al., 2005). Lignin bersifat *hydrophobic* secara alami dan mengandung tiga kopolimer dimensional dari unsur-unsur aromatik dan alifatik dengan bobot molekul yang sangat tinggi yaitu hidroksil, metoksil dan gugus karbonil. Lignin diketahui mengandung lima hidroksil dan lima metoksil per unit bangun. Diyakini bahwa satuan struktural dari molekul lignin diturunkan dari 4-hydroxy-3-methoxy phenylpropane. Kesulitan utama di dalam kimia lignin adalah tidak ada metoda yang mapan untuk mengisolasi lignin dalam kondisi asli dari serat. Lignin dianggap sebagai suatu polimer termoplastik yang memperlihatkan adanya temperatur transisi glass di sekitar 90°C dan meleleh pada temperatur sekitar 170°C (Olesen & Plackett, 1999). Lignin tidak terhidrolisis oleh asam, hanya dapat larut di dalam alkali panas, dapat teroksidasi, dan dengan mudah terkondensasi dengan fenol (Bismarck et al., 2005).



Gambar 3.3 Struktur kimia selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Park et al., 2008)

D. Contoh Bahan Serat Alami

Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kekayaan flora dan fauna yang melimpah. Kekayaan akan flora dan fauna tentunya tidak lepas dari aneka ragam jenis serat alami yang dihasilkan. Beberapa jenis serat alami yang melimpah namun kehadirannya seringkali dianggap sebagai sampah atau limbah. Hal ini karena bagian utama dari materi tersebut sudah diambil manfaatnya, sehingga menyisakan material sisa yang seringkali dibuang karena dianggap sampah yang tidak bermanfaat. Beberapa jenis limbah organik yang kaya akan serat alami yang jumlahnya melimpah antara lain adalah:

1. Kulit Jagung

Kulit terluar yang menutupi bulir-bulir jagung disebut dengan kulit jagung atau yang lebih kita kenal dengan istilah klobot. Kulit atau klobot jagung ini juga merupakan lembaran modifikasi daun yang membungkus tongkol jagung. Secara morfologi, kulit atau klobot jagung ini mempunyai permukaan yang kasar dan berwarna hijau muda sampai hijau tua. Jumlah rata-rata kulit jagung dalam satu tongkol adalah 12-15 lembar. Menurut Wijayanti (2011:24), jaringan utama kulit jagung adalah berupa parenkim yaitu jaringan dasar utama yang terdapat dalam organ tumbuhan dan membentuk suatu jaringan yang berkesinambungan. Jaringan parenkim adalah jaringan yang selnya berdinding selulosa tipis yang berisi sebagai pengisi bagian tumbuhan. Gambar 3.4 menunjukkan limbah kulit jagung yang belum dimanfaatkan. Komposisi kimia dari kulit jagung yang telah dikeringkan dapat dilihat pada Tabel 3.3, sedangkan karakteristik dari serat kulit jagung dapat dilihat pada Tabel 3.4



Gambar 3.4 Kulit jagung

Tabel 3.3 Komposisi kimia kulit jagung kering

<i>Component</i>	<i>%</i>
<i>Lignin</i>	15
<i>Ash</i>	5.09
<i>Alcohol-cyclohexane solubility (1:2 v/v)</i>	4.57
<i>Cellulose</i>	44.08

Sumber: Taiwo K.F dkk, April 2014

Tabel 3.4 Karakteristik serat kulit jagung

<i>Fibre property</i>		<i>Dimension</i>
<i>Fibre Length (mm)</i>	L	1.71± 0.5
<i>Fibre diameter (µm)</i>	D	21.89±5.1
<i>Cell wall thickness (µm)</i>	CW	7.63± 2.3
<i>Lumen width (µm)</i>	LW	6.63±3.5

Sumber: Taiwo K.F dkk, April 2014

Sejauh ini limbah kulit jagung hanya sekedar dimanfaatkan untuk pakan ternak sapi atau kambing, bahan utama dalam pembuatan kerajinan tangan, bungkus makanan tradisional, atau yang terbaru adalah digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan kertas seni. Sehingga perlu dilakukan upaya pemanfaatan limbah kulit jagung yang dapat menghasilkan suatu produk yang mempunyai nilai yang lebih, baik segi manfaat maupun ekonomi.

2. Ampas Tebu

Ampas tebu adalah suatu residu dari proses penggilingan tanaman tebu (*Saccharum Oicinarum*) setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada industri pembuatan gula sehingga diperoleh hasil samping sejumlah besar produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*). Pada proses penggilingan tebu, terdapat lima kali proses penggilingan dari batang tebu sampai dihasilkan ampas tebu.

Menurut data FAO (*Food and Agricultural Organization*) tahun 2006 tentang Negara-negara produsen tebu dunia, Indonesia menduduki peringkat ke-11 dengan produksi per tahun sekitar 25.500 juta ton, dimana 35% dari produksi tersebut merupakan ampas tebu. Ampas tebu yang berlimpah tersebut telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada ketel uap dimana energi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga uap, bahan bakar pada tungku produksi dan bahan baku pada pembuatan kertas. Komposisi zat organik yang terdapat didalam ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Komposisi Organik Limbah Ampas Tebu

Komponen	Kandungan (%)
Abu	3
Lignin	22
Selulosa	37
Sari	1
Pentosan	27
Sio	3

(Sumber: Vitaloka, 2017)



Gambar 3.5 Ampas tebu

3. Sekam Padi

Sekam merupakan salah satu residu dari pengolahan padi yang perlu ditangani lebih lanjut atau dilakukan pemanfaatan ulang. Volume sekam yang dihasilkan adalah 17% dari Gabah kering giling (GKG). Untuk penggilingan padi yang berkapasitas 5 ton/jam beras putih atau sekitar 7 ton GKG/jam akan dihasilkan sekam sekitar 0.85 ton/jam atau sekitar 8.5 ton/hari. Berat ini setara dengan sekitar 25 m³ /hari atau 7500 m³ /tahun. Volume yang besar ini akan menjadi masalah serius dalam jangka panjang apabila tidak ditangani dengan baik. Sekam tersusun dari palea dan lemma (bagian yang lebih lebar) yang terikat dengan struktur pengikat yang menyerupai kait. Sel-sel sekam yang telah masak mengandung lignin dalam konsentrasi yang cukup tinggi. Komposisi sekam sebagaimana terlihat pada Tabel 3.5.



Gambar 3.6 Sekam padi

Tabel 3.5 Kandungan sekam padi

Kandungan	Prosentase
C-Organik	45.06
N-Total	0.31
P-Total	0.07
K-Total	0.28
Mg-Total	0.16
SiO ₃	33.01

(Sumber: Hidayati, 1993)

BAB 4

KOMPOSIT

A. Pengertian Komposit

Komposit adalah salah satu bentuk material hasil rekayasa yang dibuat dengan cara mengkombinasikan dua jenis material atau lebih sehingga menghasilkan material baru yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Atau dengan kata lain material komposit adalah material yang disusun dari campuran dua bahan atau lebih (secara makro) yang berbeda dalam bentuk maupun komposisinya dan tidak larut satu dengan yang lain. Material komposit merupakan suatu material yang kompleks, karena komposit terkomposisikan dari dua jenis material atau lebih yang secara bersamaan disatupadukan pada skala makroskopik sehingga terbentuk suatu material baru yang mempunyai kualitas dan sifat terbaik (Jacobs dan Kilduff, 2005). Penguat dalam komposit pada umumnya mempunyai sifat elastis, dan mempunyai kekuatan tarik yang baik namun tidak dapat digunakan pada temperatur yang tinggi, sedangkan material matrik pada umumnya bersifat ulet, lunak dan bersifat mengikat jika sudah mencapai titik bekunya. Penggabungan kedua jenis material yang mempunyai sifat berbeda ini dilakukan untuk mendapatkan satu material baru yang mempunyai sifat yang berbeda dari sifat material penyusunnya

Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

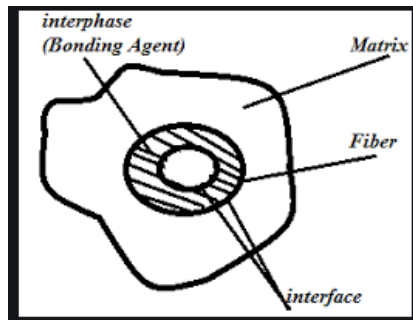
Matriks, merupakan bagian dari komposit yang mempunyai fraksi volume yang terbesar (dominan). Pada umumnya matriks ini berupa material dengan karakteristik lebih *ductile* (lunak) tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah. Dalam komposit matriks berperan sebagai material yang mentransfer atau mendistribusikan tegangan hingga sampai pada penguat/filler/serat secara merata, membentuk ikatan koheren (ikatan antar muka pada permukaan matriks dan filler), melindungi filler dari gesekan mekanik,

melindungi filler dari lingkungan yang merugikan, dan menjaga stabilitas material setelah proses manufaktur.

Penguat (*filler/reinforcement*), merupakan salah satu bagian utama dari komposit yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit, material filler mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid serta lebih kuat.

Adanya dua material atau lebih penyusun komposit akan membentuk beberapa bagian dalam istilah penyebutannya, yaitu bagian matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), penguat (penahan beban utama), *interphase* (pelekat antar dua penyusun), *interface* (permukaan fasa yang berbatasan dengan fasa lain).

Pada material komposit yang terbentuk, jika dilihat secara struktur mikro maka material penyusunnya tidak berubah sifat fisik maupun kimianya (dalam orde kristalin), akan tetapi jika dilihat secara keseluruhan material komposit akan memiliki karakteristik yang berbeda dengan material pembentuknya karena terbentuknya ikatan antar permukaan antara matriks dan filler.



Gambar 4.1 Ilustrasi susunan material komposit

Adanya ikatan yang terbentuk antara permukaan matriks dan filler ini menjadi syarat mutlak terbentuknya suatu material komposit. Ikatan antar permukaan matriks dan filler ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi.

Gaya adhesi dan kohesi dalam material komposit dapat terbentuk melalui beberapa cara, antara lain:

1. *Interlocking* antar permukaan, ikatan yang terbentuk karena adanya permukaan partikel-partikel penyusun komposit yang kasar.
2. Gaya elektrostatis, ikatan yang terbentuk karena adanya gaya tarik-menarik antara atom penyusun komposit yang bermuatan listrik (ion).
3. Gaya vanderwalls, ikatan yang terjadi karena adanya pengutupan antar partikel.

Ada beberapa hal yang sangat mempengaruhi kualitas ikatan antara matriks dan filler yang terbentuk yaitu meliputi ukuran partikel penyusun komposit, massa jenis bahan penyusun, fraksi volume material, komposisi material penyusun, bentuk partikel penyusun, kecepatan dan waktu pencampuran bahan penyusun, penekanan (kompaksi), dan proses pemanasan (sintering) material komposit.

B. Tujuan Pembuatan Komposit

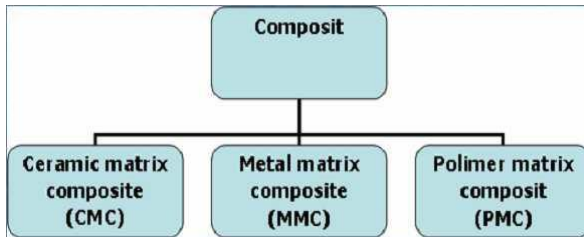
Teknologi komposit merupakan bentuk rekayasa material yang bertujuan untuk:

1. Memperbaiki sifat mekanik dan atau sifat-sifat spesifik tertentu pada material yang dihasilkan.
2. Teknologi komposit dapat mempermudah pembuatan atau design yang sulit pada manufaktur.
3. Lebih leluasa dan membuat desain dengan biaya lebih murah.
4. Digunakan untuk memproduksi bahan yang lebih ringan.

Jadi secara umum teknologi pembuatan komposit ini bertujuan untuk menghasilkan material baru yang sifat dan karakteristiknya lebih baik daripada material tunggal dengan menekan biaya produksi.

C. Klasifikasi Material Komposit

Berdasarkan jenis matriks penyusun, material komposit diklasifikasikan ke dalam tiga jenis yaitu: komposit bermatrik polimer (KMP), komposit bermatrik logam (KML), dan komposit bermatrik keramik (KMK).



Gambar 4.2 Klasifikasi komposit berdasarkan jenis matrik

a. Komposit matrik polimer (KMP)

KMP ini mempunyai sifat ringan, spesifikasi ketangguhan dan kekuatan yang tinggi, anisotropi. Beberapa kelebihan KMP dibandingkan komposit yang lain adalah biaya produksi yang lebih murah, proses fabrikasi dapat dipersingkat, dapat dibuat dengan produksi massal, tahan lama selama penyimpanan, dan mudah dibentuk mengikuti kebutuhan. Jenis polimer yang banyak digunakan dalam pembuatan KMP adalah:

- a) Bahan termoplastik, yaitu bahan polimer jenis plastik yang dapat dengan mudah meleleh ataupun mengeras berulang kali karena pengaruh panas. Bahan jenis ini akan meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat kembali (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh bahan termoplastik yaitu Poliester, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polieter sulfon, PES, dan Polieter eterketon (PEEK).
- b) Bahan termoset, yaitu jenis polimer yang bersifat irreversible artinya tidak dapat mengikuti perubahan suhu. Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan

melunakkan termoset melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis termoset tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat termoplastik. Contoh dari termoset yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI).

Komposit bermatrik polimer biasa digunakan dalam beberapa aplikasi, yaitu sebagai berikut :

- ◁ Matrik berbasis poliester dengan serat gelas. Misalnya pada pembuatan alat-alat rumah tangga, panel pintu kendaraan, lemari perkantoran, dan peralatan elektronika.
- ◁ Matrik berbasis termoplastik dengan serat gelas, misalnya kotak air radiator.
- ◁ Matrik berbasis termoset dengan serat carbon. Misalnya rotor helikopter, komponen ruang angkasa, dan rantai pesawat terbang

b. Komposit matrik logam (KML)

Material KML mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continous Filamen MMC yang digunakan dalam aplikasi aerospace. KML mempunyai beberapa kelebihan antara lain yaitu: kekuatan tekan dan geser yang baik, serta ketahanan aus dan muai panas yang lebih baik dari komposit yang lain. Kekurangan dalam pembuatan KML adalah biaya produksi yang tinggi , standarisasi proses dan material yang sedikit. Proses pembuatan KML ada beberapa macam, antara lain: *powder metallurgy, casting/liquid ifiltration, Compocasting, dan squeeze casting.*

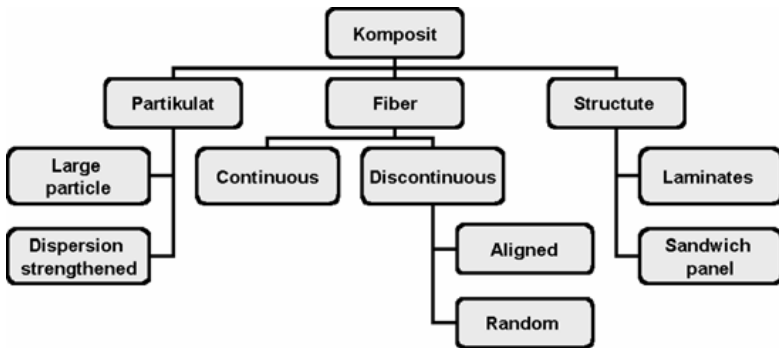
Komposit bermatrik logam ini biasa diaplikasikan dalam pembuatan komponen automotive (blok-silinder-mesin, pully, poros gardan), peralatan militer (sudut turbin, cakram kompresor), air craft (rak listrik pada pesawat terbang), dan peralatan elektronik.

c. **Komposit matrik keramik (KMK)**

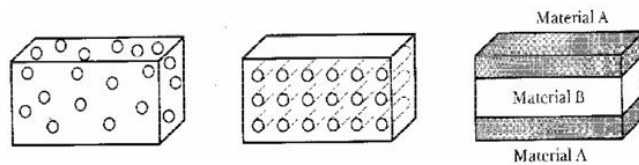
Pada komposit bermatrik keramik ini pada umumnya menggunakan bahan filler dari oksida, carbide, dan nitrid. Salah satu proses pembuatan dari KMK yaitu dengan proses DIMOX yang merupakan proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah filler (penguat). Dalam pembuatan KMK ini, bahan matrik yang sering digunakan adalah gelas anorganik, keramik gelas, alumina, dan silikon Nitrida. Kelebihan dari material komposit jenis ini antara lain adalah dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam, material yang dihasilkan sangat tangguh bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari cast iron, mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus, memiliki unsur kimia yang stabil pada suhu tinggi, tahan pada temperatur tinggi (*creep*), mempunyai kekuatan dan ketangguhan tinggi, serta tahan terhadap korosi. Kekurangan fabrikasi KMK adalah sulit untuk diproduksi dalam jumlah besar, biaya produksi relatif mahal dan *non-cot effective*, serta hanya untuk aplikasi tertentu.

Komposit bermatrik keramik ini biasa diaplikasikan dalam pembuatan *chemical processing* (misalnya: Filters, membranes, seals, liners, piping, hangers), power generation (Combustorrs, Vanrs, Nozzles, Recuperators, heat exchange tubes, liner), dan wate inineration (*Furnace part, burners, heat pipes, filters, sensor*), kombinasi dalam rekayasa wisker SiC/alumina polikristalin untuk perkakas potong, serat grafit/gelas boron silikat untuk alas cermin laser, grafit/keramik gelas untuk bantalan,perapat dan lem, dan SiC/litium aluminosilikat (LAS) untuk calon material mesin panas.

Klasifikasi material komposit bersarkan jenis filler (penguat) yang digunakannya ada tiga, yaitu: *fiber composites, laminated / structural composites*, dan *particulate composites*.



Gambar 4.3 Klasifikasi komposit berdasarkan penguatnya



a. Partikel

b. Fiber

c. Struktur

Gambar 4.4. Ilustrasi klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguatnya

1. *Fibrous/fiber Composites (Komposit Serat)*

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan penguat dari bahan serat atau fiber. Komposit jenis ini hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan saja. 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.

Pada komposit jenis ini, serat memiliki peranan penting sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari jenis serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu dalam pemilihan material filler,

serat yang digunakan harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. Serat atau Fiber yang digunakan sebagai filler komposit harus memiliki diameter yang lebih kecil dari diameter bulknya (matriksnya) namun harus lebih kuat dari bulknya. Material filler dari bahan serat juga harus mempunyai tensile strength yang tinggi.

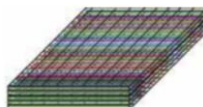
Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Komposit berpenguat serat di bedakan menjadi beberapa bagian antara lain:

- a) **Continuous Fiber Composites**, yaitu komposit yang menggunakan penguat serat yang tersusun secara berurutan (Continuous), serat yang digunakan dalam bentuk memanjang dan lurus membentuk lamina diantara matriksnya. Contoh dapat dilihat pada Gambar 4.5.



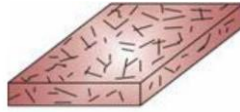
Gambar 4.5 *Continuous fiber composites*

- b) **Woven Fiber Composites**, adalah komposit yang menggunakan penguat serat anyaman dan komposit ini tidak terpengaruh pemisahan antar lapisan, akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan serta kekauannya tidak sebaik tipe Continuous Fiber. Contoh dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 *Woven fiber composites*

- c) **Chopped Fiber Composites**, adalah komposit yang diperkuat dengan serat yang dipotong pendek atau disusun secara acak. Contoh dapat dilihat pada Gambar 4.7.



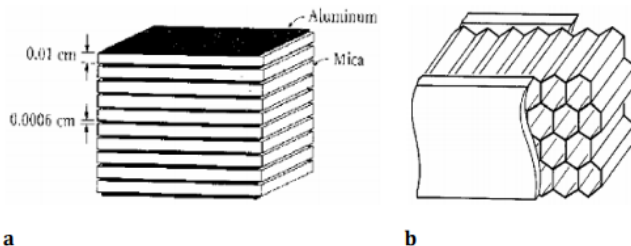
Gambar 4.7 *Chopped fiber composites*

- d) **Hybrid Composites**, adalah komposit yang diperkuat dengan beberapa gabungan serat yaitu serat secara continuous dengan serat secara acak. Pertimbangannya agar dapat meminimalisir kekurangan sifat dari kedua tipe dan menggabungkannya menjadi satu. Contoh pada Gambar 4.8.



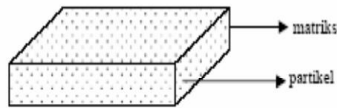
Gambar 4.8 *Hybrid composites*

2. **Laminated Composites** atau **structural composites** (Komposit Laminat), yaitu jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Komposit struktural terbentuk oleh penguat yang berupa lapisan atau lembaran-lembaran. Berdasarkan struktur, komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu struktur laminate dan struktur sandwich.



Gambar 4.9 Ilustrasi struktur *laminat* dan *sandwich*

3. **Particulate Composites** (Komposit Partikel) merupakan komposit yang bahan penguatnya berupa partikel/serbuk yang terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Kelebihan komposit dengan penguat berbentuk partikel adalah komposit yang dihasilkan memiliki kekuatan lebih seragam pada berbagai arah, dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material, arah penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi. Komposit jenis ini dapat diproduksi dengan melalui teknik metalurgi serbuk, stir casting, infiltration process, spray deposition, dan In-Situ process.



Gambar 4.10 *Particulate composites*

D. Kelebihan dan Kekurangan Material Komposit

Rekayasa material komposit mempunyai beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan bahan konvensional seperti logam. Kelebihan tersebut pada umumnya dilihat dari beberapa aspek yang penting seperti sifat fisik dan mekanik, daya guna (*reliability*), tingkat kemudahan proses produksi, dan dari segi biaya.

a. Sifat-sifat fisik dan mekanik

Pada dasarnya sifat fisik dan mekanik dari komposit yang terbentuk tidak lepas dari peranan penting bahan matriks dan penguat yang digunakan. Gabungan matriks dan filler dapat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional. Bahan komposit mempunyai massa jenis yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan bahan konvensional. Ini memberikan implikasi yang penting dalam konteks penggunaannya karena komposit akan menghasilkan material yang mempunyai

spesifikasi kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional. Implikasi kedua ialah produk komposit yang dihasilkan akan mempunyai elastisitas yang lebih rendah dari logam. Pengurangan massa adalah satu aspek yang penting dalam industri pembuatan seperti automobile dan angkasa lepas. Hal ini erat kaitannya dengan penghematan bahan bakar.

Dalam industri luar angkasa, komposit telah terbukti mampu menggantikan peran logam murni, hal ini karena komposit mempunyai tingkat ketahanan terhadap fatigue yang baik terutama komposit yang menggunakan serat karbon. Komposit mempunyai ketahanan terhadap korosi yang baik. Sedangkan logam sangat rentan terhadap korosi. Hal ini menyebabkan tingginya biaya perawatan material dari bahan logam dibandingkan bahan komposit.

b. Daya guna (*reability*)

Bahan komposit juga mempunyai kelebihan dari aspek daya guna. Bahan komposit dapat dibentuk sesuai dengan menggabungkan sifat-sifat menarik dari material penyusunnya, sehingga komposit yang dihasilkan mempunyai sifat spesifik sesuai kebutuhan. Contoh dengan menggabungkan lebih dari satu serat dengan matriks untuk menghasilkan komposit hibrid. Massa jenis bahan komposit lebih rendah (ringan) dibandingkan logam biasa. Komposit lebih kuat dan lebih ringan, ulet (*tough*) dan tidak getas, koefisien pemuaian yang rendah, tahan terhadap cuaca.

c. Biaya

Dalam perkembangan industri komposit, biaya memainkan peranan yang sangat penting. Biaya dalam proses produksi komposit terkait dengan beberapa aspek, yaitu meliputi biaya bahan mentah, biaya pemrosesan, tenaga manusia, dan sebagainya. Teknologi dan rekayasa material komposit lebih dipilih karena dalam proses produksinya

membutuhkan biaya yang lebih rendah dibandingkan material konvensional.

Selain mempunyai kelebihan, komposit juga mempunyai beberapa kekurangan, yaitu tidak tahan terhadap beban shock (kejut) dan crash (tabrak) dibandingkan dengan bahan logam/metal, komposit bersifat kurang elastis, dan lebih sulit dibentuk secara plastis.

E. Contoh Material Komposit

Semakin berkembangnya teknologi memungkinkan komposit dapat didesain sedemikian rupa sesuai dengan karakteristik material yang diinginkan sehingga dapat dibuat menjadi lebih kuat, ringan dan kaku. Dengan beberapa kelebihan tersebut, menyebabkan komposit banyak diaplikasikan dalam peralatan-peralatan teknologi tinggi di bidang industri, transportasi dan konstruksi bangunan. Material komposit sebenarnya telah lama dikembangkan dan kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa contoh aplikasi material komposit yaitu:

1. Pada teknologi air craft: meliputi komponen pesawat terbang, helikopter, dan pesawat luar angkasa.



Gambar 4.11 Penggunaan komposit pada teknologi air craft

2. Pada *automobile*: meliputi komponen mesin dan komponen mobil



Gambar 4.12 Penggunaan komposit pada automobile

3. Olah raga dan rekreasi: Sepeda, Stick golf, Raket tenis, Sepatu olah raga



Gambar 4.13 Penggunaan komposit pada bidang olah raga dan rekreasi

F. BIOKOMPOSIT

Biokomposit atau biocomposites berasal dari dua kata, yaitu bio dan komposit. Bio berarti semua material atau bahan yang berasal dari makhluk hidup, sedangkan komposit berarti material baru yang dihasilkan dengan menggabungkan dua jenis material atau lebih yang berbeda sifat, karakteristik, dan komposisinya. Jadi dengan kata lain biokomposit adalah material komposit yang bahan dasarnya berasal dari makhluk hidup, baik itu matriksnya saja, atau filler saja, maupun keduanya. Atau dengan kata lain biokomposit dapat didefinisikan sebagai bahan yang dihasilkan oleh dua bahan atau lebih yang digabungkan menjadi satu, dengan bahan dasar yang berasal dari makhluk hidup atau bahan yang dapat diperbaharui.

Biokomposit dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu biokomposit alami dan biokomposit sintetik atau yang dibuat manusia. Biokomposit alami yang pertama dijumpai pada kayu atau bahan berlignoselulosa lain. Sedangkan biokomposit kelompok yang kedua dapat dijumpai mulai dari pengolahan kayu sederhana dengan menambahkan bahan lain, atau menggabungkan dua jenis kayu atau lebih. Sejarah urutan rekayasa biokomposit dimulai tahun 1910, yaitu pembuatan komposit plywood. Pada tahun 1940 pembuatan komposit *particleboard*, selanjutnya pada tahun 1950 mulai dibuat komposit *hardboard*. Komposit yang berasal dari sisa bahan pertanian seperti jerami atau merang dimulai tahun 1941 dengan ditemui bahan bodi mobil berasal dari komposit merang, kapas, hemp, flax, rami, dan pinus yang menggunakan perekat kedelai dan bioresin. Komposit structural seperti structural composit lumber (SCL) dan produk kayu engineer dimulai tahun 1990.

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kekayaan alam yang melimpah. Tanah yang subur, hutan dan lautan yang luas menjadikan negara kita kaya akan hasil serat alam. Serat alam atau bisa dibilang sebagai serat alami ini yang biasanya didapat dari serat tumbuhan (pepohonan) seperti pohon bambu, pohon kelapa, pohon pisang serta tumbuhan lain yang terdapat serat pada batang maupun daunnya. Serat alam yang berasal dari binatang, antara lain sutera, ilama dan wool. Penelitian dan penggunaan serat alami berkembang dengan sangat pesat dewasa ini karena serat alami banyak memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat buatan (rekayasa), keunggulan dari serat alami seperti beban lebih ringan, bahan mudah didapat, harga relatif murah dan yang paling penting ramah lingkungan terlebih Indonesia memiliki kekayaan alam yang begitu melimpah. Penggunaan serat alami dewasa ini sudah merambah berbagai bidang kehidupan manusia, layaknya serat buatan, serat alami juga mampu digunakan sebagai modifikasi dari serat buatan.

Penelitian tentang penggunaan serat alam sebagai bahan tambahan dalam pembuatan komposit semakin banyak dilakukan di Indonesia. Kekayaan alam yang melimpah juga diiringi dengan limbah yang dihasilkan. Limbah organik yang masih dapat diambil manfaatnya

banyak dijadikan sebagai material tambahan dalam pembuatan komposit. Beberapa limbah organik yang kaya akan serat alami dimanfaatkan sebagai bahan baku komposit misalnya adalah sekam padi, kulit jagung, ampas tebu, dan serabut kelapa. Pemanfaatan limbah tersebut sebagai bahan baku komposit telah banyak menghasilkan produk atau material baru yang bernilai guna dan bermanfaat bagi kehidupan manusia juga diharapkan dapat mendukung salah satu program pemerintah untuk mengatasi masalah limbah atau sampah menuju lingkungan yang bersih, sehat, dan bebas dari sampah (*zero waste*).

BAB 5

PRODUK BIOKOMPOSIT DARI LIMBAH ORGANIK

A. Batako Ringan Dari Kulit Jagung

Penelitian ini dilakukan oleh penulis dalam Program Penelitian Dosen Pemula Hibah Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi untuk pendanaan Tahun 2020. Penelitian ini mencoba mengupayakan memanfaatkan limbah kulit jagung menjadi suatu produk yang bernilai tinggi dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat secara mudah. Peneliti mencoba memanfaatkan limbah kulit jagung sebagai bahan campuran dalam pembuatan komposit batako sehingga dapat menghasilkan batako ringan yang bernilai tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan limbah kulit jagung dalam bentuk serbuk halus. Serbuk kulit jagung didapatkan dari UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Kota Batu Malang. Penggunaan kulit jagung dalam bentuk serbuk halus dipilih agar dalam proses pencampuran bahan lebih mudah dan ikatan antar partikel penyusun batako menjadi lebih kuat. Karena semakin kecil ukuran partikel penyusun suatu material, maka semakin besar luas permukaan pembentuk ikatan antar partikelnya. Semakin luas permukaan pembentuk ikatan antar partikel, maka semakin besar ikatan antar partikel penyusun material. Sehingga material yang dihasilkan mempunyai sifat mekanik yang bagus.



Gambar 5.1 Bahan baku pembuatan komposit batako ringan (Pasir, semen, dan serbuk kulit jagung)

Preparasi sampel dilakukan dengan mencampurkan serbuk kulit jagung, semen, pasir, dan air. Setelah tercampur merata, dilakukan proses pencetakan dan pengepresan komposit batako dengan metode padatan. Wadah pencetak berupa silinder berdiameter dan tinggi 10x20cm. Proses pemanasan sampel batako dengan memanfaatkan panas matahari selama kurang lebih 28 hari. Dalam pembuatan batako ini menggunakan teknologi komposit, yaitu teknik pencampuran atau penggabungan dua jenis material atau lebih dengan tujuan tertentu. Tujuan dalam penelitian ini adalah menghasilkan produk komposit yang berupa batako ringan tetapi memiliki kualitas dan sifat mekanik yang baik.

Tabel 5.1. Variasi komposisi serbuk kulit jagung pada sampel batako

Kode sampel	Semen (%)	Kulit Jagung (%)	Tanpa mortar	Dengan mortar
S ₂₀ J ₀ T	20	0	√	-
S ₂₀ J ₁₀ T	20	10	√	-
S ₂₀ J ₂₀ T	20	20	√	-
S ₂₀ J ₃₀ T	20	30	√	-
S ₂₀ J ₄₀ T	20	40	√	-
S ₂₀ J ₅₀ T	20	50	√	-
S ₂₀ J ₀ M	20	0	-	√
S ₂₀ J ₁₀ M	20	10	-	√
S ₂₀ J ₂₀ M	20	20	-	√
S ₂₀ J ₃₀ M	20	30	-	√
S ₂₀ J ₄₀ M	20	40	-	√
S ₂₀ J ₅₀ M	20	50	-	√
S ₃₀ J ₀ T	30	0	√	-
S ₃₀ J ₁₀ T	30	10	√	-
S ₃₀ J ₂₀ T	30	20	√	-
S ₃₀ J ₃₀ T	30	30	√	-
S ₃₀ J ₄₀ T	30	40	√	-
S ₃₀ J ₅₀ T	30	50	√	√
S ₃₀ J ₀ M	30	0	-	√
S ₃₀ J ₁₀ M	30	10	-	√

S ₃₀ J ₂₀ M	30	20	-	√
S ₃₀ J ₃₀ M	30	30	-	√
S ₂₀ J ₄₀ M	30	40	-	√
S ₂₀ J ₅₀ M	30	50	-	√

Gambar 5.2 (b) adalah sampel batako ringan dengan tambahan serbuk kulit jagung sebelum dikeringkan dan setelah dikeringkan selama 28 hari. Batako yang telah dikeringkan selama 28 hari ditandai dengan berubahnya warna dari abu-abu gelap menjadi abu-abu terang sampai putih. Hal ini menunjukkan bahwa semen telah mencapai tingkat kekerasan yang maksimal. Pada sampel yang telah dikeringkan, semakin banyak volume kulit jagung yang ditambahkan maka warna sampel semakin coklat kekuningan.



(a)

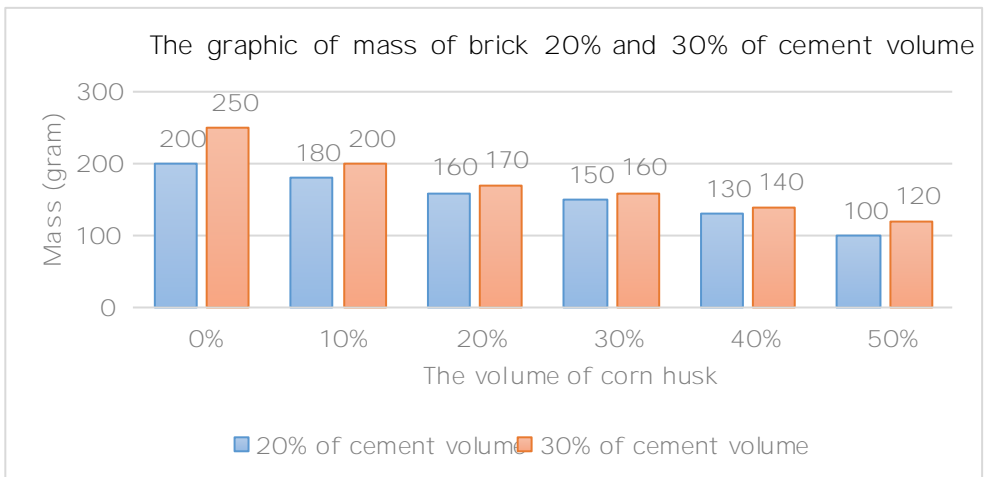
(b)

Gambar 5.2 Komposit batako ringan (a) sebelum dipanaskan dan (b) setelah dipanaskan selama 28 hari

Batako ringan yang telah dikeringkan menggunakan sinar matahari selama 28 hari dikarakterisasi untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan serbuk kulit jagung terhadap kuat tekan, nilai densitas, dan porositasnya. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Aris Pratama pada tahun 2014, komposit batako ringan dengan memanfaatkan limbah sekam padi memperoleh hasil semakin besar komposisi sekam padi yang ditambahkan, maka semakin ringan batako yang dihasilkan. Akan tetapi nilai densitas dan kekuatan batako yang dihasilkan menjadi semakin kecil. Dalam penelitian ini, dibuat variasi sampel batako dengan tanpa tambahan mortar semen dan sampel dengan tambahan mortar semen pada bagian luarnya. Dengan adanya

penambahan lapisan mortar semen pada bagian luar batako diharapkan dapat memperkecil nilai penurunan sifat fisik dan mekanik pada batako yang dihasilkan.

Gambar 5.3 menunjukkan bahwa semakin banyak volume serbuk kulit jagung yang ditambahkan, maka komposit batako yang dihasilkan semakin kecil nilai massanya. Artinya semakin besar prosentase serbuk kulit jagung yang digunakan, semakin ringan batako yang dihasilkan. Dari grafik juga dapat diamati secara umum massa batako dengan volume semen 20% lebih ringan massanya bila dibandingkan dengan batako 30% volume semen. Semakin kecil massa batako, maka semakin ringan beban mati yang harus diterima struktur dalam sebuah bangunan.

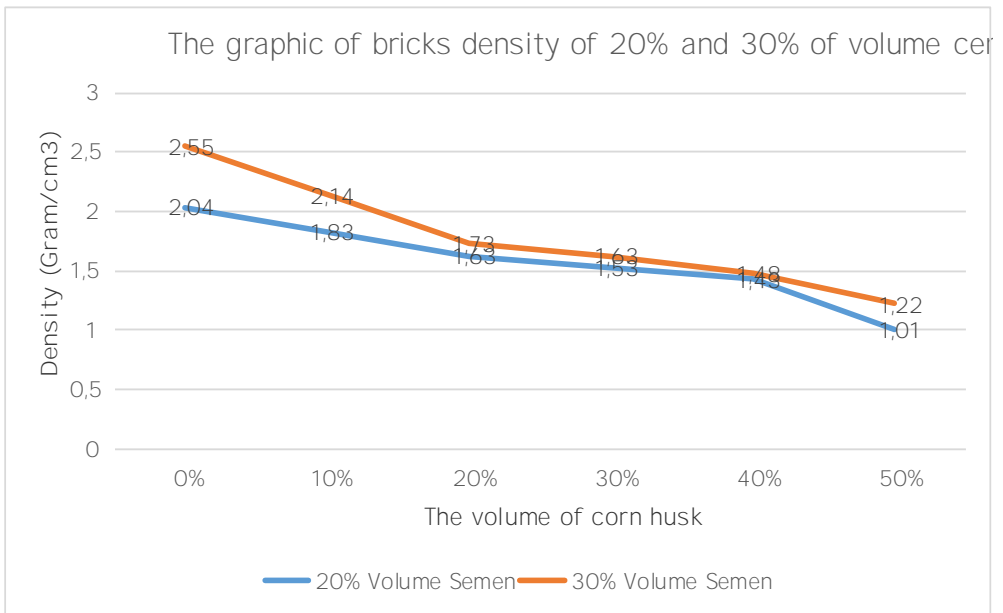


Gambar 5.3 Grafik massa batako ringan

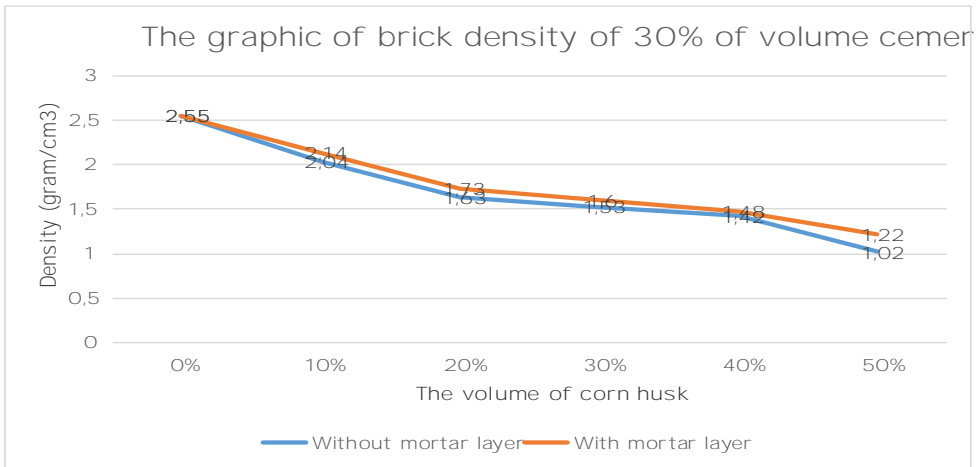
Ada tiga macam data yang didapatkan dari karakterisasi sampel batako, yaitu data hasil uji densitas, porositas dan uji kuat tekan. Dari hasil uji densitas pada Gambar 5.4 di bawah ini menunjukkan bahwa secara umum semakin besar prosentase volume serbuk kulit jagung yang ditambahkan pada sampel, maka nilai densitasnya semakin kecil. Batako dengan prosentase semen 30% mempunyai nilai densitas yang lebih baik dibandingkan dengan batako 20% volume semen. Hal ini disebabkan semakin banyak semen yang ditambahkan berarti semakin

besar ikatan antar partikel penyusun batako, karena pada dasarnya semen berfungsi sebagai pengikat partikel-partikel penyusun batako. Semakin besar ikatan antar partikel penyusun suatu material, maka semakin besar pula densitas dari material tersebut. Semakin besar nilai densitas batako, maka sifat fisis dan mekanik batako yang dihasilkan juga semakin besar.

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa penambahan lapisan mortar semen pada bagian luar batako dapat mengurangi penurunan nilai densitas dari batako. Meskipun nilai densitas sampel yang tanpa lapisan mortar maupun dengan lapisan mortar tidak jauh berbeda, akan tetapi paling tidak penambahan lapisan mortar dari semen ini dapat menambah ikatan antar partikel meskipun hanya pada bagian luar sampel saja.



Gambar 5.4 Grafik densitas batako 20% dan 30% Volume semen

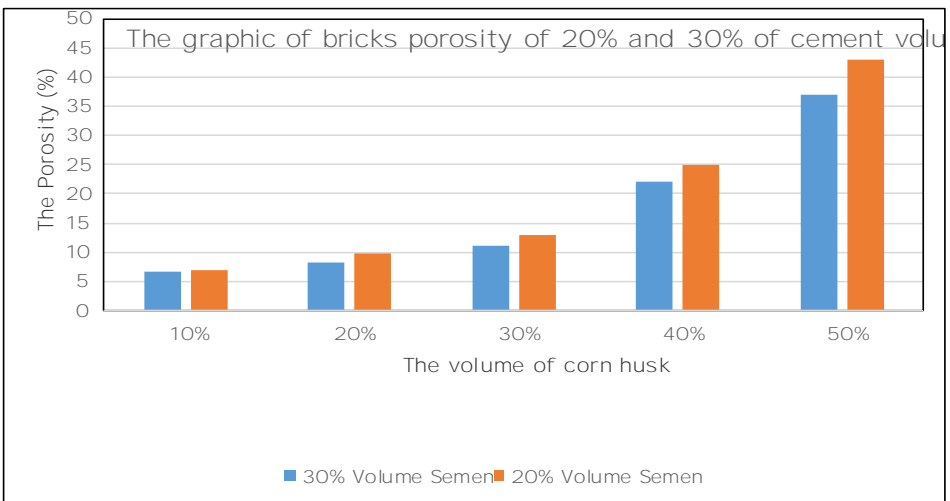


Gambar 5.5 Grafik densitas batako 30% volume semen dengan dan tanpa lapisan mortar

Pengujian tingkat porositas pada sampel batako dilakukan untuk mengetahui jumlah ruang kosong atau pori-pori kecil pada sampel batako. Pengujian porositas dilakukan dengan cara menimbang sampel dalam keadaan kering (mk). Selanjutnya sampel direndam di dalam air sampai semua bagian sampel terendam selama 24 jam. Perendaman selama 24 jam untuk memberikan kesempatan agar air bisa mengisi pori-pori kecil atau ruang kosong secara sempurna. Setelah terendam selama 24 jam, sampel kemudian ditimbang untuk mengetahui massa basah sampel (mb). Selisih massa basah dengan massa kering sampel dibandingkan dengan massa kering, kemudian dikalikan 100%, maka akan mendapatkan nilai porositas sampel.

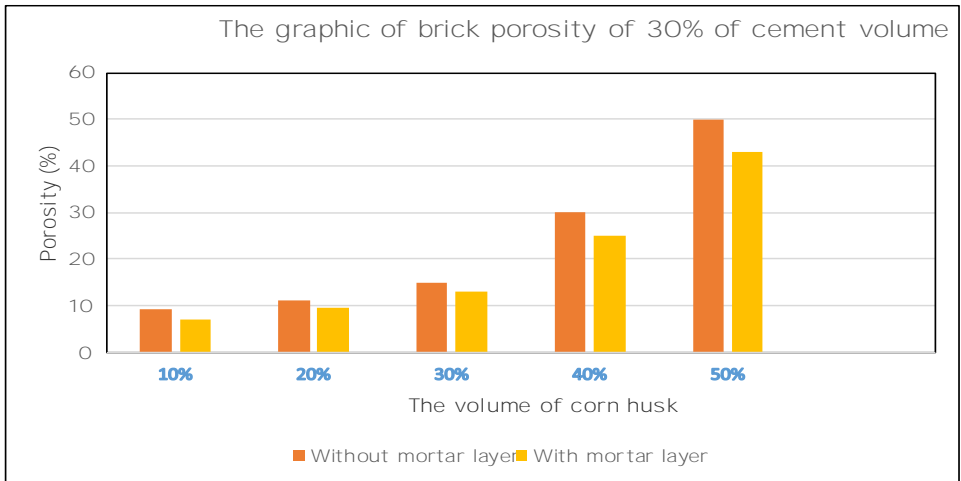
Dari gambar 5.6 di bawah dapat diamati bahwa secara umum nilai porositas sampel batako semakin besar seiring dengan peningkatan jumlah prosentase kulit jagung yang ditambahkan. Rata-rata nilai porositas sampel dengan volume semen 30% lebih kecil bila dibandingkan dengan sampel 20% volume semen. Semen mempunyai kemampuan untuk mengikat partikel-partikel penyusun material. Semakin besar volume semen, maka ikatan antar partikel penyusun semakin kuat dan jarak antar partikel semakin kecil. Sehingga jumlah ruang kosong atau rongga udara juga semakin kecil. Sampel yang

mempunyai nilai porositas terbesar adalah sampel 20% volume semen dengan tambahan serbuk kulit jagung 50%. Semakin besar nilai porositas suatu material menunjukkan tingkat kerapuhan material tersebut semakin besar. Hal ini dapat dijelaskan bahwa jika porositas material tinggi, maka semakin banyak rongga udara atau ruang kosong dalam material tersebut. Hal ini menyebabkan jarak antar partikel semakin jauh, sehingga ikatan antar partikel semakin kecil. Jika ikatan antar partikel kecil, maka material tersebut mudah untuk dipatahkan atau bisa dikatakan sifat fisis dan mekaniknya rendah.



Gambar 5.6 Grafik porositas batako ringan 20% dan 30% volume semen

Gambar 5.7 berikut menunjukkan bahwa tingkat porositas sampel batako yang diberikan lapisan mortar semen lebih kecil bila dibandingkan dengan sampel batako tanpa lapisan mortar semen. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada saat pengujian porositas sampel batako menggunakan prinsip penyerapan air. Pada batako yang dilapisi mortar semen di bagian permukaan, maka lapisan mortar tersebut berperan sebagai pelindung/perisai yang akan menghalangi proses penyerapan air pada pada saat pengujian porositas batako.

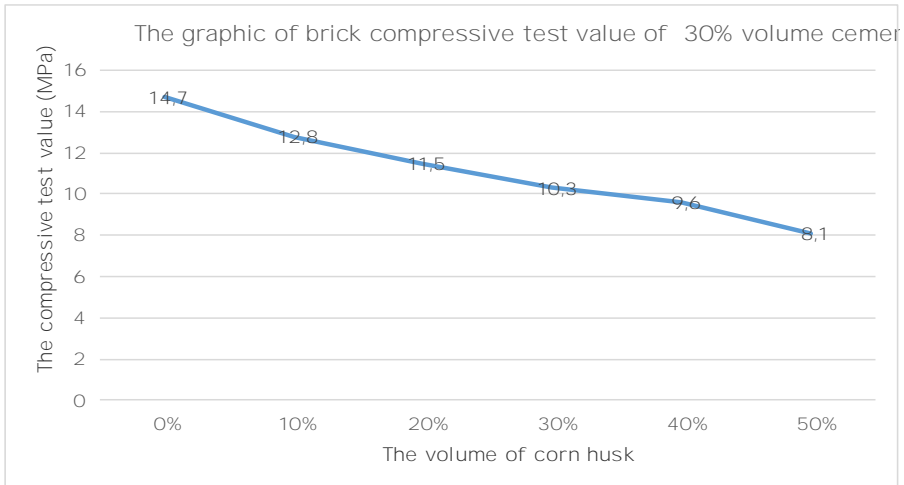


Gambar 5.7 Grafik porositas batako dengan dan tanpa lapisan mortar

Uji kuat tekan pada sampel batako dilakukan di laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang. Efisiensi kuat tekan beton dalam SK SNI M-4-1979-F adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda atau sampel uji hancur pada saat diberikan gaya tekan. Tekanan yang diberikan pada sampel uji sangat besar, sehingga sampel batako ringan tersebut akan retak kemudian hancur. Gambar 5 di atas menunjukkan hasil uji tekan pada komposit batako ringan serbuk kulit jagung. Nilai rentang kekuatan tekan pada sampel batako dengan kandungan kulit jagung antara 0% sampai 50% dari volume total bahan sampel adalah 8,1 MPa – 14,7 MPa. Nilai kekuatan tekan sampel batako ringan menurun seiring dengan bertambahnya prosentase volume serbuk kulit jagung yang digunakan. Semakin banyak jumlah serbuk kulit jagung menyebabkan adanya distribusi porositas semakin banyak di dalam batako tersebut dan pengurangan jumlah pasir batako akan menyebabkan berkurangnya kemampuan batako untuk menahan deformasi plastis. Hal ini ditandai dengan penurunan nilai kekuatan tekan pada sampel batako. Porositas di dalam bahan menyebabkan kerapatan antar partikel semakin kecil, padahal kerapatan merupakan salah satu sifat yang sangat penting bagi ikatan antar partikel. Semakin tinggi kerapatan maka semakin baik kekuatan batako (Widarmana, 1979 dan Zakaria, 1996)



Gambar 5.8 Batako ringan yang telah diuji kuat tekan



Gambar 5.9 Grafik nilai uji kuat tekan batako ringan 30% volume semen

Penambahan kulit jagung pada komposit batako dapat menghasilkan batako ringan. Akan tetapi semakin besar prosentase serbuk kulit jagung yang ditambahkan, menyebabkan semakin kecil nilai densitas dan kuat tekan batako yang dihasilkan. Sebaliknya nilai porositas batako semakin besar seiring dengan semakin banyaknya prosentase kulit jagung yang ditambahkan. Mengecilnya nilai densitas, nilai kuat tekan dan naiknya nilai porositas batako menyebabkan turunnya tingkat kepadatan, sifat fisis dan mekanik batako yang dihasilkan. Penambahan lapisan mortar semen dapat memperkecil turunnya tingkat kepadatan, sifat fisis dan mekanik batako yang dihasilkan.

B. Batako Ringan Memanfaatkan Sekam Padi

Penelitian tentang komposit batako ringan dengan memanfaatkan sekam padi yang dilakukan oleh Aris Pratama ini bertujuan untuk menghasilkan komposit batako ringan dan mengetahui bagaimana pengaruh penambahan sekam padi terhadap sifat mekanik batako dan penyerapan redam suara pada batako yang dihasilkan. Dalam pembuatan komposit ini, Aris menggunakan metode padatan. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 5 cm dan tinggi 4 cm. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan komposit batako ini adalah pasir, semen, air, dan sekam padi. Sebanyak 21 sampel dibuat dengan tujuan untuk mengetahui dan mencari komposisi sampel yang menghasilkan batako dengan kualitas yang terbaik. Variasi semen yang digunakan yaitu 10%, 20%, dan 30% dengan prosentase volume. Sampel batako yang telah dikeringkan selama 28 hari selanjutnya dikarakterisasi. Karakterisasi yang dilakukan berupa uji densitas, uji porositas, dan uji kuat tekan untuk mengetahui sifat mekanik sampel batako, serta uji redam suara.

Sekam padi merupakan salah satu jenis limbah organik yang berasal dari padi. Padi merupakan salah satu makanan pokok bangsa Indonesia. Jumlah padi yang melimpah tentunya diiringi dengan banyaknya limbah sekam padi yang dihasilkan. Selama ini pemanfaatan limbah sekam padi belum maksimal. Sekam padi hanya terbatas digunakan sebagai bahan baku industri, abu gosok, maupun bahan bakar dalam pembuatan batu bata. Aris tertantang untuk memanfaatkan limbah sekam padi yang jumlahnya sangat melimpah menjadi suatu produk yang bermanfaat dan bernilai tinggi.

Kebutuhan manusia untuk memiliki tempat tinggal yang nyaman adalah menjadi skala prioritas. Demikian pula halnya dengan hiburan. Saat ini menikmati hiburan musik, bermain musik, dan menonton bioskop telah menjadi salah satu aktifitas manusia untuk menghilangkan kejenuhan. Meningkatnya standar hidup masyarakat terhadap kebutuhan ruang musik dan film atau yang kita kenal dengan sebutan home-theatre dalam rumah. Hal ini menyebabkan kebisingan di sekitar bangunan meningkat. Diperlukan suatu bahan bangunan dalam pembuatan dinding ruangan yang dapat mengurangi tingkat kebisingan

suara. Limbah sekam padi merupakan salah satu bahan akustik yang diharapkan dapat membantu mengurangi kebisingan suara. Sekam padi mempunyai karakteristik emisi akustik yang dipengaruhi oleh jenis sekam padi, kelembaban, modulus elastisitas, dan kandungan bahan yang terkandung pada sekam padi. Jumlah limbah sekam padi yang melimpah sekaligus mempunyai nilai ekonomis yang terjangkau oleh masyarakat. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Aris ini diharapkan akan menghasilkan komposit batako yang kuat secara mekanik dan mampu menyerap tingkat kebisingan suara.

Pembuatan sampel diawali dengan proses pembersihan sekam padi dari semua kotoran yang menempel seperti tanah, debu, dedaunan, dan bahan-bahan pengotor yang lain. Langkah selanjutnya menyiapkan bahan-bahan yang dibutuhkan seperti air, pasir, dan semen. Pembuatan batako ringan ini dilakukan dengan metode padatan. Cetakan yang digunakan berupa silinder dengan tinggi 4 cm dan diameter 5 cm. Semua bahan yang telah diukur volumenya sesuai dengan yang diinginkan kemudian dicampurkan sampai merata. Bahan yang telah tercampur merata selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan. Pemanasan komposit batako ringan dilakukan dengan menggunakan panas matahari selama kurang lebih 28 hari. Pada usia 28 hari semen mempunyai nilai kekerasan maksimum, hal ini ditandai dengan adanya perubahan warna semen dari gelap menjadi lebih terang. Setelah kering sampel batako dikeluarkan dari cetakan. Sebanyak 21 sampel yang telah dibuat dapat dikarakterisasi. Berikut ini variasi prosentase volume bahan penyusun komposit batako yang digunakan dalam penelitian:

Tabel 5.2 Komposisi sekam padi pada batako

Kode Sampel	Semen (%)	Pasir (%)	Sekam Padi (%)
S ₁₀ SP ₁₀	10	80	10
S ₁₀ SP ₂₀	10	70	20
S ₁₀ SP ₃₀	10	60	30
S ₁₀ SP ₄₀	10	50	40
S ₁₀ SP ₅₀	10	40	50
S ₁₀ SP ₆₀	10	30	60
S ₁₀ SP ₇₀	10	20	70

S ₁₀ SP ₈₀	10	10	80
S ₂₀ SP ₁₀	20	70	10
S ₂₀ SP ₂₀	20	60	20
S ₂₀ SP ₃₀	20	50	30
S ₂₀ SP ₄₀	20	40	40
S ₂₀ SP ₅₀	20	30	50
S ₂₀ SP ₆₀	20	20	60
S ₂₀ SP ₇₀	20	10	70
S ₃₀ SP ₁₀	30	60	10
S ₃₀ SP ₂₀	30	50	20
S ₃₀ SP ₃₀	30	40	30
S ₃₀ SP ₄₀	30	30	40
S ₃₀ SP ₅₀	30	20	50
S ₃₀ SP ₆₀	30	10	60

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan komposisi sekam padi terhadap sifat mekanik dan akustik dari sampel batako yang dihasilkan. Variasi prosentasi volume bahan penyusun batako dibuat dengan tujuan untuk mengetahui sampel batako yang mempunyai karakter yang terbaik. Dari variasi perbedaan prosentase volume bahan penyusun dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase volume sekam padi yang digunakan, maka semakin sedikit volume pasir dan semen pada sampel.

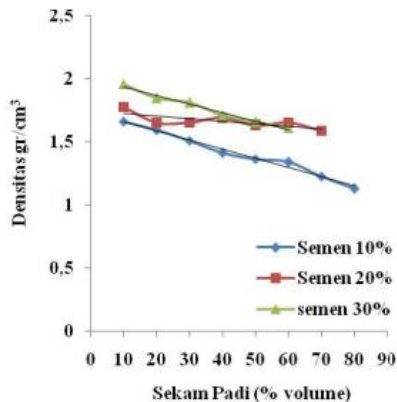


Gambar 5.10 Komposit batako pada saat pemanasan dan siap dikarakterisasi

Karakterisasi sifat mekanik dan fisis batako dilakukan dengan pengujian nilai densitas, porositas, dan uji tekan pada sampel batako. Pengukuran densitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kepadatan

suatu bahan. Nilai porositas sampel adalah nilai yang menunjukkan perbandingan antara jumlah volume lubang-lubang kosong dalam material padat (volume kosong) dengan jumlah total dari material itu sendiri. Pengukuran porositas dilakukan dengan cara menimbang sampel kering (mk), selanjutnya sampel direndam selama 24 jam sampai seluruh volume kosong di dalam sampel terisi air dan ditimbang massanya (mb). Hasil pengujian densitas berbanding terbalik dengan nilai porositas. Semakin besar nilai densitas suatu bahan, maka berarti semakin besar tingkat kerapatan bahan-bahan penyusun sampel. Sebaliknya semakin besar nilai porositas maka semakin banyak volume kosong (rongga udara) di dalam sampel.

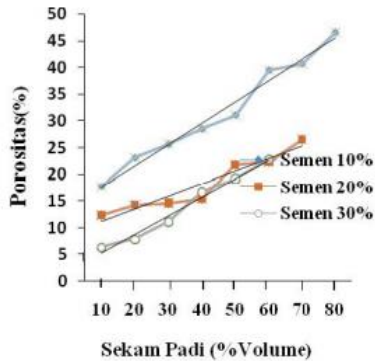
Dari pengukuran densitas semua sampel dalam penelitian ini didapatkan nilai berkisar antara 1.96 gram/cm^3 – 1.13 gram/cm^3 . Nilai densitas sampel terbesar adalah pada sampel $S_{30SP_{10}}$. Hal ini dapat dijelaskan karena pada sampel tersebut jumlah semen dan pasir yang digunakan paling banyak, sedangkan sekam padi hanya 10 % volume. Jumlah semen yang banyak dalam sampel menjadikan sampel mempunyai pengikat yang sangat baik. Proses pengikatan yang baik diantara bahan-bahan penyusun sampel akan menjadikan nilai densitas sampel naik. Berikut ini adalah grafik hasil pengukuran densitas sampel batako:



Gambar 5. 11 Grafik hasil uji densitas

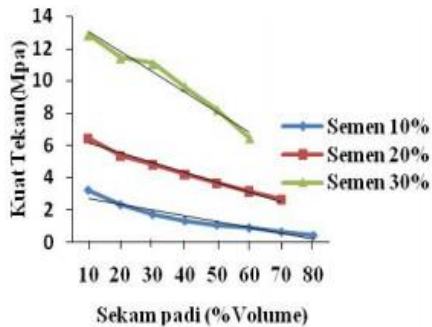
Hasil pengujian porositas sampel menunjukkan semakin besar prosentase volume sekam padi yang digunakan, maka semakin besar

pula nilai porositas sampel yang dihasilkan. Hasil pengujian nilai porositas semua sampel berkisar antara 46.5–6.4%. Nilai porositas terbesar yaitu 46.55 % pada sampel S₁₀SP₈₀. Semakin besar nilai porositas suatu bahan maka tingkat kerapuhannya juga semakin besar. Berikut ini adalah hasil uji nilai porositas sampel.



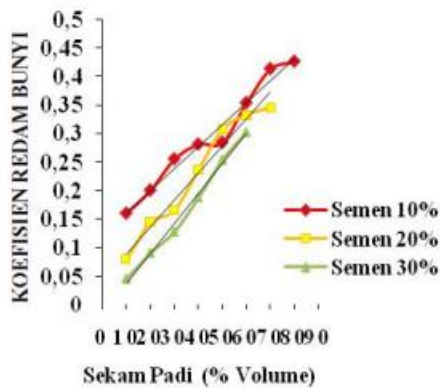
Gambar 5.12 Grafik hasil uji porositas

Karakterisasi uji kuat tekan dilakukan dengan membebani sampel sampai sampel hancur. Efisiensi kuat tekan batako adalah besarnya nilai beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur pada saat diberikan gaya tekan. Hasil dari pengujian kuat tekan sampel dalam penelitian ini berkisar antara 0.43 Mpa – 12,84 MPa. Besarnya nilai kuat tekan berbanding terbalik dengan jumlah prosentase volume sekam padi yang digunakan. Semakin besar prosentase volume sekam padi yang digunakan, maka nilai kuat tekan sampel batako semakin kecil. Pengaruh penambahan sekam padi menyebabkan adanya porositas yang terdistribusi di dalam batako tersebut. Semakin besar jumlah porositas di dalam batako maka nilai kuat tekan semakin kecil. Sebaliknya apabila nilai densitas atau kerapatan partikel penyusun material, maka nilai kuat tekan sampel semakin besar. Berikut ini adalah grafik hasil pengukuran kuat tekan sampel batako.



Gambar 5.13 Grafik hasil uji tekan

Pengujian nilai redam suara dalam penelitian ini menunjukkan nilai koefisien absorpsi suara, yaitu merupakan perbandingan antara energi suara yang diserap bahan dengan energi suara yang datang ke permukaan bahan dengan asumsi tidak ada energi suara yang ditransmisikan. Dari hasil uji redam suara semua sampel menunjukkan nilai berkisar antara 0.42 – 0.05. Nilai koefisien absorpsi suara yang paling baik adalah sebesar 0.42 atau 42% pada sampel $S_{10}SP_{80}$. Nilai tersebut memenuhi standar bahan akustik peredam suara.



Gambar 5. 14 Grafik hasil uji serap suara

Dari hasil karakterisasi yang telah dilakukan sampel $S_{10}SP_{80}$ mempunyai nilai redam suara paling baik yang memenuhi standar ISO 11654 yaitu sebesar 42%, namun nilai densitasnya sebesar 1,13

gram/cm³, porositas 0.46, dan nilai kuat tekan sebesar 0.43 MPa. Pada sampel S30SP50 mempunyai karakteristik terbaik yaitu nilai kuat tekan sebesar 8.20 MPa memenuhi standar kuat tekan ACI dan nilai absorpsi suara sebesar 25% memenuhi kuat redam ISO 11654.

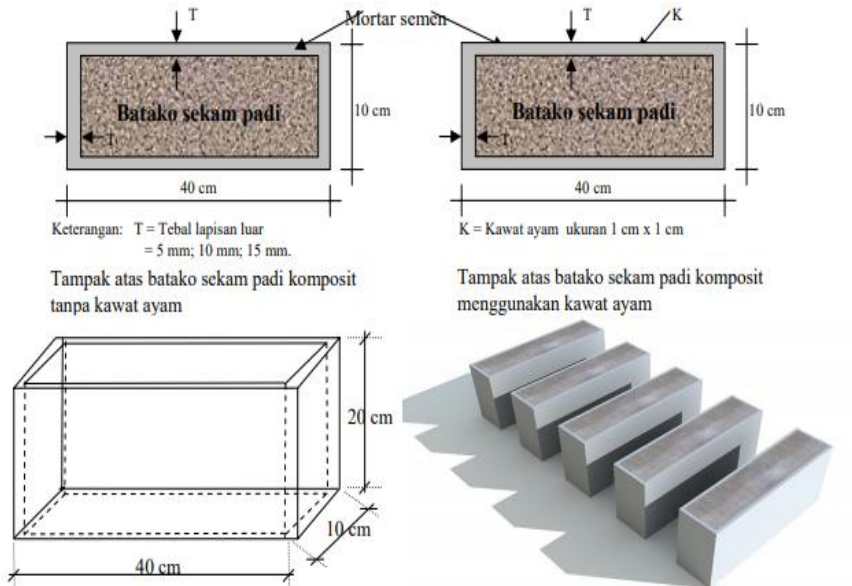
C. Batako Sekam Padi Mortar Semen

Penelitian ini dilakukan oleh Dedy Sumaryanto dkk, memanfaatkan limbah sekam padi sebagai dalam pembuatan batako ringan dengan menambahkan lapisan mortar semen pada bagian luar batako. Dari penelitian sebelumnya, pembuatan batako ringan dengan memanfaatkan sekam padi ternyata mempengaruhi sifat mekanik dari batako yang dihasilkan. Semakin banyak volume sekam padi yang ditambahkan maka semakin ringan batako yang dihasilkan, akan tetapi kekuatan batako yang didapatkan semakin kecil. Dedy mencoba memperbaiki kekuatan batako dengan memberikan lapisan mortar semen yang berupa campuran semen dan pasir pada bagian luar batako yang dihasilkan.

Selama ini masyarakat Indonesia sudah mengenal penggunaan batu bata dan batako sebagai bahan pembuatan dinding bangunan. Namun bahan-bahan tersebut mempunyai kelemahan tersendiri yaitu berat per meter kubiknya yang cukup besar sehingga berpengaruh terhadap besarnya beban mati yang bekerja pada struktur bangunan. Beban mati pada struktur bangunan dapat diminimalkan dengan pengurangan berat sendiri yaitu dengan menggunakan bahan-bahan yang ringan. Berbagai macam cara ditempuh untuk mengantisipasi, yaitu penggunaan bahan-bahan alternatif berupa penggunaan bahan limbah dari jenis bahan organik dan anorganik. Salah satu jenis bahan limbah yang bersifat organik tersebut adalah sekam padi yang merupakan limbah yang terdapat pada lingkungan penggilingan padi yang saat ini belum optimal dalam pemanfaatannya.

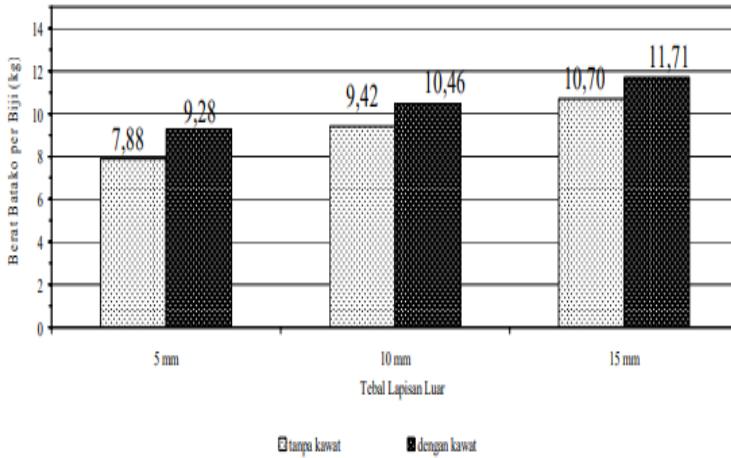
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekam padi sebagai bahan pengisi campuran bagian dalam, pasir sebagai bahan pengisi campuran lapisan luar, bahan tambvah viscocrete – 10, semen portland tipe I merek Semen Gresik 50 kg/kantong sebagai perekat, kawat ayam, dan air. Benda uji batako panjang 400 mm, lebar 100 mm

dan tinggi 200 mm, silinder beton diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, dan kubus mortar 50 mm x 50 mm x 50 mm. Berikut adalah sketsa rencana pembuatan benda uji dan ilustrasi batako sekam padi mortar semen, seperti yang terlihat pada gambar 5.15.

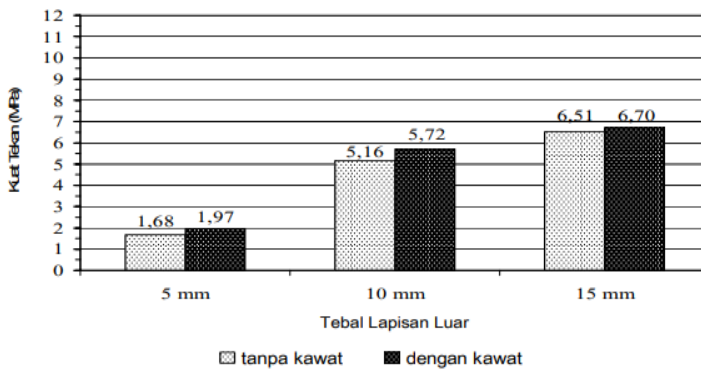


Gambar 5.15 Sketsa dan Ilustrasi batako sekam padi mortar semen

Dari Gambar 5.16 dan Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa semakin tebal lapisan yang diberikan pada batako sekam padi maka kuat tekannya akan semakin tinggi, begitu juga untuk beratnya akan semakin besar. Disisi lain pemakaian kawat ayam pada batako sekam padi komposit juga memberikan penambahan berat. Hal ini sebanding dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan. Untuk perhitungan berat per biji dihitung berdasarkan berat rerata dari masing-masing variasi batako sekam padi komposit. Sedangkan untuk berat per m² luas dinding adalah perhitungan dari berat per biji dikalikan dengan jumlah batako untuk 1 m² (± 13 batako). Berat per biji dan per m² luas dinding dari masing-masing variasi batako sekam komposit.



Gambar 5.16 Grafik hubungan antara tebal lapisan mortar dengan berat batako



Gambar 5.17 Grafik hubungan antara tebal lapisan mortar dengan kuat tekan batako

Bila dilihat dari segi ekonomis dan berat batako, sebaiknya penggunaan kawat ayam pada batako sekam komposit tidak perlu dilakukan lagi. Selain berat batakonya bertambah, kuat tekan yang diperoleh relatif tidak jauh berbeda dengan batako sekam komposit variasi tanpa kawat, dimana masing-masing batako sekam komposit mortar semen variasi tebal lapisan 10 mm dan 15 mm tanpa kawat ayam telah memenuhi persyaratan kuat tekan minimum batako menurut SNI 03-0349-1989.

D. Memanfaatkan Ampas Tebu Untuk Genteng Elastis

Penelitian ini dilakukan oleh Mis Ariska AJ Rambe dkk, peneliti mencoba membuat inovasi genteng elastis dengan memanfaatkan limbah ampas tebu. Perkembangan akhir-akhir ini akan atap rumah sudah mempunyai berbagai macam tipe dan bahan penyusunnya. Seperti bahan Zn (seng) dan bahan Al (aluminium) yang sudah banyak dipasarkan. Namun dari segi harga bisa jadi kurang ekonomis. Sehingga dibuatlah suatu genteng yang memiliki ketahanan akan air, kelembaban (korosi).Yakni dengan melakukan pencampuran bahan khusus yang elastis, memiliki daya tahan terhadap panas, air,kelembaban dan bermassa yang cukup ringan dengan mencampurkan serat dari bahan organik yang sudah tidak digunakan lagi. Dengan itu kita telah melakukan dua tujuan yakni, mencegah global warming, memanfaatkan suatu bahan yang tidak bernilai guna (limbah) menjadi suatu produk yang bernilai tinggi.

Genteng elastis merupakan suatu material yang ringan dimana campurannya terdiri dari agregat pasir sebagai pengisi, aspal sebagai perekat dan serat ampas tebu sebagai penguat yang banyak mengandung parenkim serta mengandung air 48%-52%, gula 2,5%- 6% dan serat 44%-48%. Sehingga genteng elastis cocok dikembangkan untuk menggantikan genteng beton atau genteng tanah liat yang sangat berat dan mudah retak sedangkan genteng dari seng (Zn) atau aluminium (Al) yang mudah mengalami korosi. Genteng polimer diharapkan memberikan 2 sifat yang unggul dan dapat memberikan sebuah kontribusi penting bagi masyarakat serta bidang industri (Surdia, 1995) .Dalam penelitian ini dibuatlah suatu genteng elastis sebagai material atap rumah mencampurkan bahan polimer (aspal), agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir) dan serat ampas tebu dengan teknik konvensional cetak dan tekan.

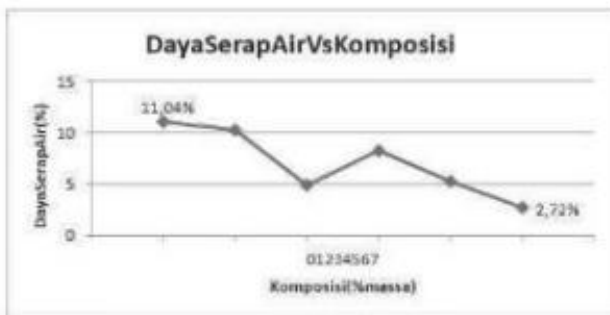
Kelayakan aspal sebagai material perekat dikarenakan aspal memiliki sifat viskoelastis, tahan terhadap air dan memiliki ikatan kohesivitas (adhesi dan kohesi) yang membentuk suatu ikatan silang untuk mengikat agregat ataupun serat lebih kuat sedangkan serat ampas tebu sebagai bahan penguat karena serat tebu memiliki kekuatan yang sangat baik dimana panjang seratnya sekitar 1,7-2 mm. Sehingga

campuran tersebut diharapkan dapat menghasilkan suatu genteng elastis yang memiliki sifat fisis dan mekanik yang baik. Uji karakterisasi untuk genteng elastis sifat fisis (daya serap air dan porositas) dan sifat mekanik (kuat impak, kuat tarik dan kuat lentur). Hasil akhir penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan sebagai material atap rumah pengganti genteng tanah liat, genteng beton, genteng seng (Zn) dan genteng aluminium (Al).

Genteng elastis merupakan suatu material konstruksi yang bersifat ringan karena tersusun dari bahan yang elastis (aspal) dan kecil (agregat pasir dan serat ampas tebu). Genteng elastis yang dalam penelitian ini dibuat yaitu menggunakan teknik konvensional cetak dan tekan dengan bahan baku: aspal, agregat kasar, agregat halus dan serbuk serat ampas tebu yang dicampur dengan pencampuran kering (dry mixing). Variasi komposisi agregat halus, agregat kasar dan serat ampas tebu 80:0 gr, 78:2 gr, 76:4 gr, 74:6 gr, 72:8 gr, 70:10 gr dengan perekat aspal dipertahankan konstan sebesar 20% dari massa total campuran kemudian dicampur selama 15 menit pada suhu 100oC, kemudian dicor dan ditekan selama 1/2 jam pada suhu 120oC dan tekanan 38 atm (38,5 x 10⁵ Pa) dengan Hot Compressor dengan waktu tahan 3 jam. Karakterisasi material dilakukan pada genteng elastis untuk melihat bagaimana interaksi antar bahan dalam membentuk genteng elastis yaitu aspal, agregat dan serat ampas tebu terhadap sifat fisis: porositas dan daya serap air, sifat mekanik: kuat impak, kuat lentur dan kuat tekan. Dalam hal ini, dilihat parameter yang mempengaruhi sifat-sifat dari material tersebut meliputi pengaruh komposisi untuk memberikan gambaran interaksi untuk membentuk suatu ikatan antar campuran bahan yang satu dengan bahan yang lain. Juga dilihat kemungkinan- kemungkinan hasil sampingan dari produk yang ada dalam genteng elastis tersebut.

Daya serap air merupakan kemampuan penyerapan air oleh atom-atom yang menyusun pada material tersebut. Pada Gambar 5.18 menggambarkan hubungan antara pengaruh variasi komposisi dengan nilai daya serap air bahwa nilai daya serap air yang optimum terjadi pada kode sampel VI dengan komposisi agregat:serat ampas tebu : aspal yaitu 70% : 10% :20% dengan nilai daya serap air berkisar 2,72%.

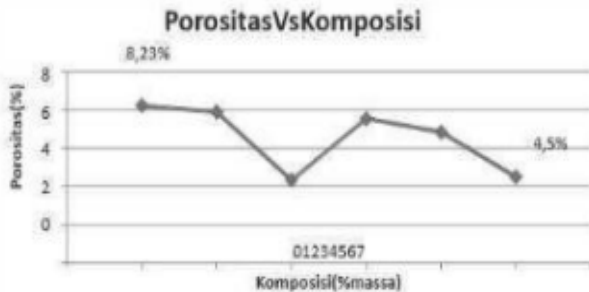
Sedangkan nilai daya serap air yang kurang optimum terjadi pada kode sampel I dengan komposisi agregat: serat ampas tebu :aspal yaitu 80% : 0% : 20% dengan nilai daya serap air berkisar 11,04%. Nilai daya serap air sangat dipengaruhi dengan penambahan komposisi penguat serat ampas tebu disebabkan sifat serat tersebut . Ini terjadi karena adanya ikatan kohesivitas (adesi-kohesi) antara lain: ikatan antar muka (interface) partikel penguat serat ampas tebu dengan agregat kasar dan halus serta pengaruh dari perekat aspal, gaya elektrostatis dan gaya VanDerWalls. Ikatan antar muka dari serat ampas tebu, agregat dan aspal berhubungan dengan kekasaran permukaan partikel, dimana semakin tinggi kekasaran partikel maka semakin luas kontak antar permukaan. Sedangkan ikatan elektrostatis terjadi karena adanya gaya gesek antar permukaan partikel yang diakibatkan oleh proses kompaksi (tekanan). Gaya VanDer Walls dipengaruhi oleh besar beban penekanan yang diberikan.



Gambar 5.18 Grafik hubungan antara daya serap air dengan komposisi sampel genteng

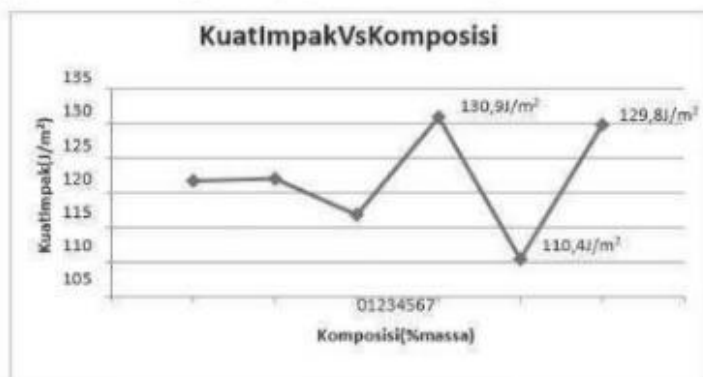
Dari Gambar 5.19 menunjukkan bahwa nilai porositas berbanding lurus dengan pertambahan komposisi penguat serat ampas tebu. Semakin besar serat yang diberikan maka semakin kecil porositas yang dihasilkan. Ini menunjukkan bahwa pada saat diberikan suhu dan penekanan atom-atom penyusun material tersebut mengalami difusi sehingga terjadi penyusutan pori-pori. Hasil grafik ditunjukkan bahwa komposisi dengan nilai porositas bahwa nilai porositas yang optimum terjadi pada kode sampel VI dengan komposisi agregat: serat ampas tebu: aspal yaitu 70% : 10% : 20% dengan nilai porositas berkisar

4,5%. Sedangkan nilai daya serap air yang kurang optimum terjadi pada kode sampel I dengan komposisi agregat : serat ampas tebu :aspal yaitu 80% : 0% :20% dengan nilai daya serap air berkisar 8,23%.



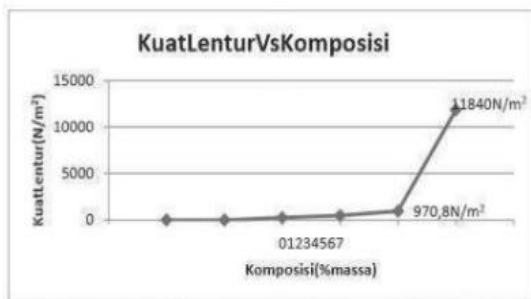
Gambar 5.19 Grafik hubungan antara porositas dan komposisi sampel genteng

Kuat impact merupakan kemampuan suatu material menahan suatu benturan. Dalam Gambar 5.20 berikut menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh nilai kuat impact yang tinggi pada kode sampel IV dengan komposisi gregat: serat ampas tebu: aspal yaitu 74% : 6% : 20% dengan nilai kuat tarik berkisar 130,9 J/m² . Sedangkan kondisi kurang optimum terjadi pada kode sampel V dengan komposisi agregat : serat ampas tebu : aspal yaitu 72% : 8% : 20%.



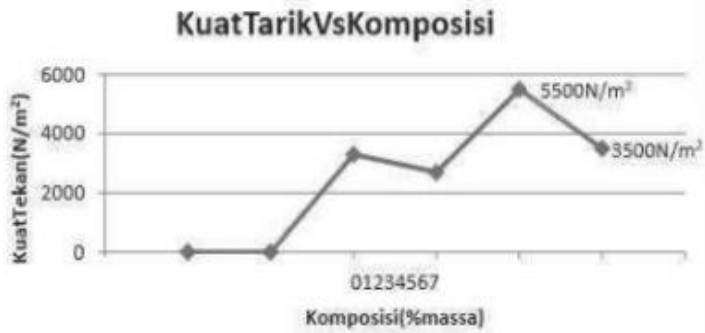
Gambar 5.20 Grafik hubungan antara kuat impact dan komposisi sampel genteng

Kuat lentur merupakan kemampuan suatu material dapat kembali ke bentuk semula setelah beban yang diberikan. Dalam Gambar 5.21 menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh nilai kuat lentur yang tinggi pada kode sampel VI dengan komposisi agregat : serat ampas tebu : aspal yaitu 70% : 10% : 20% dengan nilai kuat lentur berkisar 11.840 N/m². Sedangkan kondisi kurang optimum terjadi pada kode sampel III dengan komposisi agregat : serat ampas tebu : aspal yaitu 76% : 4% : 20% dengan nilai kuat lentur berkisar 265,7 N/m².



Gambar 5.21 Grafik hubungan antara kuat lentur dan komposisi genteng

Kuat tarik merupakan kemampuan suatu material menahan suatu beban dan mengalami deformasi. Dalam Gambar 5.22 berikut menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh nilai kuat tarik yang tinggi pada kode sampel V dengan komposisi agregat : ampas tebu:aspal yaitu 72% : 8% : 20% dengan nilai kuat tarik berkisar 5500N/m² . Sedangkan kondisi kurang optimum terjadi pada kode sampel IV dengan komposisi agregat : serat ampas tebu: aspal yaitu 74% : 6% : 20% dengan nilai kuat tarik berkisar 2700N/m² . Nilai kuat tarik ini tidak hanya dipengaruhi oleh struktur mikromaterial, yang meliputi rongga dan retakan yang terbentuk pada saat penekanan dan suhu yang diberikan, tetapi juga dipengaruhi oleh sifat serat penyusun material tersebut.



Gambar 5. 22 Grafik hubungan antara kuat Tarik dan komposisi genteng

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, U. (2006). Kinerja Sistem Lumpur Aktif pada Pengolahan Limbah Cair. Surabaya.
- Amurwaraharja, I. P., 2006. Analisis Teknologi Pengolahan Sampah Dengan Proses Hirarki Analitik dan Metode Valuasi Kontingensi Studi Kasus di Jakarta Timur, Makalah Falsafah Sains. Bogor :Institut Pertanian Bogor, Ilmu Pengolahan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Program Pasca sarjana.
- Aris, P., (2014). Pembuatan dan karakterisasi komposit batako ringan dengan campuran sekam padi sebagai bahan pengisi untuk konstruksi bangunan redam suara, Jurusan Fisika FMIPA, UNILA, Lampung.
- Bergander, A., Salmen, L., 2002. Cell wall properties and their effects on the mechanical properties of fibers. *J. Mater. Sci.* 37, 151–156.
- Bismarck, A., Mishra, S., Lampke, T., 2005. Plant Fibers as Reinforcement for Green Composites. In: Mohanty, A.K., Misra, M., and Drzal, L.T. (Ed.), *Natural Fibers, Biopolymer, and Biocomposites*. CRC Press Taylor and Francis group, Boca Raton.
- Dit. PLP. Ditjen. Cipta Karya PU (2009). Direktorat Jendral Cipta Karya Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Prasarana dan Sarana Persampahan, Departemen Pekerjaan Umum.
- Jacobs, J. A., & Kilduff, T. F. (2005). *Engineering Materials Technology*. United states: Prantice-Hall, Inc.
- Kementrian Pekerjaan Umum (2010). Modul Pengolahan Sampah Berbasis 3R: Badan Penelitian dan Pengembangan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman.

- Mallick, P.K. (2007). Fiber-reinforced composites : materials, manufacturing, and design 3rd ed. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Mis Ariska AJ Rambe (2016). Pemanfaatan Limbah Serat Ampas Tebu (*Saccarum officinarum*) Sebagai Bahan Baku Genteng Elastis. Fisika MIPA. Universitas Sumatera Utara.
- Mohanty, Misra, M., Drzal, L.T., 2005. Natural fibers, biopolymers, and biocomposites: an introduction. In: Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites. pp. 1–36.
- Olesen, P., Plackett, D., 1999. Perspectives on the Performance of Natural Plant Fibres. In: Natural Fibres Performance Forum, Copenhagen. p. Copenhagen 27th-28th May 1999.
- Park, J., Kim, P., Jang, J., Wang, Z., Hwang, B., Devries, K., 2008. Interfacial evaluation and durability of modified Jute fibers/polypropylene (PP) composites using micromechanical test and acoustic emission. *Compos. Part B Eng.* 39, 1042–1061.
- Pérez, S., Samain, D., 2010. Structure and engineering of celluloses. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* 64, 25–116.
- Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) 1982 PASAL 6, tentang batu cetak beton (batako)
- Rowell, Han, J.S., Rowell, J.S., 2000. Characterization and Factors Effecting Fiber Properties. In: Natural Polymer and Agrofibres Based Composites. Embrapa Instrumentação Agropecuária, Sao Carlos, Brazil, pp. 115–134.
- Summerscales,; Dissanayake, N., Virk, A.S., Hall, W., 2010. A review of bast fibres and their composites. Part 1 – Fibres as

reinforcements. *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 41, 1329–1335.

Suryanto, H., (2015). Thermal degradation of mending fiber. In: 6th International Conference on Green Technology. Universitas Islam Negeri Malang, pp. 306-309.

Suryanto, H., Irawan, Y.S., Marsyahyo, E., Soenoko, R., (2012). Karakteristik Serat Mendong (*Fimbristylis globulosa*): Upaya Menggali Potensi Sebagai Penguat Komposit Matriks Polimer. In: Seminar Nasional Green Technology 3. pp. 49–53.

Suryanto, H., Irawan, Y.S., Marsyahyo, E., Soenoko, R., 2014a. Effect of Alkali Treatment on Crystalline Structure of Cellulose Fiber From Mendong (*Fimbristylis globulosa*) Straw. *Key Eng. Mater.* 594–595, 720–724.

Suryanto, H., Marsyahyo, E., Irawan, Y.S., Soenoko, R., 2014b. Morphology, Structure, and Mechanical Properties of Natural Cellulose Fiber from Mendong Grass (*Fimbristylis globulosa*). *J. Nat. Fibers* 11.

Suryanto, H., Marsyahyo, E., Surya Irawan, Y., Soenoko, R., Aminudin, 2015. Improvement of interfacial shear strength of Mendong fiber (*Fimbristylis globulosa*) reinforced epoxy composite using the AC electric fields. *Int. J. Polym. Sci.* 2015, 1–10.

Suryanto, H., Solichin, S., Yanuhar, U., 2016. Natural Cellulose Fiber from Mendong Grass (*Fimbristylis globulosa*). In: Ramawat, K.G., Ahuja, M.R. (Eds.), *Fiber Plants - Biology, Biotechnology and Applications*. Springer, pp. 1–17.

Purwendro, S., dan Nurhidayat 2006, *Mengolah Sampah untuk Pupuk dan Pestisida Organik*, Seri Agritekno, Penebar Swadaya, Jakarta.

Sarowa'a, Yobel, 2018, Pengaruh Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Pembuatan Batako, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Negeri Medan, Medan.

Singhirunnusorn, W., Donlakorn, K., dan Kaewhanin, W., 2012. Household Recycling Behaviours and Attitudes toward Waste Bank Project: Mahasarakham Municipality. *Journal of Asia Behavioural Studies*, 2(6):35-47.

Sudrajat, (2006), Mengelola Sampah Kota, Jakarta: Penabur Suwadaya.

Sumaryanto, Dedy, dkk, 2009, Batako Sekam Padi Komposit Mortar semen, Jurusan Teknik Sipil, UGM, Jogjakarta.

Wijayanti, Septi, Enggar, (2011) Pengaruh Penambahan Volume Air Terhadap Hasil Pewarnaan Kulit Jagung dengan Zat Warna Direct, PKK FT Unesa, Surabaya.

BIOGRAFI PENULIS



Noer Afidah lahir di Jombang pada 07 April 1985. Penulis merupakan salah satu dosen tetap pada Program Studi Pendidikan IPA Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan S1 Fisika (Material) dan memperoleh gelar S.Si. pada tahun 2007 dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Dari Institut yang sama penulis mendapatkan gelar M.Si pada tahun 2011.

Sejumlah artikel yang pernah dipublikasikan oleh penulis antara lain: (1) Pengembangan Kurikulum Pondok Pesantren Alternatif Peningkatan Kualitas Pendidikan IPA Unhasy pada Jurnal Discovery Vol. 1/No. 2/ Tahun 2016. (2) Peningkatan Aktivitas Dan Kemampuan Kognitif Mahasiswa Pendidikan IPA Angkatan 2015 Pada Perkuliahan Gelombang-Optik Melalui *Cooperative Learning* Tipe Jigsaw pada Jurnal Wacana Didaktika Jurnal Pemikiran Penelitian Pendidikan dan Sains Vol. 4 /No. 02 / 2016 ISSN: 2337-9820. (3) Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung dan Ampas Tebu Sebagai Kertas Kemasan Ramah Lingkungan pada Jurnal Zarah Vol. 7 No.2 Tahun 2019 Halaman 79-85. (4) Eco-education POC Berbasis Mol Pada Budidaya Tabulampot Untuk Mahasiswa Pendidikan IPA Universitas Hasyim Asy'ari pada Jurnal Discovery Vol.5 No. 1 Tahun 2020 Halaman 49-57. (5) *The Effect Of Additional Corn Husk Toward The Mechanical Properties Of Brick* Pada Jurnal Pena Sains Vol.7 No. 2 Tahun 2020.

BIOKOMPOSIT DARI LIMBAH ORGANIK

Buku ini berisi tentang pemanfaatan limbah organik menjadi produk biokomposit ramah lingkungan. Selama ini edukasi tentang pengelolaan limbah organik seringkali hanya untuk pupuk kompos saja. Dalam buku ini penulis mencoba membuat inovasi pengolahan limbah organik berupa serat alami menjadi sebuah produk biokomposit yang bermanfaat dan bernilai tinggi.



Penerbit:
LPPM UNHASY Tebuireng Jombang
Gedung B Lt.1 Jl. Irian Jaya No. 55 Tebuireng,
Jombang, 61471 - Indonesia.
Telp: (0321) 861719
Mail: lppm.unhasy@gmail.com / lppm@unhasy.ac.id
<http://www.lppm.unhasy.ac.id>

ISBN 978-623-7872-41-2

