



TUGAS AKHIR - TL091584

**Pembuatan komposit Gypsum *Orthopedic Cast*
dari Limbah Organik (Cangkang Kerang) :
Efek rasio air-serbuk dan serat-serbuk**

Humairoh Nur Chasanah
NRP 2711 100 034

Dosen Pembimbing
Yuli Setiyorini, ST, M.Phil
Dr. Agung Purniawan, ST, M.Eng

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



TUGAS AKHIR- TL091584

Development of Orthopedic Cast composite Gypsum from Organic Waste (Sea Shells): Effect of water-powder ratio and fiber-powder

HUMAIROH NUR CHASANAH
NRP 2711 100 034

Supervisor

Yuli Setiyorini, ST, M.Phill

Dr. Agung Purniawan, ST, M.Eng

MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**Pembuatan Komposit Gypsum Cast dari Limbah Organik
(Cangkang Kerang) : Efek Rasio Air-Serbuk dan Serat-
Serbuk**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Material Inovatif

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

HUMAIROH NUR CHASANAH

NRP 2711 100 034

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir:

Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil

Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng

(Pembimbing 1)

(Pembimbing 2)



Development of Orthopedic Cast composite Gypsum from Organic Waste (Sea Shells): Effect of water-powder ratio and fiber-powder

Name : Humairoh Nur Chasanah
NRP : 2711 100 034
Departement : Teknik Material dan Metalurgi
Supervisor Lecture : Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil
Dr. Agung Purniawan, ST, M.Eng

Abstract

Sea shell is one of calcium (Ca) source with content of calcium 34-46% which can be applied in the medical field. With the abundance of waste sea shell in Indonesia as a country waters, the sea shell waste potentially useful calcium content it as a raw material composite orthopedic cast gypsum products using microwaves with variation of power, time and mass. Results anhydrate gypsum produced can use in the manufacture of cast gypsum products based on the analysis of the content from the functional group (SO_4^{2-}). This study aimed to analyze the influence of the composition ratio of anhydrous gypsum powder and bamboo fiber, as well as water and gypsum powder anhydrous against mechanical and biological properties of the cast gypsum product manufacturing process. Anhydrous gypsum generated of microwave radiation power of 540 watts, 75 minutes, 50 gram mass. Ratio powder, water and fiber have a significant effect on the mechanical strength and biology. Water absorption is the most excellent in powder ratio of 63: Water 37: 0.25% fiber and powder 65: Water 35: fiber 0.5%. For best results the compressive strength is the ratio of the powder 61: water 39 to the fiber 1% and 0.25%. As well as the powder 63: Water 37: fiber 0.25%. To test the irritation no irritating effect on the

-

patient's skin after usage of the composite gypsum cast. From some of the parameters, obtained powder ratio 61: Water 39: 0.25% fiber and powder ratio 63: water 37: fiber 0,25% that potentially can be applied to the medical field as a composite gypsum cast.

Keywords: bamboo fiber, microwave, gypsum anhydrate, gypsum composite orthopedic cast, seashell.

Pembuatan komposit Gypsum *Orthopedic Cast* dari Limbah Organik (Cangkang Kerang) : Efek rasio air-serbuk dan serat-serbuk

Nama : Humairoh Nur Chasanah

NRP : 2711 100 034

Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi

**Dosen Pembimbing : Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil
Dr. Agung Purniawan, ST, M.Eng**

Abstrak

Cangkang kerang merupakan salah satu sumber kalsium (Ca) dengan kadar 34 – 46 % yang dapat diaplikasikan di bidang medis. Dengan melimpahnya limbah cangkang kerang di Indonesia sebagai Negara perairan, maka limbah cangkang kerang berpotensi untuk dimanfaatkan kandungan kalsium di dalamnya sebagai bahan baku produk gipsum komposit orthopedic cast menggunakan metode gelombang mikro dengan variasi daya, waktu dan massa. Hasil gypsum anhidrate yang dihasilkan di pergunakan dalam pembuatan produk gypsum cast berdasarkan hasil analisa kandungan gugus fungsi (SO_4^{2-}). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh rasio komposisi serbuk gipsum anhidrat dan serat bambu, serta air dan serbuk gipsum anhidrat terhadap sifat mekanik dan biologi pada proses pembuatan produk gypsum cast. Gypsum anhidrat dihasilkan dari radiasi gelombang mikro daya 540 watt, 75 menit, massa 50 gram. Rasio serbuk, air serta serat memiliki efek yang signifikan pada kekuatan mekanik dan biologi. Water absorption paling baik adalah pada rasio serbuk 63: air 37: serat 0,25% dan serbuk 65: air 35: serat 0,5%. Untuk hasil kuat tekan terbaik adalah rasio serbuk 61: air 39 untuk serat 1% dan 0,25%. Serta serbuk 63: air 37: serat 0,25% . Untuk uji iritasi tidak ada efek

-

iritasi pada kulit pasien pasca pemakaian komposit gipsu cast. Dari beberapa parameter yang ada, didapatkan rasio serbuk 61: air 39: serat 0,25% serta rasio serbuk 63: air 37: serat 0,25% yang berpotensi untuk bisa diaplikasikan dibidang medis sebagai komposit gipsu cast.

Kata Kunci : cangkang kerang, gelombang mikro, gipsu anhidrat, gipsu komposit orthopedic cast, serat bambu.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, anugerah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Pembuatan komposit Gypsum *Orthopedic Cast* dari Limbah Organik (Cangkang Kerang) : Efek rasio air-serbuk dan serat-serbuk.**

Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan mahasiswa di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberi dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berikut:

1. Allah SWT karena dengan rahmat dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Orang tua dan kakak penulis, Bapak Sukarto dan Ibu Supiati, serta Ika Anjarsari Ningrum yang selalu memberi dukungan, semangat, doa, perhatian, serta kasih sayang kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Sungging Pintowantoro, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
4. Ibu Yuli Setiyorini, ST., M.Phill selaku Koordinator Tugas Akhir serta selaku dosen pembimbing pertama penulis di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
5. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST, M.Eng selaku dosen pembimbing kedua penulis di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.



6. Badan Pusat Statistik yang telah membantu dalam memberikan data-data yang saya butuhkan.
7. Januar Nur Rohmah, Tri Aprilina, dkk yang telah menjadi partner sekaligus sahabat yang telah bekerja sama dengan penulis sehingga berhasil menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Teman-teman dari Jurusan Teknik Material dan Metalurgi 2011.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca serta dapat dijadikan acuan penelitian selanjutnya. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, 5 Agustus 2015

Penulis,

Humairoh Nur Chasanah

2711100034



DAFTAR ISI

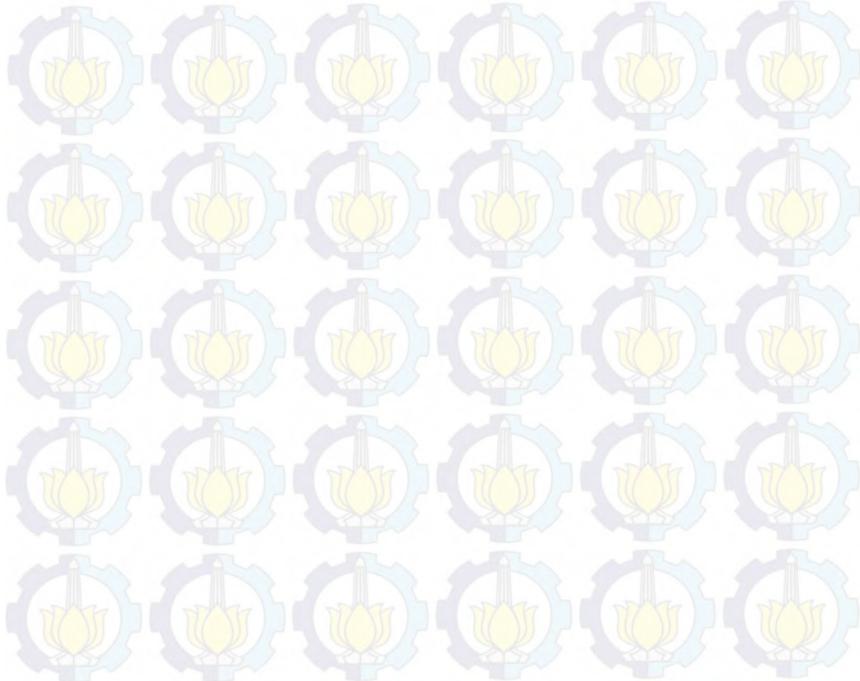
Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak.....	iv
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Grafik	xvi
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
Bab II Tinjauan Pustaka.....	5
2.1 Komposit gipsum cast	5
2.2 Gipsum Orthopedic Cast.....	8
2.2.1 Kekurangan Gipsum Cast.....	10
2.3 Kalsium Sulfat Anhidrat.....	12
2.3.1 Metode pembuatan gipsum anhidrat.....	16
2.3.2 Sifat-sifat Gipsum Anhidrat.....	18
2.3.3 Aplikasi Gipsum Anhidrat di Bidang Medis	23
2.4 Cangkang kerang.....	25



2.5 Bambu.....	26
2.6 Gelombang Mikro	31
2.6.1 Mekanisme pemanasan microwave	33
2.6.2 Microwave assisted extraction	35
2.6.3 Kelebihan dan efek penggunaan Gelombang Mikro ..	36
BAB III Metodologi Penelitian.....	43
3.1 Bahan.....	43
3.2 Alat	43
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	44
3.4 Prosedur Percoban.....	45
3.4.1 Preparasi serat bambu	45
3.4.2 Preparasi serbuk cangkang kerang.....	48
3.4.3 Proses Pembuatan Serbuk Gypsum Anhidrat.....	49
3.4.4 Proses Pembuatan Gypsum Composit Cast.....	51
3.5 Pengujian	52
Bab IV Analisa Data dan Pembahasan	51
4.1 Serbuk Gypsum Anhidrat.....	51
4.1.1 Analisa Temperatur	51
4.1.2 Analisa FTIR Serbuk Cangkang Kerang	53
4.1.3 Analisa persen yield	61
4.1.4 Uji Densitas dan Water Solubility	63
4.2 Komposit Gypsum Cast.....	64
4.2.1 Pengujian FTIR	69
4.2.2 Analisa Morfologi dan Mapping unsur	69



4.2.3 Setting Time	82
4.2.4 Setting Temperature	85
4.2.5 Pengujian Loss of ignition.....	86
4.2.6 Compressive Strength.....	90
4.2.7 Uji Iritasi	92
Bab V Kesimpulan.....	101
Daftar Pustaka	103
Lampiran.....	113





DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 sifat gypsum cast	8
Tabel 2.2 Sifat kalsium sulfat anhidrat.....	13
Tabel 2.3 aplikasi kalsium sulfat dibidang medis.....	24
Tabel 2.4 komposisi kimia 4 jenis kerang	25
Tabel 2.5 Spesifikasi bambu petung dapat dilihat pada	31
Tabel 2.6 perbedaan efisiensi dari berbagai materia	36
Tabel 2.7 Kelebihan pemanasan gelombang mikro (MWH) dibandingkan pemanasan konvensional (CH)	38
Tabel 3.1 Parameter Penelitian komposit Gypsum Cast dengan serat bambu.....	48
Tabel 4.1 Temperatur serbuk cangkang kerang yang diradiasi gelombang mikro dengan variasi waktu, massa, dan daya	58
Tabel 4.2 Absorpsi IR (cm-1) serbuk cangkang kerang variasi massa dan waktu pada daya 540 watt	59
Tabel 4.3 Absorpsi IR (cm-1) serbuk cangkang kerang variasi massa dan waktu pada daya 720 watt	60
Tabel 4.4 Absorpsi IR (cm-1) serbuk cangkang kerang variasi massa dan waktu pada daya 900 watt	61
Tabel 4.5 Prosentase yield gipsium anhidrat yang dihasilkan dari serbuk cangkang kerang yang diradiasi gelombang mikro dengan variasi waktu, massa, dan daya.....	66



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Efek rasio serbuk, air, dan serat pada setting time gipsum	90
Grafik 4.2 Efek rasio serbuk, air dan serat pada setting temperature.....	92
Grafik 4.3 Efek rasio serbuk, air dan serat pada Loss Of Ignition	93
Grafik 4.4 Efek W:P:F pada water absorption selama (a)2 jam (b)24 jam	96
Grafik 4.4 Efek rasio serbuk, air, dan serat pada compressive strength gipsum	99



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Insoluble kalsium sulfat anhidrat (Freyer dan Voigt, 2003).....	15
Gambar 2.2 (a) gipsum dihidrat 100 %, (b) gipsum hemihidrat 100%, (c) padatan akhir (100% anhidrat) pada 0.2 M H ₂ SO ₄ , temperatur 150 °C setelah 4 jam (Azmi, dkk, 2010).....	16
Gambar 3.1 diagram alir.....	47
Gambar 4.1 Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang dengan variasi waktu dan massa pada daya 540 watt.....	56
Gambar 4.2 Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang dengan variasi waktu dan massa pada daya 720 watt).....	57
Gambar 4.3 Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang dengan variasi waktu dan massa pada daya 900 watt.....	58
Gambar 4.4 Spektrum FTIR komposit gipsum cast dengan variasi P65:W35.....	67
Gambar 4.5 Spektrum FTIR komposit gipsum cast dengan variasi P63:W37).....	68
Gambar 4.6 Spektrum FTIR komposit gipsum cast dengan variasi P61:W39.....	69
Gambar 4.7 profil SEM permukaan pada gipsum.....	75
Gambar 4.8 profil SEM penampang pada gipsum.....	78
Gambar 4.9 Distribusi unsur kalsium pada (a)P65:W35:F1% (b) P65:W35:F0,5% (c) P65:W35:F0,25% (d) P63:W37:F1%	



(e) P63:W37:F0,5%(f) P63:W37:F0,25% (g) P61:W39:F1% (h) P61:W39:F0,5%(i) P61:W39:F0,25%..... 80

Gambar 4.10 Distribusi unsur sulfur pada (a)P65:W35:F1% (b) P65:W35:F0,5% (c) P65:W35:F0,25% (d) P63:W37:F1% (e) P63:W37:F0,5%(f) P63:W37:F0,25% (g) P61:W39:F1% (h) P61:W39:F0,5%(i) P61:W39:F0,25%..... 82

Gambar 4.11 Distribusi unsur oksigen pada (a)P65:W35:F1% (b) P65:W35:F0,5% (c) P65:W35:F0,25% (d) P63:W37:F1% (e) P63:W37:F0,5%(f) P63:W37:F0,25% (g) P61:W39:F1% (h) P61:W39:F0,5%(i) P61:W39:F0,25%..... 84

Gambar 4.12 s pektrum EDX (a)P65:W35:F1% (b) P65:W35:F0,5% (c) P65:W35:F0,25% (d) P63:W37:F1% (e) P63:W37:F0,5%(f) P63:W37:F0,25% (g) P61:W39:F1% (h) P61:W39:F0,5%(i) P61:W39:F0,25%..... 86

Gambar 4.14 kondisi 24 jam pasca pengaplikasian komposit gipsum cast..... 101

Gambar 4.15 kondisi 48 jam pasca pengaplikasian komposit gipsum cast..... 103

Gambar 4.16 kondisi 72 jam pasca pengaplikasian komposit gipsum cast..... 105

Gambar 4.17 kondisi setelah pengaplikasian komposit gipsum106



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan hasil Riset Kesehatan Dasar (RIKERDAS) oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Depkes RI tahun 2007 di Indonesia terjadi kasus fraktur yang disebabkan oleh cedera antara lain karena jatuh, kecelakaan lalu lintas dan trauma benda tajam/tumpul. Dari 45.987 peristiwa terjatuh yang mengalami fraktur sebanyak 1.775 orang (3,8%), dari 20.829 kasus kecelakaan lalu lintas, yang mengalami fraktur sebanyak 1.770 orang (8,5%), dari 14.127 trauma benda tajam/tumpul, yang mengalami fraktur sebanyak 236 orang (1,7%)(Depkes RI, 2007). Dari banyak kecelakaan diatas dapat disimpulkan bahwa kecelakaan yang menyebabkan patah tulang di Indonesia cukuplah tinggi. Dengan begitu penggunaan gipsum juga tinggi seiring tingginya kasus patah tulang. Adapun data kebutuhan gipsum di Indonesia pada tahun 1999 mencapai 50.7791 ton/tahun, pada tahun 2000 mencapai 54.671 ton/tahun dan melonjak tajam pada tahun 2001 mencapai 1.036.124 ton/tahun (BPS). Dari data kebutuhan gipsum di Indonesia menunjukkan bahwa terjadi peningkatan tiap tahunnya.

Di Indonesia sendiri pabrik pemasok gipsum (berbahan baku batu kapur) masih sangatlah sedikit, diantaranya adalah PT Smelting dengan kapasitas produksi sebesar 270.000 ton/tahun, PT Siam Gipsum dengan kapasitas 36.000 ton/tahun, serta PT Tidar Jaya dengan kapasitas 200.000 ton/tahun (www.lafarge.com). Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa kebutuhan gipsum di Indonesia tidak dapat terpenuhi dari produksi dalam negeri. Oleh sebab itu diperlukan produk gipsum dari luar negeri untuk dapat memenuhi kebutuhan gipsum yang ada di Indonesia. Maka untuk dapat mengurangi ketergantungan akan produk luar negeri, dibutuhkanlah alternatif pembuatan gipsum. Selain alasan yang telah diuraikan diatas, alasan lainnya



adalah agar dapat memanfaatkan sumber daya alam yang ada di Indonesia dengan maksimal. Salah satunya adalah dengan menggunakan cangkang kerang sebagai bahan baku pembuatan gipsum, dikarenakan kandungan kalsium karbonat pada cangkang kerang cukuplah tinggi mencapai 90% (Falade, 1995). Komposisi ini sama seperti pada serbuk batu kapur yang menjadi bahan baku pembuatan gipsum (Mosher, dkk, 2010).

Dengan menggunakan cangkang kerang sebagai pengganti batu kapur, sudah pasti akan menghemat biaya serta memaksimalkan potensi yang ada dengan cara mengolahnya. Karena ketersediaan limbah cangkang kerang sangat melimpah dan akan menjadi masalah lingkungan jika tidak diolah dengan baik, terutama di daerah-daerah sekitar pesisir pantai yang banyak membudidayakan kerang. Penanganan limbah kulit kerang sebagai kerajinan tangan, semata-mata hanya akan sedikit meningkatkan nilai ekonomisnya. Padahal lebih dari itu semua, cangkang kerang yang memiliki kandungan kalsium tinggi, bisa dimanfaatkan untuk berbagai macam produk unggulan. Di beberapa tahun terakhir, seperti yang kita ketahui pada proses biomineralisasi mengalami perkembangan yang pesat, dan yang paling pesat adalah metode *biomimetic synthesis* dan menghasilkan generasi baru di bidang biomaterial. Dengan menggunakan struktur dan material biogenic yang alami seperti koral (Hu, dkk, 2001; Xu, dkk, 2001), cangkang kerang Vecchio, tulang hewan (Murugan, dkk, 2006; Goller, dkk, 2005), dan tulang sotong (cuttlefish bone) (Rocha, dkk, 2005; Zhang, dkk, 2007; Shih-Chiung Wu, dkk, 2011).

Dari data ekspor Badan Pusat Statistik Surabaya menunjukkan bahwasanya jumlah ekspor untuk moluska pada tahun 2009 mencapai 5.851 kg dengan nilai 2.218 US\$ dan terjadi kenaikan permintaan di tahun 2010 dengan jumlah ekspor sebesar 9.493.316 kg dengan nilai 34.868.380 US\$. Sedangkan untuk gipsum anhidrat, pada tahun 2009 jumlah ekspor gipsum anhidrat sebesar 157.994 kg senilai 82.695 US\$ dan mengalami penurunan pada tahun 2010 dengan jumlah ekspor sebesar 11.838 kg senilai



46.465 US\$(BPS Surabaya). Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan akan moluska sangat besar dan mengalami peningkatan di tiap tahunnya. Hal ini menyebabkan meningkatnya limbah moluska, padahal limbah cangkang dari moluska tersebut banyak mengandung kalsium. Kalsium sendiri memiliki banyak kegunaan, diantaranya berpotensi untuk bahan baku pembuatan gipsum.

1.2 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh daya, massa dan waktu terhadap serbuk gipsum yang dihasilkan.
2. Bagaimana pengaruh rasio komposisi serbuk gipsum anhidrat dengan serat bambu, dan serbuk gipsum, serta air dan serbuk gipsum anhidrat terhadap sifat mekanik dan biologi.

1.3 Batasan masalah

Pada penelitian ini masalah dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Pengaruh dari lingkungan diabaikan
2. Pengaruh impurities pada produk gipsum yang dihasilkan diabaikan karena kecil
3. Pengaruh ukuran dan arah serat bambu diabaikan

1.4 Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

Menganalisa pengaruh rasio komposisi serbuk gipsum anhidrat, serat bambu, serta air dan serbuk gipsum anhidrat terhadap sifat mekanik dan biologi

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai pengembangan ilmu dibidang biomaterial.





BAB 11

KAJIAN PUSTAKA DAN TEORI DASAR

2.1 Komposit gipsum cast

Komposit gipsum cast mulai dipakai orang sejak banyaknya keluhan dari pasien pengguna gipsum cast, oleh karena itu penelitian-penelitian mengenai komposit gipsum cast mulai dikembangkan. Ada banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai komposit gipsum cast, salah satunya adalah yang dilakukan oleh Burghardt, dkk. Penelitian dilakukan dengan menganalisis kenaikan temperatur dari gipsum plaster dan gipsum komposit. Gipsum plaster akan mengalami kenaikan temperatur ketika serbuk ditambahkan air. Dari hasil analisis dapat disimpulkan ketika menerapkan gipsum komposit, lapisan sintesis luar harus dipakaikan terlebih dahulu sebelum gipsum cast digunakan, tujuannya adalah untuk meminimalkan kenaikan temperatur (Burghardt, dkk, 2014). Komposit gipsum memiliki banyak macam, salah satunya adalah komposit gipsum cast yang menggunakan polyester sebagai komposisinya. Polyester ternyata juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya rendahnya rasio kekuatan pada berat dan buruknya sirkulasi udara. Polyester juga menyebabkan turunnya kekuatan dan kekakuan dibandingkan *fiberglass cast*.

Penelitian lain dilakukan oleh Singh dan Grag, menganalisa pengaruh panjang dan isi *E-type fiberglass* pada sifat kekuatan (lentur, dan tarik) serta ketahanan terhadap air. Data menunjukkan bahwa kekuatan maksimum diperoleh menggunakan 4% dari serat kaca 50 mm. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan matriks dalam pengikat gypsum dibandingkan dengan komposit plester biasa. Secara umum, peningkatan kekuatan komposit diperhatikan tapi hasil terbaik ditemukan ketika komposit dalam kelembaban rendah (Singh dan Grag, 1992). Kelebihan lainnya dari komposit gipsum cast



menggunakan *fiberglass* adalah dapat menaikkan sifat mekanik, menaikkan kekuatan dan kekakuan, serta menurunkan berat dan cast cracking (Culter, dkk, 2002).

Tetapi *fiberglass* juga bersifat racun dan merupakan komponen yang berbahaya. Selama penggunaan kontak langsung dengan kulit menyebabkan gatal, iritasi, kekeringan, sehingga dibutuhkan perlindungan spesifik ketika menggunakan *fiberglass* (Lindfors dan Salo, 2012). Selain itu *fiberglass* juga relatif mahal untuk beberapa orang yang menggunakannya (Mathew, dkk, 1997). Kelemahan lainnya adalah bahan *fiberglass* yang tidak kompresibel sebagai plester, dan cenderung untuk menutupi struktur halus dari tulang. Hal inidikarekana sifat dari *fiberglass* yang radiolusen sehingga cenderung untuk menutupi struktur tulang yang mendasari untuk penetrasi x-ray. Sering kali *fine mesh* atau "bayangan" dapat dilihat pada gambar x-ray (Mattew, dkk, 1995). Disisi lain setelah gipsium mengeras, *fiberglass* dapat menonjol dari tepi dan dapat menjadi jarum yang dapat menembus kain pelindung sehingga terjadi kontak dengan kulit dan menyebabkan luka serta iritasi kulit. Dan ketika pemotongan gipsium pada saat pasien sembuh, partikel *fiberglass* dapat berterbangan di udara sehingga membahayakan ketika terhirup.

Selain *fiberglass*, ada juga yang menggunakan kain atau serat poliester rajutan yang digunakan sebagai substrat pembawa resin polimer. Hal ini dikarenakan poliester bersifat lembut dan memiliki elastisitas yang lebih baik dari *fiberglass*. Namun, substrat poliester ini rentan terhadap kelembaban, yang dapat mempengaruhi stabilitas air pada resin polimer. Jenis lain telah dikembangkan dengan memanfaatkan tenun dan non substrat tenun yang mencakup bahan alami organik (misalnya kapas dan wol), serat organik polimer alam (misalnya asetat, rayon), dan sintetik organik serat polimer (nilon). mereka cenderung memiliki tepi halus dari pada substrat tenun, namun cenderung lebih tebal,



yang membuatnya lebih sulit untuk meratakan resin (Sendjarevic, dkk, 2006).

Penelitian lain dilakukan oleh Edward, dkk yang melakukan penelitian pada bahan gypsum yang diperkuat dengan menambahkan latices polimer untuk pasta, dan kemudian diresapi bahan pengeras seperti monomer. Untuk latices yang cocok adalah polimer vinil asetat dan kopolimer, polimer stirena dan kopolimer, polimer vinil klorida dan kopolimer, dan poliakrilat, latices elastomer. Mereka cocok digunakan dalam jumlah 0,15-0,25 bagian polimer per bagian berat gypsum. Hasil dari penelitian ini adalah kekuatan tambahan dari kombinasi serat membuat gypsum lebih tipis, serta struktur gypsum ringan, tanpa kehilangan kekuatan (Edward, dkk, 1975). Penelitian lain dilakukan dengan menambahkan senyawa silikon yang bersifat waterproofness yang sangat baik untuk gypsum, efek dari penambahan silikon dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan mekanik produk. Ada juga yang menemukan bahwa dengan penambahan kalsium hidroksida atau oksida kalsium untuk gypsum dalam kombinasi dengan senyawa silikon dapat mempertahankan kekuatan gypsum (Kaisha, 1980).

Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa ada banyak penelitian tentang penggunaan komposit gypsum cast dengan menggunakan bahan tambahan tertentu. Perbedaan bahan yang ditambahkan dalam gypsum cast akan mempengaruhi sifat dari komposit gypsum cast itu sendiri. Selain bahan tambahan pada pembuatannya, tipe kalsium sulfat juga dapat mempengaruhi sifat dari gypsum. Adapun kalsium sulfat dihidrat dan hemihidrat merupakan kalsium sulfat yang paling banyak digunakan saat ini. Namun dalam penelitian ini kami menggunakan kalsium sulfat anhidrat, dikarenakan masih belum adanya peneliti lain yang menggunakan kalsium sulfat anhidrat sebagai bahan baku pembuatan komposit gypsum cast.



2.2 Gypsum *Orthopedic Cast*

Casting adalah bagian penting dari perawatan pasca operasi pembedahan di kaki dan pergelangan kaki. Dengan menggunakan cast, pembekakan pasca operasi dapat dihindarkan. Casting dapat menjadi alternatif pengobatan patah tulang dan resiko pembengkakan pascaoperasi. Hal ini penting untuk mencegah pergerakan tulang yang tidak stabil di seluruh fraktur. Cedera jaringan lunak, biasanya disebabkan oleh edema, dapat mengakibatkan komplikasi serius ketika cast. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa penggunaan split cor mengurangi tekanan pada ekstremitas tanpa kehilangan stabilitas cor. Berikut merupakan sifat gipsium cast yang diuraikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 sifat gypsum cast

No	Spesifikasi	keterangan
1	Tensile strength, kg/cm ² , min	15 (IS:4738-1993)
2	Setting time, menit	90 sampai 120 (ASTM C59)
3	Setting temperate, °C	40 (Orthotic and Prosthetics in Rehabilitation, 2007)
3	Water absorption	Tidak boleh lebih dari 5% dalam waktu 2 jam (ASTM C1396)
4	Kandungan kalsium sulfat (gipsium)	Tidak boleh kurang dari 85 % (90%)
5	Ukuran partikel, µm	150 (IS:4738-1993)
6	Compressive strength, kgf/cm ² ,sec	1sampai 4 (IS:2542-1978)
7	Loss of ignition (%)	3 (IS:2547-1976)

Ada banyak penelitian yang mengamati pengembangan dan pembuatan gipsium cast, diantaranya adalah Walter yang meneliti efek dari zat pengotor pada setting, kekuatan, dan daya tahan dari gipsium. Walter menggunakan material berupa CaSO₄,



CaCO_3 , silika, alumina dan pengotor lainnya. Dihilangkan bahwa semakin murni gipsum menghasilkan kekuatan dan ketahanan semakin tinggi, serta pengaruh kelembapan pada gipsum yang dapat menghancurkan, mengurangi, dan merusak gipsum cast (Walter, 2014, dkk). Lindfors dan Salo menganalisa efek racun dari gipsum dengan komposit dari kayu yang dikombinasikan dengan plastik. Penggunaan material gipsum komposit dari polimer termoplastik dan woodcast menyebabkan ikatan kimia yang menyatu antara polimer termoplastik dan woodcast sehingga dapat membuat ikatan menjadi sangat kuat. Selain itu, gipsum cast bersifat anti racun karena terbuat dari woodcast (Lindfors dan Salo).

Matthew, dkk melakukan pengujian terhadap gipsum yang menggunakan Polycaprolactone, kalsium karbonat 8-10 μm , polyurethane. Berdasarkan sifat fisika bahwa campuran Polycaprolactone, kalsium karbonat 8-10 μm , dan polyurethane ini bagus untuk tekanan pada casting serta mempengaruhi viskositas cairan. Disamping itu, Matthew juga meneliti tentang transmisi uap air melalui pengecoran pada gipsum. Dari penelitiannya ini dapat disimpulkan bahwa laju transmisi kelembapan 0.1, 0.2, 0.4 g air yang hilang per hari per cm^2 . Selain menganalisa transmisi kelembapan, Matthew juga menganalisa aliran udara yang melewati casting dengan menggunakan Silikon dan yellow plastic. Menghasilkan bahwa bahan gipsum mempengaruhi kekuatan seperti laju aliran udara. Dengan lapisan tersebut menghasilkan laju aliran udara 50, 100, 400 cc/detik (Matthew, dkk, 1995).

Penelitian lain dilakukan oleh Singh dan Garg yang menganalisa komposit fiberglass sebagai penguat gipsum dengan menggunakan Phosphogypsum dan fiberglass. Dari penelitian didapatkan hasil kekuatan, kelenturan, tensile, dan impact dari resistansi air perekat gipsum meningkat seiring meningkatnya panjang dan kualitas fiberglass. Dari penelitian Singh, dapat diambil kesimpulan bahwa gipsum perekat komposit lebih baik



resistansi airnya ketika menyimpan air (Singh dan Garg, 1991). Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, dapat diambil kesimpulan bahwa sifat mekanik gipsium dipengaruhi oleh bahan pembuatnya. Namun ada pula beberapa faktor lain yang juga dapat mempengaruhi sifat-sifat gipsium, baik sifat mekanik, sifat fisik, maupun sifat kimia. Sifat mekanik gipsium tersebut tentunya memiliki beberapa kekurangan jika dilihat dari bahan penyusunnya, seperti yang akan diuraikan berikut tentang kekurangan gipsium cast.

2.2.1 Kekurangan Gipsium Cast

Dalam menerapkan konvensional gipsium cast, dalam standar praktik yang pertama adalah menutupi anggota tubuh yang diobati dengan kain perban pelindung atau bungkus, seperti kapas atau kain rajut dari polyester. Anggota tubuh yang tertutup kain pelindung kemudian ditutup dengan kapas atau polyester padding untuk memberikan penangguh sebagai pelindung lembut. Padding ini kemudian ditutupi pakaian tebal dengan gipsium, kain pembungkus yang tebal, memberikan efek melumpuhkan bagi pasien.

Pengecoran pasca operasi juga dapat menyebabkan komplikasi yang dihasilkan dari pembengkakan jaringan lunak dalam wilayah gerak. Komplikasi berat seperti sindrom kompartemen dan sindrom nyeri regional kompleks dapat disebabkan dari edema yang disebabkan oleh cast yang ketat (Lawrence, dkk, 2013). Gipsium cast seperti inorganik semen lainnya yang menekan ketika digunakan, rendah tegangan dan kekuatan impak. Selain itu memiliki karakteristik yang getas yang kurang efektif penggunaannya pada kekuatan kompresif yang tinggi (Grag, 1991). Gipsium cast juga memiliki kekurangan pada rasio berat, menghasilkan cast akhir yang sangat berat dan besar. Selanjutnya gipsium cast juga mudah hancur di air, sehingga pengguna harus menghindari air. Gipsium cast juga tidak tembus



udara, sehingga tidak ada sirkulasi udara yang menyebabkan kelembapan yang harusnya menguap terjatuh antara cast dan kulit (Mathew, dkk, 1997). Kurangnya udara kering pada kulit bisa menyebabkan maserasi pada kulit di bawah gipsium, sehingga rentan terhadap serangan bakteri. Hal ini menyebabkan erosi kulit dan pustula yang kemudian dapat menyebabkan gatal-gatal yang ekstrim dan ketidaknyamanan bagi pasien. Hal inilah yang sering menyebabkan iritasi dan infeksi (Norvell dan Jean, 1991).

Untuk pasien berisiko tinggi seperti anak, geriatri, peredaran darah yang terganggu dan imun rendah, dapat mengakibatkan komplikasi sekunder yang dapat berisiko tinggi pada pasien. Bagi pasien dengan penurunan fungsi neurologis (misalnya, paraplegia, quadriplegia, dll) tanda-tanda infeksi sekunder dapat terlihat sebelum gejala pada pasien muncul. Untuk pasien dengan penurunan fungsi peredaran darah atau defisiensi imun, komplikasi dapat terjadi akibat operasi bedah dan waktu penyembuhan yang berkepanjangan. Masalah tambahan pada gipsium cast adalah bahwa bau berkembang karena retensi keringat dan minyak tubuh yang menumpuk di cor. Sebagai sekresi tubuh atau drainase luka yang diserap ke dalam lapisan cor dan mungkin menghasilkan bau yang sangat busuk. Hal ini dapat menjadi titik berat untuk permintaan pada pemakaian cor baru (Norvell dan Jean, 1991).

Gipsium cast hanya bisa digunakan sekali, oleh sebab itu penggunaan dalam jumlah besar dari gipsium cast atau *fiberglass* gipsium, memerlukan biaya lebih untuk pemakaian gipsium baru. Pada pemakaiannya, infeksi sekunder yang terjadi tidak dapat diamati pada tahap awal, sehingga diperlukan perlakuan proaktif dengan obat topikal dan antibiotik. Oleh sebab itu diperlukan terapi antibiotik pada saat pemasangan dan pelepasan cor yang berkali-kali untuk observasi dan perawatan. Ada juga infeksi primer sebelum pengecoran, untuk menanggulangnya diperlukan kapas sebagai penyerap, mengakibatkan luka berada dalam kontak konstan dengan kelembapan, sehingga menciptakan



lingkungan yang ideal bagi mikroorganismenya patogen, menyebabkan mikroorganismenya dapat berkembang cepat (Ashemran, 2003). Oleh karena gipsium cast memiliki banyak kekurangan serta kendala dalam pemakaiannya, maka dibutuhkan alternatif lain sebagai pengganti gipsium cast sehingga dapat menutupi kekurangan serta kendala pemakaian. Salah satunya adalah dengan menambahkan komposit sebagai penguat gipsium dan menghindari kontak langsung antara gipsium dengan kulit untuk meminimalisir terjadinya infeksi sekunder maupun primer. Selain itu gipsium cast dapat menyebabkan luka bakar ketika diaplikasikan pada pengguna, yang disebabkan oleh kenaikan temperaturnya. Oleh sebab itu, berdasarkan dari banyaknya kekurangan gipsium cast ini, maka orang mulai beralih menggunakan komposit gipsium cast yang dinilai memiliki beberapa keunggulan.

2.3 Kalsium Sulfat Anhidrat

Kalsium sulfat anhidrat juga biasa disebut dengan : anhydrate, anhydrate sulfate of lime, drierite, gibs, karstenite, muriacite, natural anhydrite, sulfuric acid, calsium salt, terra alba, thiolite. Bersumber dari PubChem, kalsium sulfat anhidrat memiliki *spesific characteristic* sifat yang diringkas pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Sifat kalsium sulfat anhidrat

Sifat	Uraian
Keadaan fisik	White hygroscopic powder or crystal
Bau	Tidak berbau
warna	Putih atau putih dengan variasi warna (biru, abu-abu atau kemerah-merahan)

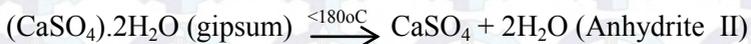


Melting point	1450 °C
Berat molekul	136,14 g/mol
Grafitasi spesifik	2.96 (air = 1)
Densitas	2,96 g/cm ³
Water solubility	0,27 g/ 100 mL pada 25°C
Stabilitas	Stabil
Korosifitas	Tidak korosi
Polimerisasi	Tidak terjadi

Anhidrat dibagi menjadi dua tipe, antaranya :

a. anhidrat (CaSO₄)

terbentuk jika dipanaskan pada temperatur lebih tinggi dari 300 °C



b. Anhidrat (CaSO₄·εH₂O) (0.06 < ε < 0.11) membentuk gipsum ketika dipanaskan dibawah temperatur 300 °C



(Gladis C., José A., 2010)

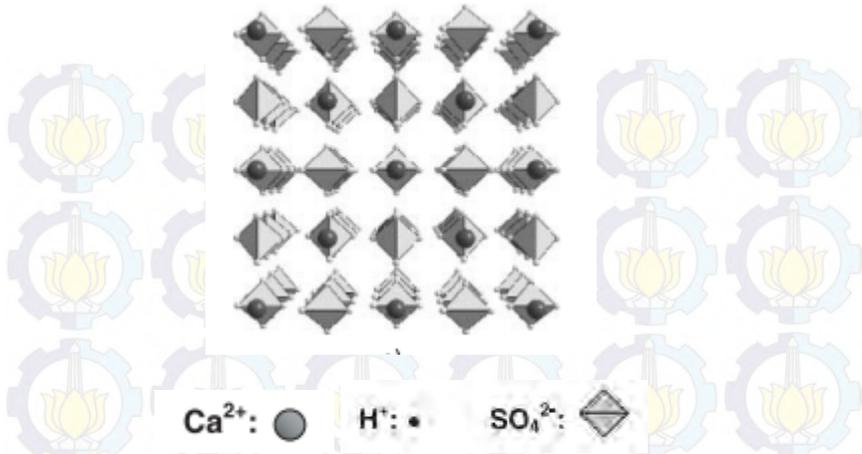
Kalsium sulfat anhidrat sulit larut di air, oleh karenanya diperlukan pelarut selain air dan metode yang tepat untuk memudahkannya, misalkan saja dengan metode wet proses asam sulfat atau proses hidrometalurgi menggunakan metal sulfat (



Azimi dan Papamngkelakis, 2010; Dutrizac, 2002; Dutrizac dan Kuiper, 2008). Pada wet proses, variasi kelarutan dipengaruhi oleh tipe kristal, temperatur, dan kosentrasi H_2SO_4 . Setiap metode menghasilkan bentuk kristal yang berbeda dengan metode lain.

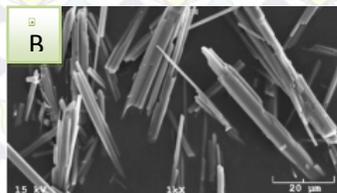
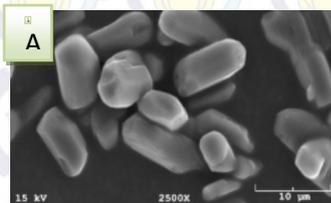
Kalsium sulfat anhidrat memiliki 2 tipe kristal, yaitu : orthorombic dan biaxial dengan dimensi unit sel $n\alpha=1.571$, $n\beta = 1.576$, $n\gamma=1.61$ (Rolnick,1950). Sedangkan menurut Frayer, tipe kristal kalsium sulfat anhidrat, diantaranya pada anhidrat soluble memiliki kristal hexagonal simetri, sedang pada anhidrat insoluble memiliki kristal orthorhombik (Frayer dan Voigt, 2003). kalsium sulfat insoluble anhidrat merupakan natural anhidrat yang banyak terdapat di alam (Rolnick,1950).

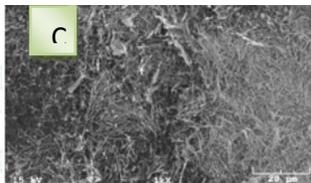
Gambar 2.1 memperlihatkan struktur dari thermodynamic stable orthorombic anhydrate yang mengandung rantai $Ca-SO_4-Ca$. Struktur kristal dari insoluble anhidrat berpola orthorombic simpel dengan unit sel empat molekul dan memiliki atom close packing dengan densitas tinggi, serta lebih stabil dibandingkan dengan kalsium sulfat (gypsum anhidrat) yang lain. Solubility kalsium sulfat anhidrat sangat sukar larut pada air murni. Dari temperatur $0^\circ C$ sampai temperatur lebih tinggi solubility sangat lambat, meningkat sampai pada temperatur $40^\circ C$. Dan pada $100^\circ C$ berangsur-angsur menjadi sedikit larut (Roszczyński, 1954).



Gambar 2.1 Insoluble kalsium sulfat anhidrat (Freyer dan Voigt, 2003).

Gambar 2.2 merupakan percobaan dari Azmi, dkk yang membuat gipsum anhidrat dari dihidrat. (a) kalsium sulfat dihidrat 100%. (b) Mereaksikan 5 gr dihidrat dengan 0,2 M H_2SO_4 pada temperatur 150°C selama 4 hari menghasilkan 100% hemihidrat. (c) 5 gr dihidrat direaksikan dengan 0,2 M H_2SO_4 pada temperatur 200°C selama 4 jam, menghasilkan 100 % anhidrat.





Gambar 2.2 (a) gipsum dihidrat 100 %, (b) gipsum hemihidrat 100%, (c) padatan akhir (100% anhidrat) pada 0.2 M H₂SO₄, temperatur 150 °C setelah 4 jam (Azmi, dkk, 2010)

Ada banyak yang mempengaruhi sifat dari gipsum, hal ini tergantung dari metode pembuatan gipsum. Adapun metode dari pembuatan gipsum akan diuraikan pada 2.3.1.

2.3.1 metode pembuatan gipsum anhidrat

Metode pembuatan gipsum yang banyak dilakukan adalah melalui metode basah dan metode hidrometalurgi menggunakan metal sulfat (Zeng dan Wang, 2011; Wang dkk., 2012; Farah, dkk., 2007). Penelitian dilakukan oleh Zeng, dkk yang menggunakan metode isothermal tentang *solubility isotrem* dari gipsum dan insoluble anhidrat pada sistem terneri CaSO₄-H₂SO₄-SO₄, dengan variasi temperatur 298.1 °K, 323.1 °K, 348.1, dan 363.1 °K. Didapatkan bahwa transformasi antara gipsum dan insoluble anhidrat dalam larutan H₂SO₄ terjadi pada 298.1 °K dan 363.1 °K. Memperlihatkan bahwa transformasi selesai dari gipsum ke anhidrat pada 363.1 °K selama 120 jam dalam 0,5 m ol kg⁻¹ larutan H₂SO₄ dan selesai dalam 6 jam untuk konsentrasi H₂SO₄ lebih tinggi (wang, dkk, 2013).

Metode lain dalam pembuatan gipsum anhidrat adalah metode basah. Seperti yang dilakukan oleh Peukert yang membuat anhidrat dari phosphogypsum. Phosphogypsum yang sudah distirer pada 40 °C ditambahkan pada 12% H₂SO₄, dengan rasio L/P : 2/1. Lalu dipanaskan kembali pada temperatur 50 °C. Setelah 2 jam anhidrat terpisah dari larutan, kemudian dinetralkan



dan dikalsinasi pada 800 °C. Hasil akhir direaksikan dengan K_2SO_4 1-2%. Hasil dari percobaan ini adalah Initial dan final setting time meningkat seiring penambahan konsentrasi K_2SO_4 . Kekuatan lentur meningkat pada 28 hari sampai 8,1 Mpa, dan compressive strength meningkat samapi 42,8 Mpa (Peukert, 1988). Selain oleh Peukert penelitian juga dilakukan oleh Zdanovskii menganalisa gipsum dan insoluble anhidrat. Menghasilkan bahwa waktu yang diperlukan untuk selesai bertransformasi dari gipsum ke anhidrat adalah 48 jam dalam 1.5 mol kg^{-1} larutan H_2SO_4 pada 363.1 °K (Zdanovskii dan Vlasov, 1968). Pembuatan gipsum anhidrat selanjutnya diperoleh dari gipsum dihidrat yang direaksikan dengan 12 % asam sulfat sampai pH 7 kemudian dipanaskan 180 °C. Impuritas menurun seiring penambahan asam sulfat. Dengan penambahan potasium sulfat merubah sifat mekanik anhidrat. Kekuatan tekan 40 Mpa setelah 28 hari, kekuatan maksimal pada penambahan K_2SO_4 1-1.5% wt. Setting time menurun seiring dengan penambahan K_2SO_4 (Jarosinski, 1993). Metode lain dalam pembuatan gipsum adalah dengan gipsum hemihidrat yang dididihkan dan dilarutkan dalam larutan elektrolit (5% K_2SO_4 atau 15-20% H_2SO_4), ukuran kristal 20-30 μm Pada temperatur 90,5°C gipsum hemihidrat berubah menjadi anhidrat dalam 10 hari pada larutan NaCl atau NaCl-MgCl₂ (Hill, 1934).

Ada pula pembuatan gipsum anhidrat dengan menggunakan metode hidrometalurgi. Seperti yang dilakukan oleh Azimi, dkk yang menggunakan gipsum dihidrat dengan pelarut 1.5 M NaCl, 1.5 M dan 0.5 M H_2SO_4 , 1 M $NiSO_4$, dan H_2O yang saling dikombinasikan. Ketika dihidrat dipanaskan 200 °C selama 4 jam menghasilkan 100% anhidrat. Dihidrat ditambahkan 1,5 M H_2SO_4 dipanaskan pada 90 °C dan 80 °C selama 4 ha ri menghasilkan 100% anhidrat. Ketika dihidrat ditambahkan 1.5 M $NiSO_4$ dan dipanaskan 80 °C selama 13 hari menghasilkan 100% anhidrat. Ketika dihidrat ditambah 1.5 M NaCl dan 0.5 M H_2O dipanaskan 80 °C selama 8 ha ri menghasilkan 100% anhidrat (Azimi, dkk, 2010).



Metode yang terakhir adalah metode injeksi CO₂ yang dilakukan oleh Hang. Menggunakan Batu anhidrat (10 dan 33 wt% CO₃) dengan ukuran kristal 100-200 μm. Batu anhidrat diberi beban, dan tekanan 10 Mpa, 80 ° C yang dipenuhi CO₂. Perbandingan anhidrat basah dengan anhidrat basa yang ditambahkan CO₂ tidak mengalami perbedaan nilai kompresiv, tetapi pada nilai deformasi mengalami penurunan setelah penambahan CO₂ (Hangx, dkk, 2009). Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa metode pembuatan gipsium dapat mempengaruhi sifatnya. Disamping metode pembuatan, tipe gipsium juga dapat mempengaruhi sifat sehingga pengaplikasiannya sudah tentu berbeda antara tipe gipsium dengan tipe gipsium lainnya. Berikut akan dijelaskan sifat dari gipsium anhidrat serta pengaplikasiannya yang disesuaikan dengan sifat-sifatnya.

2.3.2 Sifat-sifat Gipsium Anhidrat

Biocompatibility merupakan sifat yang tidak hanya mampu bertahan dalam tubuh, tetapi tahan terhadap korosi, degradasi, dan *nontoxic*. Biomaterial juga diharapkan tidak hanya mampu bertahan di dalam tubuh, tetapi juga mampu berinteraksi dengan jaringan (William, 2008). Salah satu faktor penting yang membedakan biomaterial dengan material yang lain adalah kemampuan untuk bertahan pada saat berinteraksi dengan jaringan dalam tubuh manusia. Biokompatibilitas merupakan perilaku biomaterial dalam berbagai konteks. Biokompatibilitas merupakan kemampuan suatu material untuk melakukan respon *host* yang tepat dalam situasi tertentu (Jonathan, 2006).

Penelitian nanokomposit kalsium sulfat dilakukan oleh Hesaraki, dkk pada tahun 2009. Menggunakan tikus yang diinkubasikan pada 37 °C dan 5% CO₂ untuk waktu 3.5 dan 7 hari. Tes biokompatibilitas menunjukkan bahwa gipsium menurunkan jumlah fibroblas pada sel tikus yang kontak dengan sampel. Namun, tidak ada efek sitotoksik dari semen nanokomposit dan



tidak ada perbedaan signifikan yang ditemukan antara jumlah sel-sel yang kontak dengan spesimen (Hesaraki, 2009). Penelitian lain juga dilakukan oleh Lou, dkk tentang biokompaktibilitas dari kalsium sulfat yang dikombinasikan dengan komposit karbon nanotube untuk aplikasi rekonstruksi tulang. Dengan mengambil sel fibroblas L929 pada cairan ekstraksi dari perendaman pada larutan komposit dan menempatkan sel-sel stroma sumsum tulang dan menanamnya di masing-masing pelet komposit. Sel fibroblast L929 tumbuh dengan baik dalam cairan yang diekstrak, serta sel-sel stroma sumsum tulang berkembang biak dengan cepat. Uji MTT menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok yang dikontrol ($P > 0,05$). Dalam vivo pengujian diwujudkan bahwa komposit tidak ada toksisitas, tidak ada iritasi pada kulit dan baik untuk rekonstruksi cacat tulang. Hal itu membuktikan bahwa kalsium sulfat komposit memiliki biokompatibilitas yang sangat baik untuk aplikasi potensial dalam rekayasa jaringan tulang (Lou, dkk, 2012).

Bramante, dkk meneliti tentang biokompaktibilitas dan pengaturan waktu pada portland semen kalsium sulfat. Dengan menguji 24 tikus dengan semen Portland dengan tanpa kalsium sulfat, 2% serta 5% kalsium sulfat. Menggunakan variasi waktu selama 15, 30, dan 60 hari implatansi. Pengamatan histologis menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik dari biokompatibilitas ($p > 0,05$) antara bahan dalam jaringan subkutan. Semua bahan yang diuji menunjukkan biokompatibilitas dan tidak adanya kalsium sulfat memperpendek waktu pengaturan awal dan akhir dari klinker semen Portland putih. Untuk pengaturan waktu, klinker tanpa kalsium sulfat menunjukkan terpendek awal dan akhir setting time (6.18 s / 21,48 s), diikuti oleh klinker dengan 2% kalsium sulfat (9.22 s / 25,33 s), klinker dengan 5% kalsium sulfat (10.06 s / 42,46 s) (Bramante, dkk, 2012). Kim, dkk mempelajari pengaruh pelet kalsium sulfat pada awal konsolidasi tulang di gangguan



osteogenesis. Sembilan sampai 10 kalsium sulfat (Osteoset) pelet yang ditanamkan 4-mm ke dalam mandibula. Kim melaporkan bahwa pelet kalsium sulfat ditemukan sangat aktif pada awal konsolidasi dalam gangguan osteogenesis dibandingkan kontrol. Pada kelompok kalsium sulfat, persentase kepadatan mineral tulang di daerah terganggu, dibandingkan dengan mandibula normal, secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol ($p < 0,05$). Dapat disimpulkan bahwa kalsium sulfat merupakan bahan osteokonduktif biokompatibel (Kim, dkk, 2007).

Bioaktif merupakan kemampuan Sel membentuk ikatan antar muka dengan implant (Balgies, 2011). Bioaktif berarti kemampuan mengindus sel untuk dapat berkembang membentuk jaringan baru. Selain bersifat *biocompatibility*, gipsium anhidrat juga bersifat bioaktif, salah satu contohnya adalah sintesis sederhana dari cangkok tulang. Seperti yang dilakukan oleh Dreesman (1892) yang melakukan pencangkokan tulang dengan mengisi rongga tulang dengan gipsium (kalsium sulfat). Setelah dilihat kembali isian kalsium sulfat tadi sudah menjadi tulang padat (peltier, 1961). Hal ini menunjukkan bahwa kalsium sulfat anhidrat memiliki sifat bioaktif.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Intini, dkk yang meneliti pembuatan matriks bioaktif yang menginduksi dan mendukung proliferasi sel dan regenerasi jaringan. Hipotesis yang diajukan adalah bahwa cangkok komposit dapat direkayasa oleh penyerapan plasma kaya trombosit (PRP) ke kalsium sulfat (CS). Evaluasi aktivitas biologis cangkokan rekayasa didasarkan pada studi proliferasi osteoblas dan pemindaian mikroskop elektron (SEM). Analisis SEM menunjukkan bahwa kombinasi dari CS dan PRP menyajikan struktur kristal terintegrasi dengan baik oleh matriks organik. Kombinasi ini menunjukkan tingkat proliferasi sel tertinggi ($p < 0,001$). Evaluasi lebih lanjut menunjukkan bahwa PRP diaktifkan bila dikombinasikan dengan CS yang



menunjukkan proliferasi sel meningkat ($p < 0,001$). Penelitian ini mengusulkan CS sebagai pembawa efisien untuk PRP atau PDGF dan mendukung penggunaan kombinasi ini sebagai matriks bioaktif dalam aplikasi klinis atau laboratorium (Intini, dkk, 2004). Dalam sebuah studi dari Sulo yang menggunakan gentamisin dikombinasikan dengan kalsium sulfat. Seperti yang telah diketahui bahwa kalsium sulfat digunakan sejak tahun 1984 sebagai pengisi kekosongan tulang di 409 pasien dengan osteomyelitis kronis, didapatkan hasil 96,5% dari mereka sembuh (Sulo, 1993).

Bioabsorbable merupakan sel yang dapat mengganti implant. Keramik bioabsorbable merupakan sintesis material yang digunakan pada transpalansi tulang. keramik bioabsorbable disiapkan oleh pemanasan kalsium sulfat. Substansi ini pertama kali digunakan sebagai pengganti tulang pada akhir abad ke-19 oleh Dreesmann (Moed, dkk, 2003). Kalsium sulfat sangat cepat diserap kembali dalam beberapa minggu implantasi. Kalsium sulfat tidak menghambat osteogenesis atau memperburuk infeksi ketika digunakan dalam rongga yang terinfeksi (Carson dan Bostrom, 2007). Peltier dan Jones menggunakan gipsium untuk mengisi cacat tulang dan akhirnya menyimpulkan bahwa gipsium adalah material pengganti pada pembentukan tulang. Implantasi kalsium sulfat ke dalam tulang atau jaringan lunak tidak menghasilkan reaksi dengan tubuh dan gipsium itu sendiri. Pembentukan tulang baru hanya terjadi ketika periosteum atau tulang membentuk jaringan baru. Peltier lanjut menyimpulkan bahwa kehadiran gipsium dalam luka tidak menghambat pembentukan tulang (Peltier dan Jones, 1987).

Penelitian dilakukan oleh Orsini mengevaluasi hasil klinis yang diperoleh dengan tulang autologus ditambah kalsium sulfat, dan membandingkannya dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan tulang autologus ditambah membran bioabsorbable dalam pengobatan cacat intrabony periodontal. Tidak ada



perbedaan statistik antara tes dan kontrol cacat pada awal. BOP (perdarahan saat penyelidikan) adalah 58% dan 50% untuk masing-masing kontrol dan uji cacat. PD (Kedalaman penyelidikan) adalah 7.75 ± 0.96 mm (kontrol) dan $8,0 \pm 1,28$ mm (test). Berarti CAL (klinis tingkat perlekatan) adalah 8.58 ± 1.31 mm (kontrol) dan 8.83 ± 0.91 mm (test). Pada 6 bulan, PD adalah $3,41 \pm 0,51$ (P = 0,0022) cacat kontrol dan $3,58 \pm 0,51$ (P = 0,0022) cacat uji. CAL menunjukkan kenaikan rata-rata $5 \pm 0,85$ untuk kontrol (P = 0,0022) dan $5,25 \pm 0,75$ cacat tes (P = 0,0022). Dengan demikian, ada penurunan rata-rata 4,33 mm PD (56%) untuk situs kontrol dan 4.42 mm (55%) untuk lokasi uji. Keuntungan perlekatan klinis rata-rata adalah 3,57 mm untuk situs kontrol dan 3,58 mm untuk lokasi uji. Dari hasil pengujian menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara tulang autogalus yang ditambahkan kalsium sulfat dengan tulang autogalus yang ditambahkan membran bioabsorbable. Hal ini menunjukkan bahwa kalsium sulfat bersifat bioabsorbable (Orsini, dkk, 2001).

Wenke, dkk melakukan penelitian tentang efektivitas meresapnya antibiotik pada implan dalam pencegahan infeksi tulang menggunakan model fraktur terkontaminasi pada kambing empat kelompok perlakuan: tidak ada perawatan, tobramycin ditambah polymethylmethacrylate, pelet kalsium sulfat ditambah tobramycin dan polymethylmethacrylate ditambah tobramycin. Tiga minggu setelah inokulasi intraosseous dengan *Staphylococcus aureus* kultur jaringan streptomycin tahan tidak menunjukkan infeksi di salah satu kelompok antibiotik yang diobati. Dua spesimen pada kelompok kontrol positif memiliki pertumbuhan *Staphylococcus koagulase-negatif* (masing-masing $<10^4$ CFU / g) dan dianggap terkontaminasi. Salah satu spesimen dalam percobaan kelompok kalsium sulfat (Osteoset T) memiliki pertumbuhan yang signifikan streptomisin-sensitif *Staph aureus* (*Staph aureus-S*) $1,43 \times 10^8$ CFU / g). Namun, organisme tidak strain eksperimen-diinduksi, karena itu sensitif terhadap



streptomisin. Semua kelompok diobati dengan antibiotik memiliki bakteri secara signifikan lebih sulit pulih dari intramedulla dibandingkan kelompok kontrol negatif ($p < 0,0001$). Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian antibiotik lokal yang efektif dapat diperoleh dengan kedua polymethylmethacrylate. Pelet kalsium sulfat memiliki keuntungan menjadi bioabsorbable (Wenke, dkk, 2006). Berdasarkan uraian diatas, sifat dari gipsium ada bermacam-macam, atas dasar inilah maka penggunaan gipsium dapat diperluas, selain sebagai orthopedic cast gipsium dapat pula digunakan untuk keperluan medis lainnya. Seperti yang dijelaskan dibawah ini.

2.3.3 Aplikasi Gipsium Anhidrat di Bidang Medis

Menurut Fadwa (2014), *gypsum plaster (plaster of paris)* dapat diperoleh dari proses sintesis bakteri menggunakan metode *bioconsolidation* yang menghasilkan sifat *biocompatibility*. Pada aplikasi medis, *plaster of paris* berperan penting untuk bedah orthopedic dan digunakan secara penuh dalam treatment patah tulang (Freeman, 1935). Salah satu tipe aplikasi dari *plaster of paris* adalah gipsium cast. Gipsium cast disini banyak digunakan untuk patah tulang pada bagian kaki, pergelangan kaki (*ankle*), serta tangan (Lawrence, dkk, 2013). Selain sebagai gipsium cast, kalsium sulfat juga digunakan dibeberapa aplikasi medis, seperti yang diringkas pada tabel 2.3

Tabel 2.3 aplikasi kalsium sulfat dibidang medis

No	Refrensi	Aplikasi
1	Slosarczyk, dkk, 2010	Kalsium sulfat digunakan sebagai implan tulang dikombinasikan dengan titanium yang ditambahkan hidroksiapatit



2	Ashley, dkk, 2011	Kalsium sulfat diteliti untuk local drag delivery
3	Kim, dkk, 2011	Suntik kalsium sulfat sebagai pengganti operasi pada tumor tulang
4	Bagoff, dkk, 2013	Sebagai pencangkok tulang serta regenerasi tulang untuk menumbuhkan tulang alveolar yang dapat meminimal nyeri pasca operasi
5	Maeda, dkk, 2000	Kalsium sulfat sebagai obat cacat tulang untuk membentuk tulang baru
6	Sulo, dkk,	Kalsium sulfat digunakan sebagai antibiotik pada pencangkokan tulang
7	Urban, dkk, 2007	Kombinasi antara komposit kalsium sulfat dan kalsium fosfat sebagai cangkok tulang sintesis untuk mengobati cacat tulang
8	O'Beirne, dkk, 2007	Kalsium sulfat anhidrat digunakan sebagai <i>portland cement</i> gigi
9	Matthew, dkk, 1997	Kalsium sulfat digunakan sebagai <i>orthopedic cast</i>

Berdasarkan penjelasan diatas, aplikasi gipsium dipengaruhi oleh sifat dan tipe gipsiumnya. Sampai saat ini pengembangan gipsium terus dilakukan untuk mendapatkan gipsium yang paling baik sesuai dengan aplikasinya. Adapun pada umumnya gipsium diambil langsung dari batu mineral yang terdapat di alam. Namun gipsium alam tersebut memiliki banyak kelemahan, salah satunya



adalah kenaikan temperatur yang tidak dapat ditoleransi oleh pasien. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini gipsum dihasilkan dari limbah cangkang kerang sebagai pengganti gipsum alam.

2.4 Cangkang kerang

Beberapa peneliti melakukan penelitian tentang kandungan/komposisi kimia cangkang kerang berdasarkan jenisnya (ditunjukkan pada tabel 2.4) :

Tabel 2.4 komposisi kimia 4 jenis kerang

Kerang rambut (<i>Anadara Antiquata</i>)	Kingdom : animalia, phylum : mollusca, class : bivalvia, ordo: arcidae, genus : anadara, spesies : <i>anadara antiquata</i> .
	Komposisi : 95.7% CaC, 2.1%Na, 0,13% Mg, 1,4% Fe, 0.54% lain-lain (Bharatham, dkk, 2014)
Kerang simping (<i>placuna placenta</i>)	Kingdom : metazoa, phylum : mollusca, class : bivalvia, ordo :ostreoida, family :placunidae, genus : placuna, spesies : placuna placenta.
	Komposisi : 26.7824% Ca, 0.2799% Sc, 0.068%Cr, 0,124% Mn, 0.124% Fe, 0.065% Zn, 0.008% Br, 0.3636% Sr, 0.012% Au, 0.0022% Pb (Siriprom dan Limsuwan, 2009)
Kerang hijau (<i>Perna Viridis</i>)	Kingdom : animalia, phylum : mollusca, class : bivalvia, ordo : filibranchia, family : mytilidae, genus : mytilus, spesies : mytilus viridis
	Komposisi : 53.7% CaO, 0.2% SiO ₂ , 0.03% Fe ₂ O ₃ , 0.33% MgO, 0.13%Al ₂ O ₃ (Amin,dkk, 2015)
Kerang darah	Kingdom : animalia, phylum : mollusca, class : bivalvia, subclass : pteriomorphia, ordo : arcoida,



(<i>Anadara Granosa</i>)	famili : archidae, genus : anadara, spesies : anadara granosa.
	Komposisi : 12.75% C, 53.25% O, 45.78% Ca, 0.59% Cu, 0.82% Sn (Hoque, dkk, 2013)

Dari data diatas menunjukkan bahwa kandungan kalsium pada cangkang kerang cukup tinggi. Sehingga untuk meningkatkan pemanfaatan nilai ekonomis, serta dampak lainnya dapat mengurangi limbah cangkang, dan menurunkan nilai ekspor moluska yang semakin tinggi tiap tahunnya untuk dapat diolah sendiri menjadi produk medis. Disisi lain dengan pemanfaatan lebih cangkang kerang sebagai bahan baku gipsum, yang dikombinasikan dengan bambu sebagai penguat dan anti bakteri pada gipsum, penelitian ini berbasis *ecogreen*.

2.5 Bambu

Saat ini sebagian besar kain antimikroba dikomersialkan diproduksi menggabungkan logam seperti perak dan seng (Takai, dkk, 2002). Namun, mereka memiliki biokompatibilitas rendah dan berbahaya bagi lingkungan. Penggunaan ekstrak alami dalam bahan alami bisa membuat tekstil biofunctional lebih biokompatibel, dengan aplikasi lainnya pada bidang kesehatan. Yang keuntungan lain adalah untuk mengubah tekstil ini lebih lingkungan ramah. Saat ini, bambu sudah secara luas digunakan, tidak hanya pada konstruksi sebagai pengganti kayu, namun juga dapat digunakan sebagai bahan baku tekstil. Penggunaan bambu kini semakin luas dengan mengolahnya menjadi serat yang nantinya digunakan sebagai bahan baku baju, handuk yang antibakteri dan lain-lain. Serat alami yang tersedia melimpah, biodegradable, dan sumber daya terbarukan dianggap bertentangan dengan serat sintesis (Deshpende, dkk, 2000). Bambu merupakan serat selulosa. Selulosa adalah bahan biologis



dan fungsional, terbuat dari glukosa dengan β -Obligasi 1,4-glukosida dan memiliki lebih dari sepuluh ribu ini. Bagian D-glukopiranosida tanpa bercabang. Kimia dan sifat fisik selulosa melibatkan tidak hanya kekuatan dan elastisitas serat, tetapi juga afinitas air (karena yang banyak kelompok hidroksil) dan permeabilitas (Takagai, dkk, 2005). Serat bambu terbuat dari selulosa dalam matriks yang mengandung lignin dengan struktur yang unik, serat penguat searah komposit dengan banyak node sepanjang panjangnya (Deshpende, dkk, 2000). Bambu memiliki efek antibakteri antijamur dan yang dapat diproduksi dengan biaya rendah (Alves, dkk, 2006).

Perkembangan aplikasi gipsum saat ini telah mengalami peningkatan yang signifikan. Ada banyak aplikasi gipsum yang digunakan, salah satunya dengan menambahkan beberapa bahan tambahan guna meningkatkan sifat mekanik maupun sifat fisis dari gipsum yang telah ada sebelumnya, diantaranya adalah penggunaan komposit bambu. Seperti yang telah dilakukan oleh Araujo, dkk yang meneliti tentang gipsum ditambah dengan bambu dan CaCl_2 . Tiga variasi konsentrasi CaCl_2 : 0%, 2% dan 4%. Hasil dari penelitian ini adalah dengan penambahan CaCl_2 di gipsum bambu meningkatkan ikatan internal dan mengurangi penyerapan air. Sifat lainnya tidak terpengaruh secara signifikan. Dalam penelitian ini, penambahan bambu mengakibatkan penurunan rasio hidrasi, temperatur hidrasi maksimum (MHT) dan meningkatkan waktu hidrasi. Dalam semen dicampur dengan bambu MHT berkurang dari 51°C sampai $34,9^\circ\text{C}$ dan waktu untuk mencapai MHT meningkat 38% dan rasio hidrasi berkurang tiba-tiba sebanyak 84,4%, dari $5,21^\circ\text{C} / \text{jam}$ menjadi $0,81^\circ\text{C} / \text{jam}$. Indeks penghambatan bambu dengan gipsum sangat rendah, 1,2%, menunjukkan bahwa hidrasi gipsum tidak dipengaruhi oleh penambahan bambu (Araujo, dkk, 2011).

Bambu mempunyai kekuatan tarik sejajar serat yang tinggi namun kekuatan gesernya rendah (Janssen, 1991 : 94-101). Penelitian lebih lanjut oleh Morisco (1999:14-16)



memperlihatkan kekuatan tarik bambu dua kali kekuatan tarik baja. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Morisco (1999:6-8) kekuatan tarik rata-rata dalam keadaan kering oven bambu petung adalah 1900 kg/cm^2 (tanpa buku) dan 1160 kg/cm^2 (dengan buku). Ditinjau dari posisi potongan bambu, kekuatan tarik rata-rata bambu petung pada bagian pangkal 2278 kg/cm^2 , bagian tengah 1770 kg/cm^2 dan bagian ujung 2080 kg/cm^2 . Berdasarkan pengujian kuat tekan rata-rata bamboo petung bulat pada bagian pangkal 2769 kg/cm^2 , pada bagian tengah 4089 kg/cm^2 dan pada bagian ujung 5479 kg/cm^2 .

Bambu petung (*Dendrocalamus asper*) sebagai salah satu jenis dari genus *Dendrocalamus*, merupakan jenis bambu yang banyak dikenal karena berdiameter cukup besar bila dibandingkan dengan jenis bambu lain, sekitar 10 – 18 cm, berdingding tebal, 11 – 18 mm (Othman, 1995). Bambu petung memiliki serat yang panjang yaitu 4,69 mm. Serat yang panjang ini akan membantu terbentuknya jalinan ikatan antar serat yang lebih baik sehingga memiliki kekuatan yang tinggi dan tidak mudah ditembus oleh cahaya (Widya dan Euis, 2008; Haygreen dan Bowyer, 1996). Bambu betung memiliki prosentase zat terlarut dalam etanol benzena sebesar 0,91 % yang dengan kata lain sangat rendah. Akan tetapi prosentase zat terlarut dalam NaOH 1% tinggi yaitu sebesar 24,06 % . Zat terlarut dalam alkohol benzena antara lain resin, lemak, lilin dan tanin, sedangkan zat terlarut pada NaOH ialah lignin, pentosan dan heksosan. Kehadiran zat ekstraktif yang berupa minyak dan lemak akan mengurangi kekuatan ikatan antar serat, memperbesar konsumsi alkali dan memperlambat delignifikasi (Widya dan Euis, 2008). Sedangkan kehadiran zat lignin mengakibatkan sifat kegetasan serta menyebabkan resin tidak meresap sepenuhnya pada serat bambu sehingga ikatan antara serat dan matriks tidak cukup kuat dan mempengaruhi kekuatannya ketika pengujian tarik dilakukan. (Arfie, 2010). Bambu betung memiliki nilai *slenderness* (Perbandingan antara diameter lumen dengan diameter serat) yang tinggi, sehingga sifat



lentur serat akan semakin besar akibatnya pembentukan ikatan antar serat akan lebih baik. (Tamolang dan Wangaard 1961 *dalam* Ramdhani 1994). Kadar holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) pada Bambu Betung juga tinggi yaitu 83,8%. Selulosa yang tinggi mengindikasikan serat yang kuat, warna pulp lebih putih, relatif tahan terhadap bahan kimia dalam pemisahan dan pemurniannya serta tidak larut dalam pelarut organik netral dan air (Casey 1980 *dalam* Wardoyo 2001). Hemiselulosa yang tinggi menyebabkan serat bersifat lebih fleksibel yang penting dalam proses penggilingan, seratnya lebih mengambang dan plastis karena daya serap airnya tinggi. Serat yang plastis menyebabkan luas permukaan yang tinggi pada waktu pembentukan pulp. (Widya dan Euis, 2008).

Penelitian dilakukan oleh Rao, dkk yang menganalisa serat electrospun menyerupai matriks ekstraselular dan berhasil digunakan dalam pemberian obat dan penyembuhan luka. Penelitian ini melaporkan ekstraksi selulosa dari serat alami seperti bambu yang hemat biaya. Ini kemudian ditambahkan ke Poli (2-hidroksi etil metakrilat) (pHEMA) dan electrospun untuk mendapatkan pHEMA-selulosa serat bambu nanokomposit. Biokompatibilitas serat nanokomposit dipelajari dengan metode ekstraksi MTT menggunakan garis sel Vero. Demikian pula aktivitas antikanker dari paclitaxel dimasukkan pada serat nanokomposit yang dianalisa menggunakan MCF 7 baris sel kanker. Serat nanokomposit menunjukkan 96% kelangsungan hidup sel dan paclitaxel dimasukkan pHEMA- selulosa serat bambu nanokomposit menunjukkan 7,4% viabilitas sel kanker pada 72 jam. Hal ini membuktikan penerapan yang disiapkan matriks polimer komposit serat sebagai jaring berserat meliputi daerah kulit yang terkena kanker kulit atau penyembuhan luka. selulosa serat bambu nanokomposit bertindak sebagai perancah antikanker untuk penyembuhan luka dan pengobatan kanker kulit.



Penelitian dilakukan oleh Ma, dkk yang meneliti Nanocrystals Selulosa (CNCs), juga disebut nanowhiskers selulosa, nanorods selulosa, atau nanokristalin selulosa, dibuat dari *Phyllostachys heterocycla* menggunakan selulase komersial untuk hidrolisis. Proses hidrolisis enzimatik dan kinerja aplikasi serta biokompatibilitas dari CNCs diselidiki. Di sini, kondisi hidrolisis selulase yang dioptimalkan dengan dosis selulase 0,01 mL / g kering serat, temperatur hidrolisis 60 ° C, waktu hidrolisis 3 jam, dan konsentrasi serat bambu dari 2% berat. Dengan kondisi tersebut, menghasilkan sel osteosarcoma manusia MG-63 yang diteliti pada 1, 3, 5 dan 7 hari. Menghasilkan proliferasi dari MG-63 dengan serat bambu lebih baik dari tipe CNCs selulosa hidrolisis. CNCs ditahan lebih banyak pada kesamaan dengan serat bambu asli daripada yang dibuat dengan hidrolisis asam sulfat. Produk ini juga menunjukkan potensi biokompatibilitas, yang memperluas penerapannya di bidang biofarmasi dan biomedis (Ma, dkk, 2014).

Penelitian dilakukan Lizzete, menggunakan serat bambu sebagai film hidrogel selulosa untuk perkembangbiakan sel. Persiapan larutan selulosa menggunakan tiga metode pelarut yang berbeda, diantaranya dengan NaOH, larutan NaOH / urea dan larutan DMAc / LiCl. Beberapa film hidrogel dianalisa pengaruh metode pelarutan terhadap sifat yang dimiliki. Ditemukan bahwa kekuatan tarik dari hidrogel yang dihasilkan film meningkat 21-66 N/mm² ketika digunakan DMAc / LiCl, sedangkan NaOH / urea bertujuan untuk melarutkan serat bambu. Kecenderungan yang sama diamati pada nilai-nilai elongasi yang diperoleh. Selain itu, perbedaan yang luar biasa dalam budidaya sel fibroblast ketika metode DMAc / LiCl digunakan dalam sel terjadi peningkatan density. Namun, cytocompatibility rendah terjadi pada pelarut yang menggunakan NaOH dan metode NaOH / urea yang digunakan. Sedangkan pada hasil yang diperoleh dengan metode DMAc / LiCl menunjukkan bahwa film hidrogel diuraikan oleh larutan selulosa sehingga memiliki



cytocompatibility baik untuk perkembangbiakan sel (Lizzete, 2014). Berikut adalah spesifikasi bambu petung, dapat dilihat pada tabel 2.5:

Tabel 2.5 Spesifikasi bambu petung dapat dilihat pada

No	Spesifikasi	MPa
1	Kuat lentur	134,972
2	Kuat tarik sejajar serat	228
3	Kuat tekan sejajar serat	49,206
4	Kuat tekan tegak lurus serat	24,185
5	Kuat geser sejajar serat	9,505
6	Modulus elastisitas lentur	12888,477

(Irawati dan Saputra, 2012)

Dari sekian banyak penelitian tentang bambu, serat bambu berpotensi sebagai komposit pada gipsium cast. Penggunaan bambu diharapkan dapat memperbaiki sifat mekanik serta sebagai anti bakteri pada gipsium yang dapat mengurangi resiko iritasi kulit. Dalam pembuatan komposit gipsium cast, penggunaan microwave sebagai salah satu metode alternatif untuk mendapatkan serbuk gipsium anhidrat yang diharapkan memiliki sifat mekanik serta biologis yang sesuai.

2.6 Gelombang Mikro

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap dalam pemanasan menggunakan gelombang mikro yaitu daya. Radiasi gelombang mikro dengan pemanasan yang tinggi meningkatkan temperatur dengan cepat selama proses nukleasi dan pertumbuhan kristal (Chen dkk, 2010 dan Gaashani, 2010). Ketergantungan antara daya microwave diterapkan dalam pemanasan dan kenaikan suhu dapat digambarkan dengan persamaan:

$$\Delta T = \frac{P \times t}{V \times c_p \times \rho}$$



di mana:

ΔT - peningkatan temperatur rata-rata dari tubuh dipanaskan (K),
P - daya microwave digunakan untuk pemanasan (W)
V, cp , ρ - volume, kapasitas panas, kepadatan (m^3 , J / kg.K, kg / m^3)

t - waktu pemanasan (s) (Hooke,2002)

Faktor lain adalah waktu radiasi, sebuah penelitian mengenai sintesis SnO₂ membuktikan bahwa waktu radiasi yang semakin besar memberikan pengaruh pada ukuran kristal SnO₂. Ukuran kristal SnO₂ untuk waktu radiasi lima menit yaitu 21nm sedangkan ukuran kristal SnO₂ untuk waktu radiasi 15 menit yaitu 24 nm(Rajesh dkk, 2014).

Penelitian dilakukan oleh Colak yang meneliti gipsum hemihidrat yang ditambahkan PVA, SBR, dan PMMA. Penelitian ini berkaitan dengan kemampuan kerja, pengaturan dan kekuatan karakteristik komposit polimer-plester. Diskusi persamaan yang berasal semi-empiris untuk menggambarkan ketergantungan porositas sifat mekanik (modulus elastisitas, lentur dan kuat tekan) plester juga disertakan. Persamaan yang diusulkan tampak dalam perjanjian umum dengan data eksperimen yang diperoleh untuk plester dimodifikasi. Pengenalan lateks seperti polivinil asetat, karet stirena-butadiena dan polymethylmethacrylate ke plester meningkatkan waktu pengaturan dan mengurangi nilai dari kekuatan lentur dan tekan. Kebutuhan air dari plester diamati menurun dengan meningkatnya dosis lateks. Dengan penambahan polymethylmethacrylate dari 2.5, 5, 7.5 % dapat meningkatkan setting time dari 13, 19 sampai 25 menit. Tetapi menurunkan nilai kelenturan dari 7.2, 6.8, sampai 5.12 MPa, penurunan juga terjadi pada kuat tekan dari 15.6, 15.6, 12.7 Mpa (Colak, 2006). Dalam rangka bertujuan untuk meningkatkan pemanfaatan dan nilai ekonomis dari cangkang kerang dalam dunia medis, maka penelitian ini berfokus pada pembuatan *composite gypsum cast*



yang berasal dari limbah kulit kerang dengan menggunakan metode gelombang mikro yang dikombinasikan dengan serat bambu dan methylmethacrylate (MMA). Dimana parameter rasio serbuk-air dan persentase dari serbuk-serat akan diamati dan dianalisa terhadap sifat mekanik dan biologis.

2.7.1 Mekanisme pemanasan microwave

Microwave (gelombang mikro) dapat menyebabkan pergerakan molekular yang disebabkan oleh terjadinya migrasi ionik dan/atau rotasi dipolar. Pemanasan *microwave* pada suatu material tergantung pada *dissipation factor*, dimana menunjukkan *radiodielectric loss* atau *loss factor* terhadap dielektrik constant dari suatu material. Sehingga material dengan *loss factor* tinggi menjadi mudah dipanaskan dengan energi *microwave*. Pada kondisi riil, *ionic conduction* dan *dipolar rotation* merupakan dua mekanisme yang terjadi pada *microwave energy loss*. (Kingston dan Jassie,1985).

MWH (*MicroWave Heating*) didefinisikan sebagai "mekanisme konversi energi volumetrik," yang secara fundamental berbeda dari perpindahan panas yang pendek pada pemanasan konvensional (CH). Sebagai konsekuensi dari meningkatnya penelitian ilmiah pada pemanasan microwave (MWH), mikrowave banyak digunakan baik dalam aplikasi skala kecil maupun skala besar, yang terwujud dalam berbagai sektor. Mekanisme dominan MWH bergantung pada konversi langsung dari energi microwave dalam target, yang berbeda dari mekanisme CH. Perbedaan ini sangat signifikan sehingga dapat menghindari banyak masalah dan keterbatasan yang terkait dengan CH, gradien temperatur di dalam dan di luar materi yang dipanaskan, dan pembentukan lapisan arang umum di pirolisis konvensional (CP). MWH adalah mekanisme pemanasan volumetrik, dengan berbagai ukuran dan bahan baku non-homogen yang dapat diterima. Selain itu, MWH bisa panas selektif, pemanasan dapat terkonsentrasi pada komponen tertentu



antara beberapa komponen, yang mungkin menyebabkan reaksi awal yang tidak dapat dimulai ketika CH diterapkan, atau mencapai reaksi yang ada di bawah kondisi yang berbeda dari proses klasik. Aspek ini dapat secara dramatis mengurangi jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan tertentu, yang akibatnya dapat mengurangi biaya operasional serta potensi bahaya termal.

Bahan yang berinteraksi dengan energi gelombang mikro disebut dielektrik. Tingkat interaksi ini tergantung pada struktur elektronik dari bahan yang bersangkutan. Interaksi dielektrik dengan bidang microwave menginduksi osilasi dari distribusi muatan dalam bahan pada frekuensi medan terapan. Gaya gesek mengembang dan energi ini hilang sebagai panas. Dua elemen kunci yang menggambarkan perilaku dari bahan dielektrik dalam bidang microwave adalah faktor konstan dan kerugian dielektrik (Adam, dkk, 2014). Literatur menunjukkan bahwa pemanasan microwave terjadi melalui dua mekanisme, yaitu polarisasi dipole, dan konduksi ionik sedangkan yang lain disebut polarisasi antar muka, adalah kombinasi dari keduanya (Kingston dan Jassie, 1998, Mingos dan Baghurst, 1991 dan Taylor et al., 2005).

a. Polarisasi dipol

Polarisasi dipole adalah dimana panas yang dihasilkan dalam molekul polar seperti air. Dipol menyesuaikan diri dengan memutar dengan medan listrik yang berhubungan dengan gelombang. Untuk mencapai efek termal. Frekuensi microwave harus disesuaikan bahwa dalam medan listrik bolak-balik, perbedaan fasa antara dipol memutar dan berorientasi lapangan menyebabkan gesekan molekul dan tabrakan yang menimbulkan pemanasan dielektrik (Gabriel, dkk, 1998 dan Kappe, 2005).



b. Sifat dielektrik

Memahami sifat dielektrik sangat penting dalam semua sistem microwave untuk mengevaluasi respon dari bahan energi microwave dan untuk memastikan bahwa desain yang paling efisien digunakan untuk mentransfer energi untuk materi. Sifat dielektrik fase tidak berubah dengan temperatur, sehingga respon temperatur yang dihasilkan dari fase tertentu adalah linear, memungkinkan untuk ditingkatkan untuk memberikan energi yang dibutuhkan (dalam kWh / t) untuk mencapai 1400 ° C (Adam, dkk, 2014).

2.7.2 Microwave assisted extraction

pembuatan gipsum dengan menggunakan microwave berdasarkan pemanasan pelarut yang penyerapannya dari energi microwave oleh molekul polar, yang meningkatkan penyerapan pelarut kedalam matrik sampel. Ekstraksi menggunakan microwave digunakan untuk ekstraksi senyawa organik dari tipe yang sangat berbeda dari matriknya, karena larutan tersimpan dan sangat cepat serta efisien energi termal yang digunakan. Metode ini memenuhi kecepatan tranfer energi, memfasilitasi larutan yang dianalisis, dan juga mendukung ikatan hidrogen yang lemah (K. Duarte, dkk, Portugal). Sekarang ini, perubahan total dari sampel padatan dalam larutan aqueous tanpa abu kering, tujuannya agar sampel dengan konten komposisi organik tinggi (seperti, makanan, tumbuhan, dan material biologikal). Metode reaksi basah merupakan tipe sistem terbuka atau tertutup, yang mana menggunakan larutan asam (HNO_3 , HCl , HF , HClO_4 , atau H_2SO_4). Di beberapa kejadian, alat pemanas konvensional (*burner*, *hot plate*, dan *sand bath*) atau radiasi microwave merupakan inovatif dan mengikuti pendekatan dengan jarak yang besar untuk preparasi sampel (Fabio, dkk, 2014).

2.7.3 Kelebihan dan efek penggunaan Gelombang Mikro



a. Kelebihan gelombang mikro

Keuntungan yang menarik perhatian para kimiawan untuk pemanasan microwave adalah; tingkat pemanasan yang lebih tinggi dalam waktu singkat, tidak ada kontak langsung antara reaktan dan sumber energi, dan pemanasan bersih, selektif dan jauh dari reaktan dalam suasana yang diinginkan. Selain itu, aplikasi non-termal gelombang mikro termasuk mengukur sifat dielektrik dari berbagai macam zat seperti karet, kayu, kertas, kaca, polimer sintesis, dan bahan pertanian (Menendez, dkk, 2009). Pemanasan volumetrik, dengan berbagai ukuran dan bahan baku non-homogen yang dapat diterima. Pemanasan dapat terkonsentrasi pada komponen tertentu antara beberapa komponen, yang mungkin menyebabkan memulai reaksi. Sehingga dapat menghemat energi akibat panas yang terkonsentrasi. Selain itu, mudah dan cepat dimulai dan diakhiri, modus pemanasan sangat tepat dan aman, dan proses yang ramah lingkungan.

Perbandingan antara pemanasan konvensional dengan pemanasan gelombang mikro (*Microwave*) dalam mengindikasikan efisiensi waktu berdasarkan bahan campuran sintesis.

Tabel 2.6 perbedaan efisiensi dari berbagai material

Compound synthesized	Reaction time- microwave	Reaction time- conventional	References
Esterification (benzoic acid with methanol)	5 min	8 h	Gedye et al (1988)
4-nitrobenzyl ester	2 min	1.5 h	Gedye et al (1988)
CuBi_2O_4	5 min	18 h	Jones & Akridge



			(1995)
Bi ₂ Pd (Intermetallic)	4 min	12 h	Lekse et al. (2007)
Ag ₃ In (intermetallic)	2 min	48 h	Lee & So. (2000),
Layered Al and Zn double hydroxide with Na-dodecyl sulfate	1-2 h	2-3 days	Hussein et al. (2000)
Bronzes (NaxWO ₃)	13-15 min	-	Guo et al. (2005)
Ti N	30 min	-	Vaidhyanath an & Rao (1997)
Cubanite CuFe ₂ S ₃	30 min	3 days	Chandra et al. (2010)
La _{2-x} Sr _x Mn ₂ O ₄	30 s	-	Mingos & Baghurst. (1991)
High Tc superconducto rs YBCO	12 h	72 h	Binner & Al- Dawery (1998)
Zeolite synthesis	170 °C in 30 s	170 °C in 60 min	Jansen (2004)
MgB ₂	11 min	-	Dong et al. (2007)
NaAlH ₄	2 h	8 h	Krishnan et al. (2009)
La _{0.2} Sr _{0.8} Mn _{0.8} Fe _{0.2} O _{3+Δ}	3 h	Days	Chandra

(Saxena, 2011).



Ternyata efisiensi tidak hanya dari waktu saja, tapi bisa juga dilihat dari material yang digunakan. Beberapa peneliti lainnya juga meneliti pengaruh gelombang mikro dan pemanasan secara konvensional, ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.7 Kelebihan pemanasan gelombang mikro (MWH) dibandingkan pemanasan konvensional (CH)

peneliti	tujuan	kesimpulan
Shekara, dkk, 2012	Sedikit pelarut acylation dari ρ - cresoldengan perbedaan asam karboksilat dari pada BEA zeolite	MHW lebih cepat mengalami perubahan dibanding CH:50-80% lebih sedikit dibandingkan 20% pada CH
Patil, dkk, 2011	Transesterifikasi dari minyak Camelina sativa menggunakan katalis metal oxide	Pada MWH laju reaksi konstan yang besarnya lebih tinggi dari yang diperoleh CH
Zhang dan Zhao, 2010	Penelitian hasil dari 5-hydroxymethylfurfural dan furfural dari lignocellulosic biomass pada larutan ionik	MHW menghasilkan peningkatan yield dan menurunkan waktu reaksi
Budarin, dkk, 2009	Kristalisasi dari zeolite T menggunakan MHW lebih baik dari CH	MHW memiliki reaksi yang sangat cepat dibanding CH



Guiotoku, dkk, 2009	Penelitian karbonisasi hidrotermal dari serbuk pohon cemara dan selulosa	MWH meningkatkan c Karbonisasi
Krazan dan Zagar, 2009	Likuifaksi dari kayu dengan glycols menggunakan asam p-toluenesulfonic sebagai katalis	MWH menurunkan waktu likuifaksi dengan minimum katalis yang digunakan
Dogan dan Hilmioğlu, 2009	Dissolusi dari selulosa pada <i>N</i> -methylmorpholine- <i>N</i> -oxide	MWH memiliki waktu lebih pendek dibanding dengan metode tradisional
Sithambaram, dkk, 2008	Katalisoksidasi K - OMS dari tetralin	MWH mempertinggi konfersi dibanding CH: berturut-turut (52-88%) dan (42-80%)
Orozco, dkk, 2007	Penelitian dilusidari rumput dan selulosa pada asam fosfat pada perbedaan kosentrasi di air	MWH menghasilkan glukosa tinggi pada waktu yang pendek dibandingkan metode tradisional MWH memiliki laju reaksi tinggi pada temperatur rendah, yang mana mencegah pembentukan <i>hot</i>



		<i>spot</i>
Karthekeyan, dkk, 2006	Ekstraksi Aromatik polikliklik hidrokarbon dari partikel <i>airborne</i>	Waktu ekstraksi MWH dapat selesai pada hitungan menit dibandingkan hitungan jam seperti metode tradisional dengan banyak perbedaan komponen kimia
Zhu, dkk 2005	Pre treatment dari nasi menggunakan mikrowave/alkali	Menghasilkan selulosa sangat tinggi, rendah kelembapan, lignin, dan hemiselulosa dari pada yang dihasilkan oleh perlakuan alkali saja
Lucchesi, dkk, 2004	Pelaurt bebas ekstraksi mikrowave dari minyak kemangi, mint, dan thyme	Minyak pertama hilang setelah 5 menit dari MWH dibandingkan dengan 30 m enit pada CH. Konsumsi eneri 0,25 kWh pada MWH dibanding 4,5 kWh pada CH
Menendez, dkk,	Pirolisis dari tepung	Proses pirolisis



2004	endapan <i>swage</i> dari perbedaan perlakuan tumbuhan	sangat cepat dari pada CP. MWH menghasilkan gas lebih rendah dari pada CH
------	--	--

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa gelombang mikro memang memiliki banyak sekali kelebihan dibandingkan dengan pemanasan konvensional. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa gelombang mikro memiliki efek dalam aplikasinya, diantaranya adalah:

b. Efek mikrowave

Gelombang mikro memiliki waktu reaksi yang relatif cepat, hal ini tentu disebabkan oleh banyak hal. Diantaranya, tingkat pemanasan microwave, konduksi panas, kepadatan daya yang diserap oleh bahan dan efek reaksi panas. Di antara mereka, kepadatan daya diserap oleh bahan memainkan peran penting dalam microwave pemanasan. Karena kepadatan daya yang diserap oleh bahan adalah berbanding lurus dengan daya microwave (Hua, dkk, 2006). Penelitian yang dilakukan oleh Jian, dkk yang membentuk CaS dari CaSO₄. Sampel disiapkan dengan menggunakan mikrowave (MW) pada 1000 °C untuk 10 menit dan sampel lainnya dengan metode solid state (SS) pada 1000 °C selama 30 menit tanpa penambahan H₂. Sampel dengan MW terdiri dari campuran CAS dan CaO, sedangkan sampel lain yang disiapkan oleh SS terdiri dari CaS dan tidak bereaksi dengan CaSO₄. Hasil ini mengungkapkan bahwa MW menyebabkan dekomposisi CaSO₄ ke Ca lebih tinggi dibandingkan dengan SS. Intensitas jelas meningkat dengan meningkatkan daya microwave dan mencapai maksimum pada 1100 W. Secara umum, medan elektromagnetik di penembakan MW akan menginduksi beberapa reaksi non-kesetimbangan termodinamika yang umumnya tidak



terjadi dalam sistem kesetimbangan temperatur tinggi. Kemampuan pemanasan MW didasarkan pada kemampuan bahan untuk menyerap elektromagnetik energi frekuensi tinggi dan mengubahnya menjadi panas. Proses ini karena polarisasi dipole dari molekul atau atom radikal. Struktur atom CaSO_4 dapat diubah ke dielektrik polar untuk atom dengan momen dipol. CaSO_4 dikenakan MW medan elektromagnetik, polarisasi dipol transformasi memainkan peran penting. faktor yang mempengaruhi proses pemanasan MW terletak pada dielektrik milik CaSO_4 . Properti dielektrik material bertindak sebagai indikator yang efektif untuk memprediksi kelangsungan efek pemanasan karena energi MW. Untuk bahan dielektrik, properti untuk menyerap dan menyimpan energi elektromagnetik diberikan oleh permitivitas kompleks (Chandrasekaran, dkk 2012 dan Rao, dkk, 2012).

Sebagai bahan ditempatkan dalam bidang MW dengan frekuensi tinggi dari 2,45 GHz, polarisasi dipol transformasi tidak mengikuti frekuensi medan listrik, yang menyebabkan total polarisasi berkurang. Penurunan polarisasi yang efektif mencirikan penurunan konstanta dielektrik asli dan peningkatan hilangnya faktor materi. Akibatnya, penataan kembali terjadi satu juta kali per detik, yang menghasilkan gesekan internal molekul, menyebabkan material yang memiliki pemanasan volumetrik (Jian, dkk, 2014). Ganesapillai, dkk melakukan penelitian tentang pengaruh bentuk sampel gipsum hemihidrat. Pengaruh intensitas microwave pengeringan dengan kekuatan yang berbeda-beda, pasokan terus menerus energi gelombang mikro menghasilkan temperatur sampel untuk mencapai titik di mana sampel mulai retak, sementara daya yang rendah menghasilkan pengeringan maksimum gipsum. laju pengeringan lebih tinggi untuk sampel dengan kadar air awal yang lebih tinggi, yang tidak mungkin dicapai oleh pengeringan konvensional lainnya (Ganesapillai, dkk, 2009).



BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Bahan

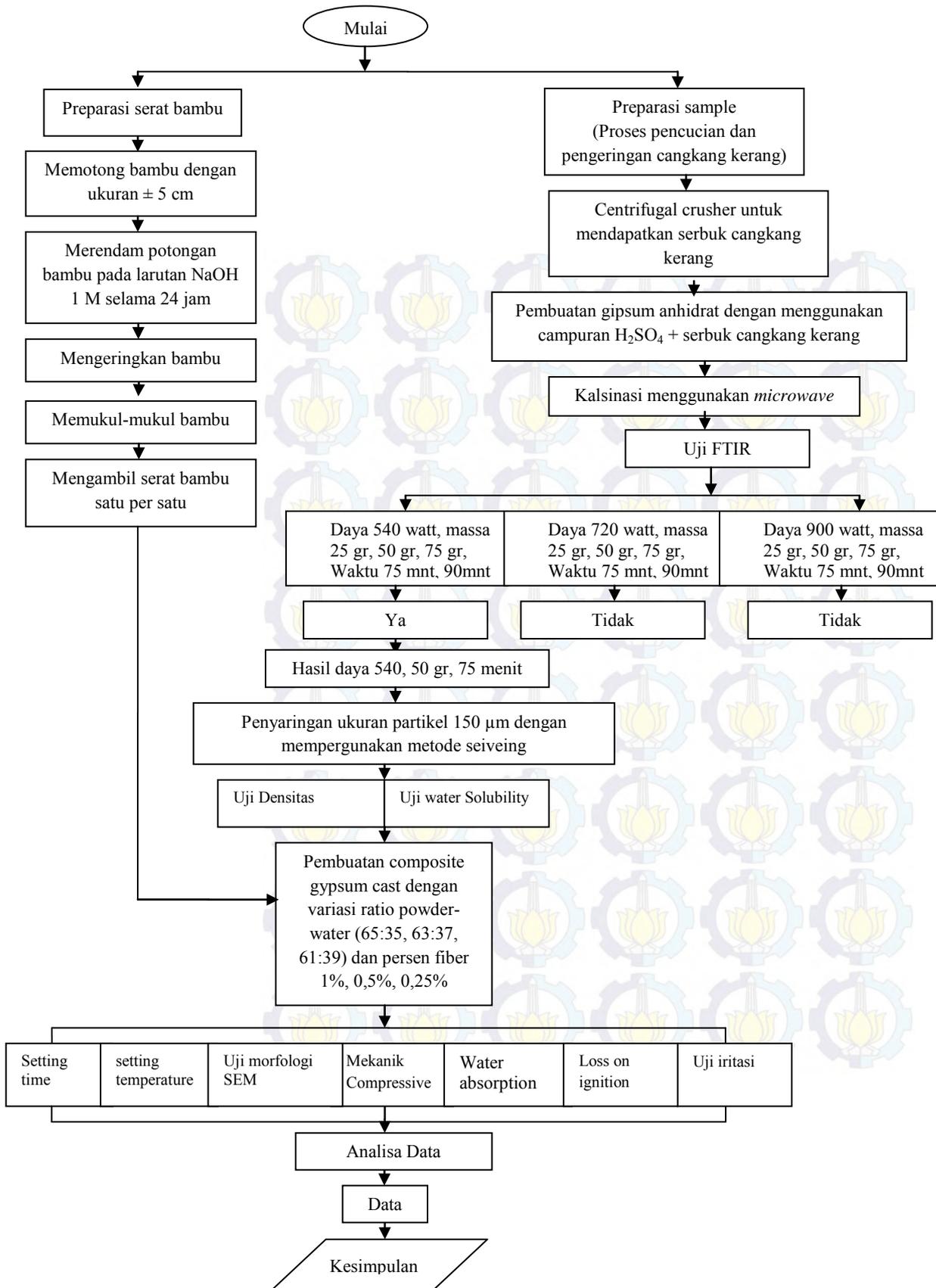
1. Serbuk Cangkang kerang
2. Asam sulfat pekat-98% SAP Chemical
3. Aquades steril
4. NaOH-48% SIUP 503/8713.A/4336.6.11/2012

3.2 Alat

1. Centrifugal crusher
2. Neraca analitik
3. Crucible
4. Microwave oven
5. Termometer infrared
6. Baker glass
7. Gelas ukur
8. Pipet
9. Magnetic stirer
10. Sarung tangan
11. Masker
12. Spatula
13. Stirer bar
14. Keras pH



3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 diagram alir



3.4 Prosedur Percobaan

3.4.1 Preparasi serat bambu

Bambu betung dipotong sepanjang 30 cm dengan gergaji. Setelah dipotong, bambu dipukul-pukul hingga ligninnya hancur dan serat terpisah satu sama lain. Selanjutnya bambu direndam pada larutan NaOH 1 molar selama 24 jam untuk memisahkan lignin, pentosan, dan heksosan agar bambu mudah untuk diserat. Mencabut serat bambu satu persatu.

3.4.2 Preparasi serbuk cangkang kerang

a. Pencucian

Preparasi sampel dimulai dari pencucian yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor dari kerang, seperti limbah plastik, karang, serta jenis kerang selain 4 jenis kerang yang menjadi parameter dalam penelitian ini. Pada tahap pencucian, tidak menggunakan bahan kimia, melainkan hanya menggunakan air bersih yang mengalir.

b. Pengeringan

Setelah tahap pencucian selesai, cangkang kerang menuju tahap pengeringan. Pada pengeringan ini cangkang kerang dijemur dibawah terik matahari langsung selama 1-3 hari, tergantung dari jenis kerang dan terik matahari yang ada.

3.4.2.1 Proses Crushing

cangkang kerang yang sudah bersih dan kering, tahap selanjutnya adalah crushing menggunakan alat sentrifugal crusher. Bertujuan untuk mereduksi ukuran supaya lebih halus dan homogen. Crushing dilakukan dengan kecepatan 1400 rpm.



3.4.3 Proses Pembuatan Serbuk Gypsum Anhidrat

Metode pembuatan gipsum ini menggunakan metode gelombang mikro. Pada metode ini serbuk cangkang kerang direaksikan dengan larutan H_2SO_4 6 M. Tujuannya agar kalsium (Ca^{2+}) dapat berikatan dengan sulfat (SO_4^{2-}) sehingga dihasilkan gipsum (CaSO_4). Kemudian campuran serbuk kerang dan larutan H_2SO_4 6M diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer pada temperatur 70°C dengan kecepatan 1000 rpm. Selanjutnya diendapkan selama 24 jam pada temperatur kamar supaya terbentuk endapan gipsum. Setelah terbentuk endapan, memisahkan endapan dan larutannya. Endapan gipsum pHnya masih asam, sehingga dilakukan pencucian agar tingkat keasamannya menurun. Pencucian dilakukan dengan menggunakan aquades hingga endapan memiliki pH 5. Kemudian endapan ditimbang dengan neraca analitik untuk mengetahui massa endapan gipsum.

3.4.3.1 Proses Pemanasan dengan Gelombang Mikro

Proses pemanasan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah menggunakan pemanasan secara non-konvensional (*microwave*). Pada proses ini, cangkang kerang yang telah dicrusher diletakkan di dalam *crushibel* kemudian dimasukkan ke dalam *microwave*. Pemanasan ini menggunakan variasi daya 540 W, massa 50 gram, serta waktu pemanasan 75 menit. Saat pemanasan selesai, temperatur serbuk diukur menggunakan termometer infrared Dekko IR-550C.

a. Pengujian Densitas dengan Piknometer

Pengujian densitas digunakan untuk menentukan kepadatan komposit gipsum cast dan digunakan untuk menentukan kesesuaian dengan spesifikasi. Pengujian densitas menggunakan piknometer dihitung dengan rumus :



$$\rho_s = \rho_{fl} \frac{m_s}{[m_{fl} - m_{(fl+s)}] + m_s}$$

b. Water Solubility

Water Solubility digunakan untuk mengetahui kelarutan gipsum dalam air. Dengan cara melarutkan 0,5 gr gipsum dalam 100ml air. Kemudian menunggu sampai kering untuk ditimbang. Perhitungan dilakukan dengan rumus:

$$A = M_1 - M_2$$

Dimana A = water solubility

M_1 = massa kering sebelum dilarutkan dalam 100 ml air

M_2 = massa kering setelah dilarutkan dalam 100 ml air

3.4.2.4 Seiving (pengayakan)

Seiving digunakan untuk menentukan kehalusan partikel gipsum, serta untuk menentukan kesesuaian dengan spesifikasi gipsum. Untuk standart gipsum cast berkisar 150 μ m. Seiving dilakukan dengan cara mengocok sample melalui saringan dengan sedikit abrasi, jumlah berat bahan yang ditahan pada setiap saringan serta perhitungan kehalusan yang dinyatakan sebagai persentase dari berat sample asli.



3.4.4 Proses Pembuatan Gypsum Composit Cast

3.4.4.1 Proses pembuatan gipsum cast

Tabel 3.1 Parameter Penelitian komposit Gypsum Cast dengan serat bambu

Parameter	Analisis							
	IR temperature Measurement	Setting time	FTIR	SEM	Compressive strength	Water absorption	Loss on Ignition	Uji alergi
I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
II	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
III	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
IV	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
V	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VII	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VIII	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
IX	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



Kode	Keterangan
I	P65:W35:F1%
II	P65:W35:F0,5%
III	P65:W35:F0,25%
IV	P63:W37:F1%
V	P63:W37:F0,5%
VI	P63:W37:F0,5%
VII	P61:W39:F1%
VIII	P61:W39:F0,5%
IX	P61:W39:F0,25%

3.4.5 Pengujian

c. Analisis Komposisi Kimia

Analisis komposisi kimia yang digunakan adalah FTIR (Thermo Science Nicolet IS10). FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari serbuk gipsum anhidrat.

d. Setting Temperature

Perhitungan temperatur dilakukan dengan menggunakan thermometer infrared. Thermometer infrared digunakan untuk mengukur temperatur gipsum cast. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui apakah panas pada gipsum cast masih bisa diterima oleh kulit pengguna atau tidak.

e. Loss of ignition

Pengujian loss of ignition dilakukan untuk mengetahui persen kehilangan berat dari komposit gipsum cast. Dimana metode yang digunakan adalah mengadap metode penelitian dari Juan, dkk, 2004.

f. Analisis Morfologi

Analisis morfologi yang digunakan adalah SEM (FEI INSPECT S50). Pengujian SEM ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran dan daerah perpotongan. Hal ini bertujuan untuk menganalisa struktur yang ada pada komposit gipsum cast.



g. Uji Mekanik

Uji mekanik dilakukan menggunakan uji kuat tekan (compressive test). Compressive test digunakan untuk mengetahui kuat tekan dari gipsum komposit cast dengan menggunakan standart tes IS:4542 (lampiran 1). Gipsum komposit cast dicetak dan dikeringkan dengan ukuran 3cmx3cmx3cm. Dengan menerapkan beban terus menerus dan tanpa kejutan, pada tingkat yang konstan dengan kisaran 1 sampai 4 kgf/cm², setelah 50% dari beban maksimum telah tercapai.

h. *Water absorption ability*

Perhitungan water absorption digunakan untuk mengetahui kemampuan gipsum cast dalam menyerap air dengan merendamnya di air selama 2 jam dan 24 jam pada temperatur ruang sesuai dengan ASTM C1396 (lampiran 2).

$$A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\%$$

Dimana,

A = water absorption

M₁ = massa kering

M₂ = massa setelah direndam

i. Pengujian Alergi

Tujuan dari pengujian ini adalah menentukan apakah suatu material mengandung bahan yang berbahaya (*toxic*) secara biologi. Pengujian iritasi dilakukan dengan menggunakan kulit manusia. Dimana kulit manusia dibebat dengan komposit gipsum cast. Monitoring dilakukan selama 3 hari. Pengamatan hasil iritasi kulit dilakukan secara visual. Pengujian iritasi sesuai dengan standart pengujian OECD test guideline 404 untuk *human testing*.



BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Serbuk Gypsum Anhidrat

4.1.1 Analisa Temperatur

Analisa temperatur dilakukan dengan menggunakan thermometer infrared. Analisa ini bertujuan untuk menghitung temperatur gypsum anhydrate setelah proses radiasi gelombang mikro. Dari tabel 4.1 diketahui bahwa dengan bertambahnya waktu radiasi maka temperatur serbuk cangkang semakin naik. Kenaikan temperatur ini dikarenakan dengan waktu yang lebih lama maka material menyerap energi gelombang mikro lebih banyak (He dkk, 2013). Demikian pula, pada radiasi dengan variasi massa, dengan naiknya massa material maka temperatur semakin naik, namun kenaikan temperatur ini tidaklah selalu konstan. Seperti pada radiasi dengan variasi massa 50 gram, daya 540 watt, dengan waktu konstan 90 menit, variasi massa 50 gram, 720 Watt, dengan waktu konstan 75 dan 90 menit, temperatur material fluktuatif. Hal ini dikarenakan gipsum (kalsium sulfat) termasuk ke dalam material dengan faktor kehilangan dielektrik yang rendah (*low loss material*) sehingga kemampuan menyerap energi gelombang mikro tidak selalu konstan (He dkk, 2013). Jika dilihat dari temperatur yang dihasilkan akibat radiasi gelombang mikro, maka dapat dikatakan bahwa terjadi perubahan temperatur dengan adanya variasi daya, waktu, dan massa. Sedangkan jika dilihat secara visual, serbuk cangkang kerang tetap berwarna putih meskipun terkadang ada beberapa yang berwarna agak kecoklatan dengan adanya variasi tersebut.



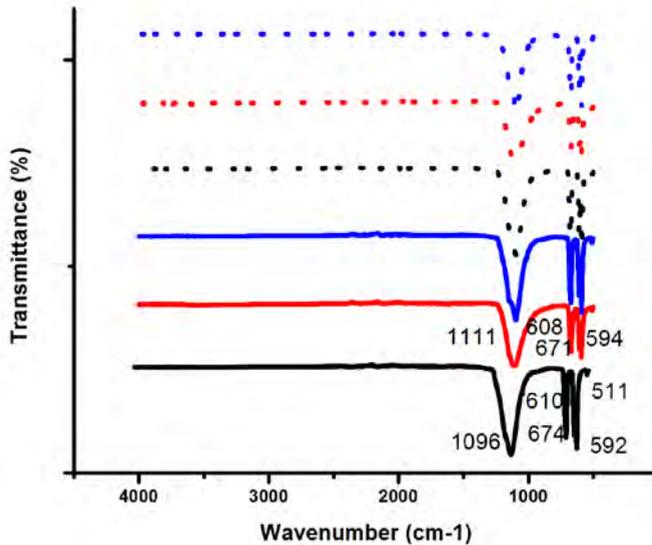
Tabel 4.1 Temperatur serbuk cangkang kerang yang diradiasi gelombang mikro dengan variasi waktu, massa, dan daya

540 Watt			720 Watt			900 Watt		
Waktu (menit)	Massa (gram)	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Massa (gram)	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Massa (gram)	Temperatur (°C)
75	25	226.6	75	25	204.3	75	25	206.9
	50	239.8		50	255.7		50	209.4
	75	254.7		75	218.3		75	219.4
90	25	235.5	90	25	209.1	90	25	201.5
	50	232.1		50	201.6		50	210.9
	75	254.7		75	245.4		75	249.6

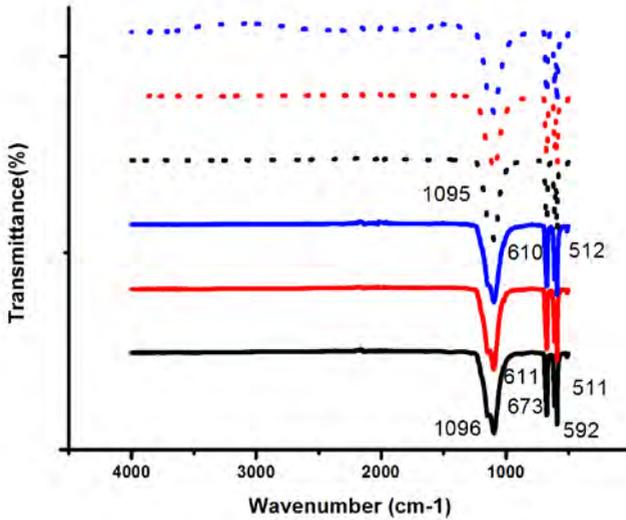


4.1.2 Analisa FTIR Serbuk Cangkang Kerang

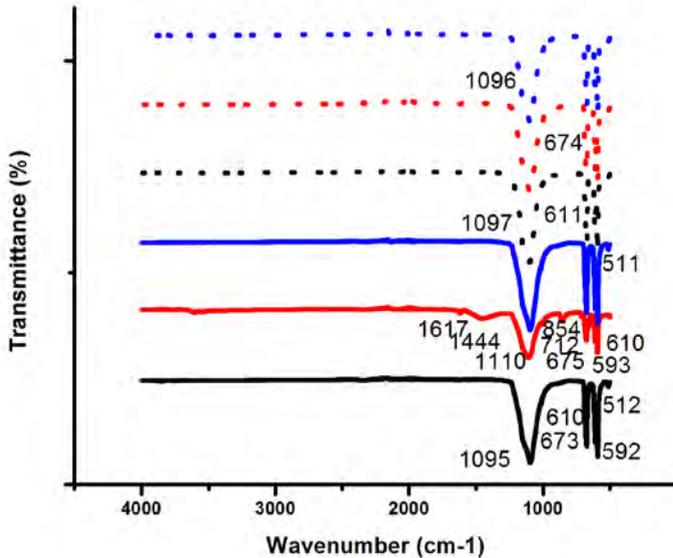
Pengujian FTIR dilakukan menggunakan *Thermo Scientific Nicolet IS10* untuk mengidentifikasi senyawa organik maupun anorganik, khususnya fasa gipsum (CaSO_4) yang terbentuk dari serbuk cangkang kerang (Kamba, 2013). Pada penelitian ini pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi daya, massa, dan waktu radiasi gelombang mikro terhadap hasil gypsum anhidrat yang dihasilkan. Hasil FTIR serbuk cangkang kerang dengan variasi daya, waktu dan massa dapat dilihat pada gambar 4.1, 4.2, dan 4.3



Gambar 4.1 Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang dengan variasi waktu dan massa pada daya 540 watt



Gambar 4.2 Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang dengan variasi waktu dan massa pada daya 720 watt



Garis	Keterangan
	75 menit 25 gram
	75 menit 50 gram
	75 menit 75 gram
	90 menit 25 gram
	90 menit 50 gram
	90 menit 75 gram

Gambar 4.3 Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang dengan variasi waktu dan massa pada daya 900 watt

Adapun peak-peak hasil FTIR dianalisa untuk mengetahui gugus yang ada didalam gipsum, seperti yang tertera pada tabel 4.2, 4.3, dan 4.4 dibawah ini.



Tabel 4.2 Absorpsi IR (cm-1) serbuk cangkang kerang variasi massa dan waktu pada daya 540 watt

Massa	540 watt									
	75 menit					90 menit				
	CaSO ₄ .2H ₂ O	CaSO ₄ .0.5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O	CaSO ₄ .2H ₂ O	CaSO ₄ .0.5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O
25 gram			592;610;673	511;1096				512;592;610;673	1096	
50 gram			592;610;673	512;1095				592; 673	611;1096	
75 gram			592;673	511;1095				592; 673	511;611;1096	



Tabel 4.3 Absorpsi IR (cm-1) serbuk cangkang kerang variasi massa dan waktu pada daya 720 watt

Massa	720 watt									
	75 menit					90 menit				
	CaSO ₄ ·2H ₂ O	CaSO ₄ ·0.5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O	CaSO ₄ ·2H ₂ O	CaSO ₄ ·0.5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O
25 gram			592; 610; 673	511; 1096				592; 610; 673	511; 1095	
50 gram	674		593; 671	607	1617		1111	594; 671;	511	
75 gram	674		592; 610	511; 1096		674		592; 610	511;	



Tabel 4.4 Absorpsi IR (cm-1) serbuk cangkang kerang variasi massa dan waktu pada daya 900 watt

Massa	900 watt									
	75 menit					90 menit				
	CaSO ₄ .2H ₂ O	CaSO ₄ .0.5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O	CaSO ₄ .2H ₂ O	CaSO ₄ .0.5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O
25 gram			592;610; 673	511; 1096				592;610; 673	511; 1095	
50 gram	674		610	511; 1096		675		593;610; 1110		1617
75 gram	674		592; 610	1096				592;610; 673	511; 1095	



Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 memperlihatkan spektrum FTIR serbuk cangkang kerang darah yang diradiasi gelombang mikro dengan variasi waktu 75, dan 90 menit pada daya 540 watt, 720 watt dan 900 watt. Spektrum tersebut mengindikasikan adanya gugus gipsum dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), gipsum hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), gipsum anhidrat (CaSO_4), sulfat (SO_4^{2-}), serta air (H_2O). Hasil yang sama juga diteliti oleh Bioshop (2013), yang menganalisa hasil spektrum FTIR kalsium sulfat, gipsum, dan anhidrat. Serbuk cangkang kerang yang telah direaksikan dengan H_2SO_4 (endapan gipsum) yang tidak diradiasikan menghasilkan gipsum dihidrat. Absorpsi gugus-gugus tersebut digambarkan dengan adanya puncak pada *wavenumber* yang tertera pada tabel 4.2, 4.3 dan 4.4.

Dengan melihat spektrum FTIR yang muncul pada serbuk cangkang kerang pada daya 540 watt memiliki gugus gipsum dan sulfat pada variasi waktu 75 menit dan 90 menit untuk semua variasi massa. Hal ini terjadi karena pada daya 540 watt semua gugus fingsi dapat bertransformasi menjadi gipsum anhidrat dan sulfat. Sedangkan pada daya 720 watt dengan variasi massa 25 gram pada waktu 75 menit dan 90 menit memiliki gugus gipsum anhidrat dan sulfat. Pada massa 50 gram dengan variasi waktu 75 menit memiliki gugus gipsum dihidrat, gipsum anhidrat, sulfat, serta air. Berbeda pula pada 90 menit yang memiliki gugus gipsum hemihidrat, gipsum anhidrat, dan sulfat. Sedang pada massa 75 gram dengan variasi waktu 75 menit dan 90 menit memiliki gugus gipsum dihidrat, gipsum anhidrat, dan sulfat.

Hal ini tidal jauh berbeda dengan daya 900 watt pada varisai massa 25 gram memiliki gugus gipsum anhidrat dan sulfat untuk semua variasi waktu. Sedang pada variasi massa 50 gram memiliki gugus gipsum dihidrat, gipsum anhidrat, dan sulfat untuk semua variasi waktu. Pada variasi massa 75 gram memiliki gugus gipsum dihidrat, gipsum anhidrat, serta sulfat untuk variasi waktu 75 menit. Berbeda dengan variasi waktu 90 menit, memiliki gugus gipsum anhidrat, dan sulfat.



4.1.2.1 Pengaruh daya microwave pada hasil FTIR

Pada daya 540 watt secara keseluruhan memiliki gugus gipsum anhidrat dan sulfat tanpa adanya pengotor lainnya, pada daya 720 watt dan 900 watt tidak semua gugus fungsi dapat bertransformasi menjadi gipsum anhidrat dikarenakan dengan bertambahnya daya dari microwave menyebabkan gelombang mikro yang dihasilkan bertambah. Sehingga mengakibatkan fibrasi atomnya dapat menurun. Jika fibrasi atom menurun maka efek panas yang dihasilkan adalah menurun pula (Chen, dkk, 2010) sehingga semakin berkurang fasa gipsum anhidrat yang terbentuk.

4.1.2.2 Pengaruh massa pada hasil FTIR

Secara keseluruhan pada massa 25 gram gugus yang dimiliki adalah gipsum anhidrat dan sulfat, berbeda dengan massa 50 gram dan 75 gram yang masih memiliki pengotor seperti gipsum dihidrat, gipsum hemihidrat, serta air. Hal ini disebabkan karena massa dari material yang dipanaskan menggunakan gelombang mikro memegang peranan penting dalam menentukan keefektifan radiasi, dengan massa yang lebih sedikit maka material akan memberikan respon terhadap gelombang mikro lebih cepat dari pada material yang memiliki massa lebih besar (Vorster, 2001).

4.1.2.3 Pengaruh waktu microwave pada hasil FTIR

Jika dilihat dari waktu radiasi antara 75 menit dan 90 menit terdapat perbedaan. Pada 75 menit masih terdapat banyak gipsum dihidrat, hemihidrat serta air, berbeda dengan 90 menit yang memiliki pengotor lebih sedikit dibandingkan 75 menit. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya waktu radiasi mengakibatkan bertambahnya temperatur material (Housova & Hoke, 2002) sehingga fasa gipsum dihidrat bertransformasi menjadi gipsum hemihidrat selanjutnya bertransformasi lagi menjadi gipsum anhidrat.



4.1.3 Analisa persen yield

Selain berpengaruh terhadap temperatur, radiasi gelombang mikro pada serbuk cangkang kerang juga berpengaruh pada % yield gipsum yang dihasilkan. Dengan melakukan radiasi gelombang mikro terhadap serbuk cangkang kerang, prosentase yield gipsum anhidrat yang dihasilkan bervariasi mulai 9 sampai 47. Dari hasil FTIR yang telah dilakukan pada daya 540 watt untuk variasi massa 25, 50, dan 75 gram serta variasi waktu 75 dan 90 menit semuanya merupakan gipsum anhidrat. Sedangkan pada daya 720 watt hanya dengan massa 25 gram pada 75 dan 90 menit yang mengandung gipsum anhidrat. Pada daya 900 watt massa 25 gram pada 75 dan 90 menit, serta massa 75 gram pada 90 menit merupakan anhidrat.

Dari tabel 4.2 diketahui bahwa pada massa 25 gram, 90 menit radiasi daya 720 dan 900 watt memiliki persen yield yang paling tinggi. Namun hal ini berbeda pada daya 540 watt yang memiliki yield tertinggi pada 25 gram, 75 menit. Persen yield dapat dikatakan material fluktuatif. Hal ini dikarenakan masih adanya air dalam endapan saat akan dilakukan pemanasan *microwave*. Sehingga massa endapan dapat berkurang dengan adanya air tersebut. Jumlah air dalam sampel meningkat, tanpa meningkatkan ketahanan, dan hasil pengeringan lebih cepat (Haghi, 2008). Dengan adanya air memudahkan pencampuran partikel supaya ukuran partikelnya seragam (Standis, 1991). Ukuran partikel ini dapat berpengaruh pada medan listrik, tapi belum ada model yang dapat memprediksi tingkat atau arah efek dari ukuran partikel (Metaxas, 1998). Peningkatan ukuran partikel menghasilkan peningkatan koefisien pengeringan. Hal ini karena pemanasan mendadak dan volumetrik, menghasilkan tekanan tinggi di dalam sampel, mengakibatkan sampel mendidih. Namun jika kelembapan dibawah krisis atau dengan kata lain air dalam sampel sedikit, maka hasilnya akan cenderung menggumpal (Metaxas, 1982). Prosentasi massa gipsum yang dihasilkan dari serbuk cangkang yang diradiasi gelombang mikro dapat dilihat pada tabel 4.5.



Tabel 4.5 Prosentase yield gipsium anhidrat yang dihasilkan dari serbuk cangkang kerang yang diradiasi gelombang mikro dengan variasi waktu, massa, dan daya

Parameter			Massa awal (gr)	Massa akhir (gr)	Yield (%)
Daya (watt)	Massa (gr)	Waktu (menit)			
540	25	75	25	6.9502	27.8
		90	25	5.9928	23.96
	50	75	50	11.5795	23.16
		90	50	5.8313	11.66
	75	75	75	12.023	16.03
		90	75	7.3261	9.77
720	25	75	25	3.49	14
		90	25	7.2105	28,84
900	25	75	25	9.4419	37,76
		90	25	11.9677	47,9
	75	90	75	13.2861	36,96



4.1.4 Uji Densitas dan Water Solubility

Uji densitas digunakan untuk mengetahui massa jenis dari serbuk anhidrat pada berbagai parameter uji, dimana massa jenis berpengaruh pada morfologi dan kekuatan tekan gipsum. Dari tabel 4.6 didapatkan data bahwa densitas terkecil serbuk gipsum adalah pada parameter 720 watt 25 gram 75 menit, disusul pada parameter 540 watt 50 gram 75 menit. Seperti yang telah disebutkan pada referensi pada tabel 2.2 bahwa gipsum anhidrat alam memiliki densitas 2,96 gr/cm³. Berbeda dengan serbuk yang dihasilkan pada penelitian ini, dimana hampir semua parameter memiliki densitas lebih rendah dari referensi. Hal ini mengindikasikan bahwa serbuk yang dihasilkan memiliki massa lebih ringan dibandingkan dengan massa gipsum alam.

Tabel 4.6 Densitas dan water solubility dari serbuk anhidrat

Parameter			densitas (gr/cm ³)	Water Solubility (gr/100 mL)
Daya (watt)	Massa (gr)	Waktu (menit)		
540	25	75	2,24	0,08
		90	3,16	0,04
	50	75	2,05	0,27
		90	2,40	0,16
	75	75	3,56	0,07
		90	2,39	0,12
720	25	75	1,54	0,12
		90	3,95	0,32
900	25	75	2,74	0,10
		90	2,18	0,16
	75	90	2,49	0,18

Pengujian water solubility digunakan untuk mengetahui kelarutan serbuk anhidrat terhadap air. Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa water solubility dari gipsum anhidrat memiliki nilai dibawah referensi. Pada referensi tabel 2.2 gipsum

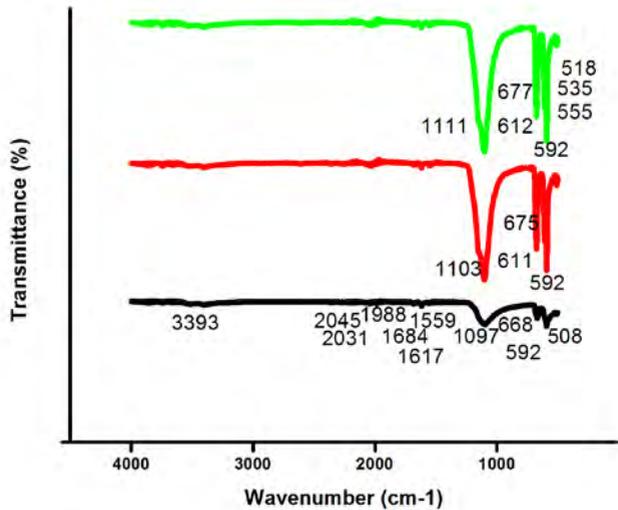


anhidrat memiliki water solubility 0,27 gr/100 ml. Dimana hanya pada parameter 540 watt 50 gram 75 menit yang sesuai dengan refrensi yang telah ada. Untuk parameter lain memiliki nilai dibawah refrensi yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa gipsum anhidrat yang dihasilkan sangat sulit terlarut dalam air. Berdasarkan hasil analisa FTIR, persen yield, uji densitas dan water solubility maka dipilihlah parameter yang memenuhi, yakni daya 540 w att 50 g ram 75 menit. Karena hasil analisa FTIR menunjukkan anhidrat murni tanpa adanya gugus lainnya. Selain itu juga memiliki yield yang tinggi serta densitas ringan dan water solubility yang sesuai dengan refrensi pada tabel 2.2.

4.2 Komposit Gypsum Cast

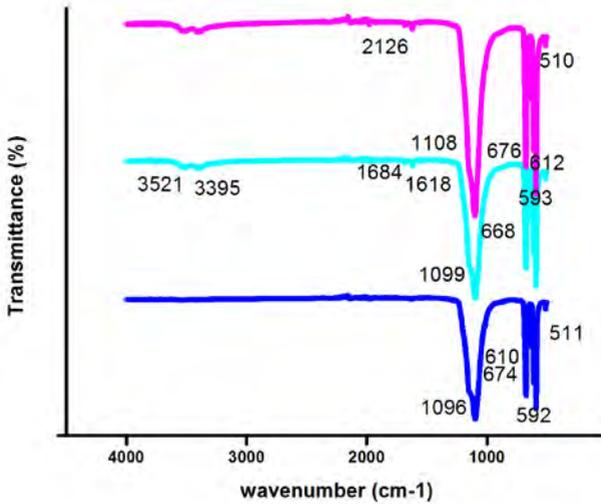
4.2.2 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR komposit gipsum cast digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dari komposit gipsum cast. Dimana penentuan gugus fungsi ini sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik gipsum. Hasil FTIR komposit gipsum cast dengan variasi serbuk-air-serat dapat dilihat pada gambar 4.4, 4.5, dan 4.6



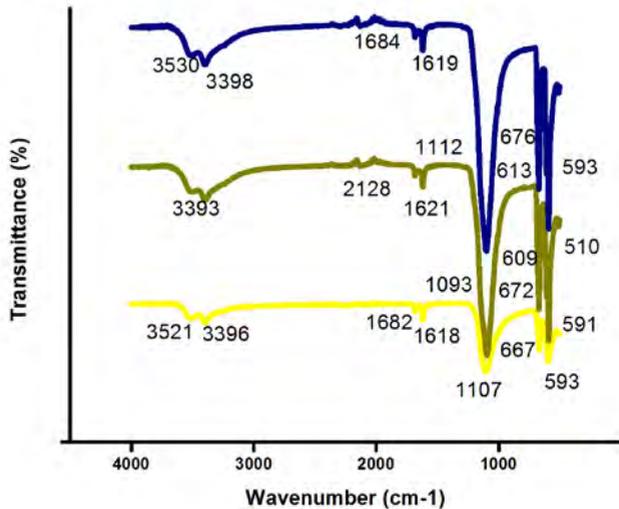
Warna	Kode	Keterangan
—	I	P65:W35:F1%
—	II	P65:W35:F0,5%
—	III	P65:W35:F0,25%

Gambar 4.4 Spektrum FTIR komposit gipsum cast dengan variasi P65:W35



Warna	Kode	Keterangan
—	IV	P63:W37:F1%
—	V	P63:W37:F0,5%
—	VI	P63:W37:F0,25%

Gambar 4.5 Spektrum FTIR komposit gipsum cast dengan variasi P63:W37



Warna	Kode	Keterangan
—	VII	P61:W39:F1%
—	VIII	P61:W39:F0,5%
—	IX	P61:W39:F0,25%

Gambar 4.6 Spektrum FTIR komposit gipsum cast dengan variasi P61:W39

Adapun peak-peak hasil FTIR komposit gipsum cast dianalisa untuk mengetahui gugus yang ada didalam gipsum, seperti yang tertera pada tabel 4.8



Tabel 4.8 Absorption IR (cm-1)komposit gipsum cast pada variasi serbuk-air- serat

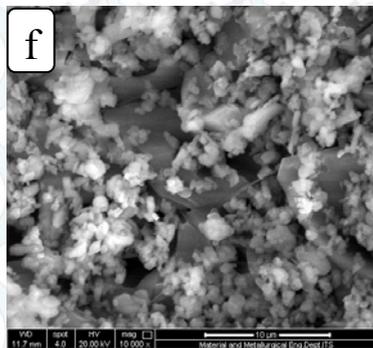
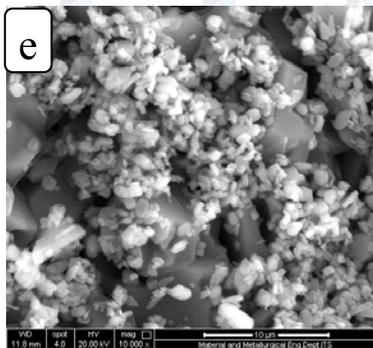
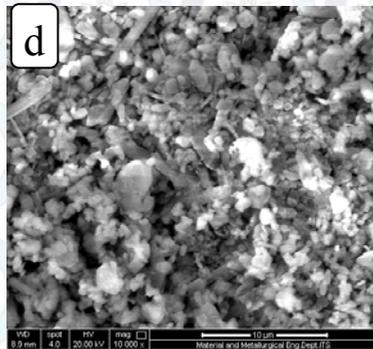
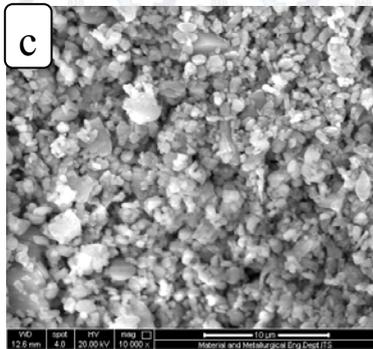
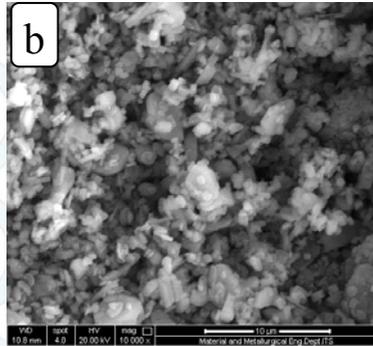
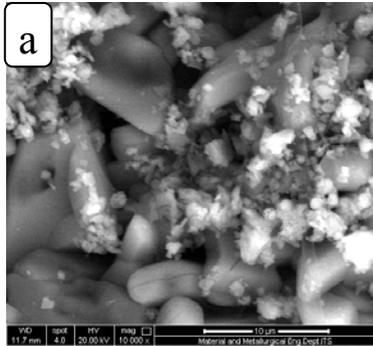
Parameter	CaSO ₄ .2H ₂ O	CaSO ₄ .0.5H ₂ O	CaSO ₄
I	3393; 1988; 1684; 1617; 1559;		508; 592; 668; 2045; 2031; 1097
II			1103; 675; 611; 592
III			1111; 677; 612; 592; 555; 535; 518
IV			1096; 674; 610; 592; 511
V	3521; 3395; 1618	1684	1099; 668, 592
VI	2126		1108; 676; 612; 593; 510
VII	3521; 3396; 1682; 1618		1107; 667; 593
VIII	3393; 2128; 1621; 672; 609		1093; 591; 510
IX	3530; 3398; 1619	1684	1112; 676; 613; 593

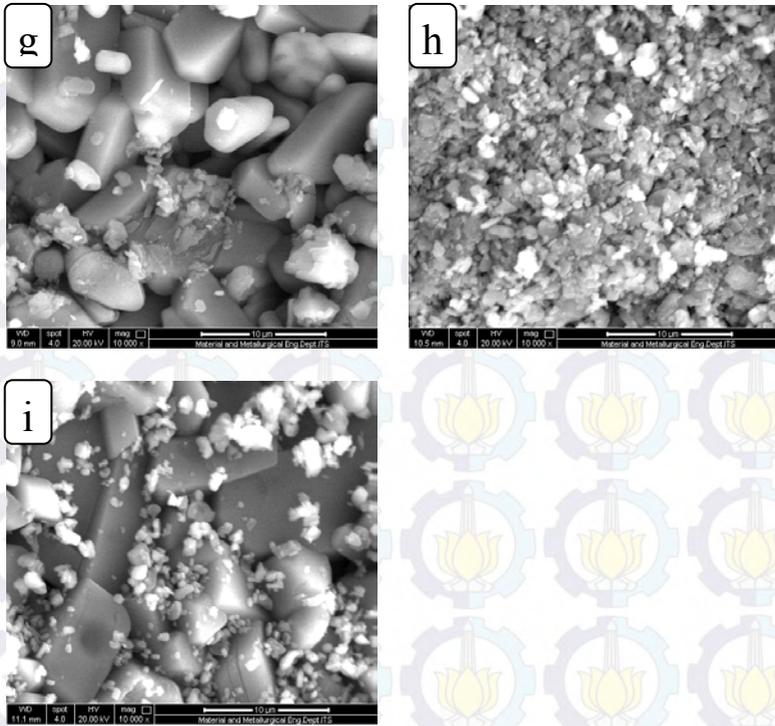


Gambar 4.4, 4.5 dan 4.6 memperlihatkan spektrum FTIR komposit gipsum cast pada variasi serbuk-air-serat. Spektrum tersebut mengindikasikan adanya gipsum dihidrat, gipsum hemihidrat, serta gipsum anhidrat. Absorption gugus-gugus tersebut digambarkan pada tabel 4.8. dengan melihat tabel 4.8 diperoleh bahwa pada parameter I terdapat gugus dihidrat dan anhidrat. Pada parameter II, III, dan IV mendominasi gugus anhidrat, sedangkan pada parameter V dan IX terdapat gugus dihidrat, hemihidrat dan anhidrat. Pada parameter VI terdapat gugus dihidrat dengan dominasi anhidrat. Untuk parameter VII dan VIII didominasi gugus dihidrat dengan sedikit anhidrat.

4.2.1 Analisa Morfologi dan Mapping unsur

Analisa morfologi bertujuan untuk menganalisa struktur crystal, distribusi ukuran structure crystal, distribusi unsur penyusun dan persentasenya, dimana hal tersebut dapat mempengaruhi sifat mekanik komposit gipsum cast. Dari gambar (a) memiliki ukuran partikel berbentuk kristal plat dihidrat dengan sedikit butir kristal anhidrat berukuran kecil. Gambar (b) dan (c) memiliki bentuk butir kristal anhidrat dengan ukuran yang kecil. Namun, gambar (b) memiliki ukuran partikel sedikit lebih besar jika dibandingkan dengan gambar (c). Untuk gambar (d) memiliki partikel butir kristal anhidrat, sedang gambar (e) memiliki partikel berbentuk kristal plat dihidrat dan sedikit butir kristal anhidrat serta hemihidrat. Gambar (f) memiliki partikel butir kristal anhidrat dengan sedikit kristal dihidrat plat. Pada gambar (g) partikel berbentuk kristal plat dihidrat berukuran besar. Gambar (h) memiliki butir kristal anhidrat, sedang gambar (i) memiliki partikel kristal plat dihidrat berukuran besar dengan sedikit butir kristal anhidrat didalamnya serta hemihidrat.





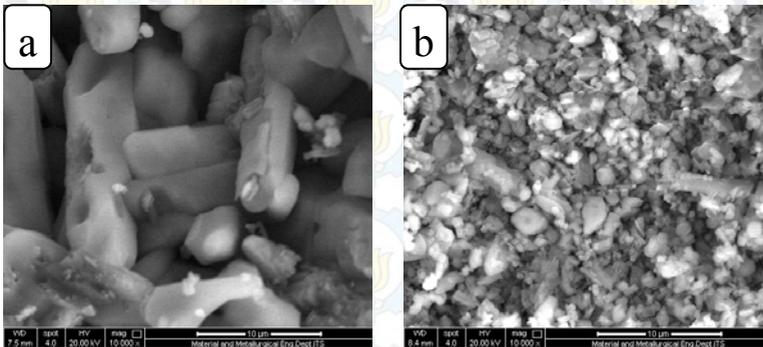
Gambar 4.7 profil SEM permukaan pada gipsum

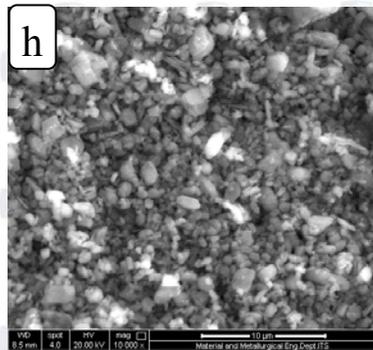
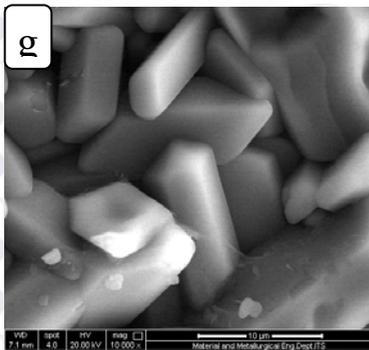
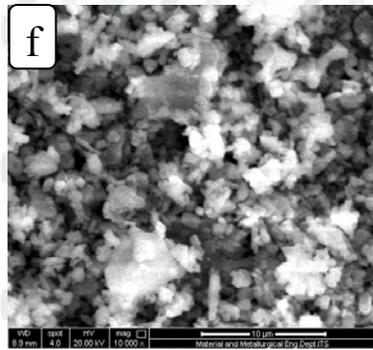
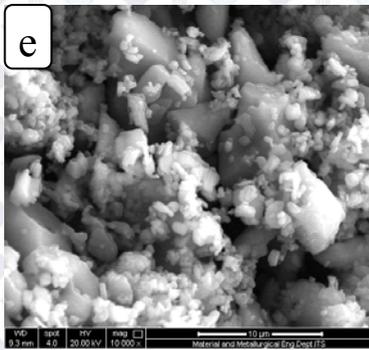
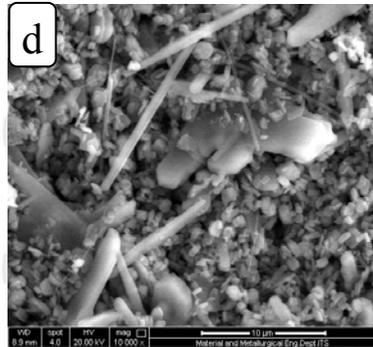
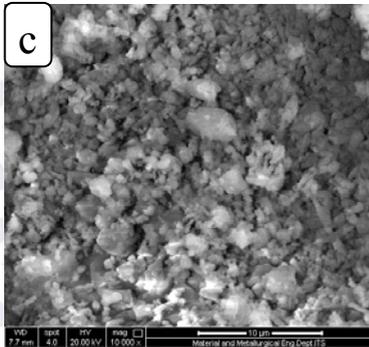
Anhidrat memiliki kemampuan menyerap air lebih besar dari pada tipe gipsum lainnya (Alrawashdeh, dkk, 2014). Ukuran partikel penyusun selain berpengaruh pada kemampuan dalam menyerap air juga berpengaruh pada sifat mekanik dan sifat-sifat yang lainnya. Seperti yang telah diteliti oleh peneliti sebelumnya menyebutkan bahwa ukuran partikel yang besar dihasilkan dari rasio air yang digunakan adalah lebih tinggi. Hal ini menyebabkan penurunan pada nilai kuat tekan gipsum (Wu, dkk, 2014).

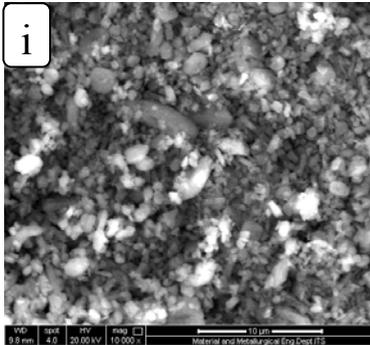
Analisa luas penampang diambil dari daerah perpotongan gipsum. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya cela yang



ada karena berpengaruh pada kemampuan gipsum dalam menyerap air. Jika diamati, gambar pada daerah perpotongan tidak jauh berbeda dengan gambar pada permukaan. Namun ada perbedaan mencolok antara gambar permukaan dan daerah perpotongan yang terdapat pada gambar (i). Terdapat perbedaan ukuran partikel yang jauh berbeda, pada gambar permukaan terlihat partikel kristal plat dihidrat, sedangkan pada gambar daerah perpotongan terlihat butir kristal anhidrat dengan sedikit kristal plat dihidrat. Hal ini dikarenakan banyaknya oksigen yang tidak merata. Untuk permukaan potensinya lebih tinggi terkena udara dibandingkan dengan daerah perpotongan. Gambar penampang berkaitan dengan semakin besar ukuran partikel, menyebabkan semakin besar pula porositasnya, sehingga kemampuan dalam menyerap air juga tinggi (Wu, dkk, 2014). Berikut adalah efek rasio P:W:F pada penampang gipsum.



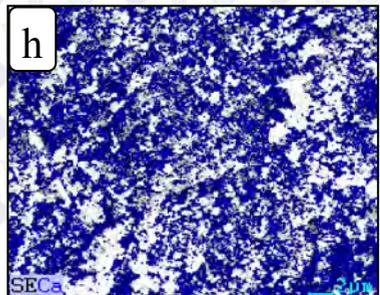
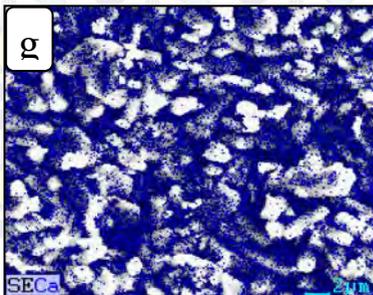
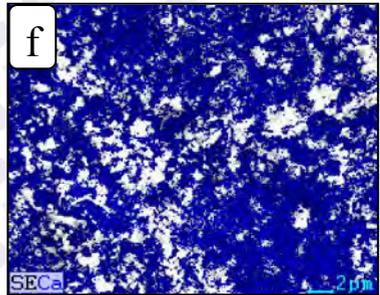
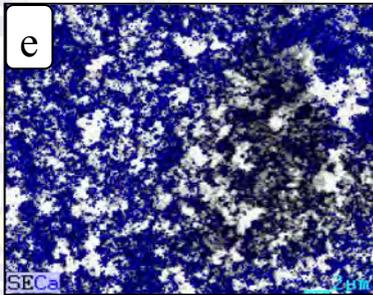
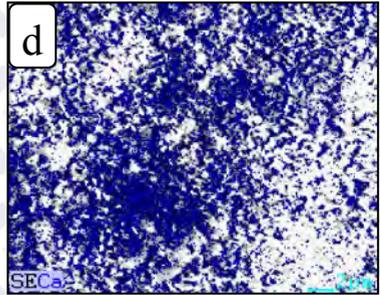
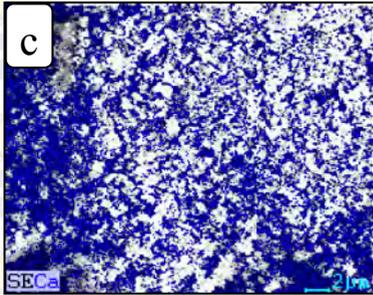
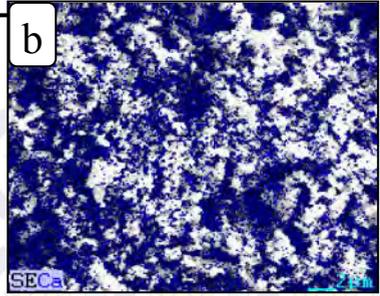
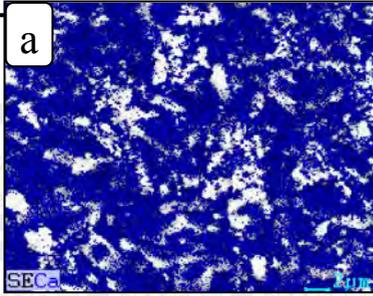


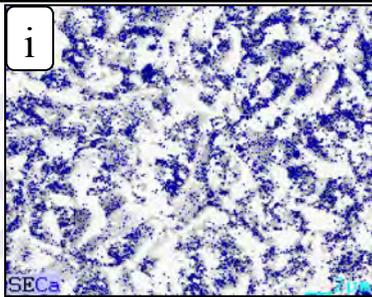


Gambar 4.8 profil SEM penampang pada gipsum

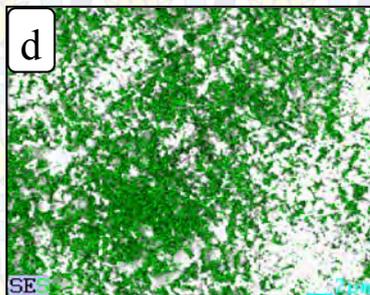
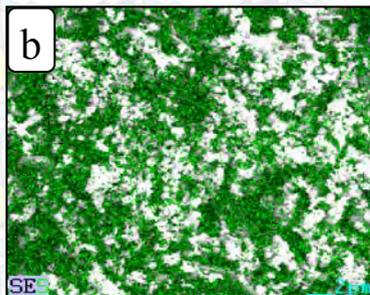
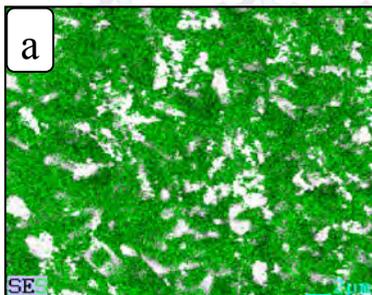
Mapping Unsur

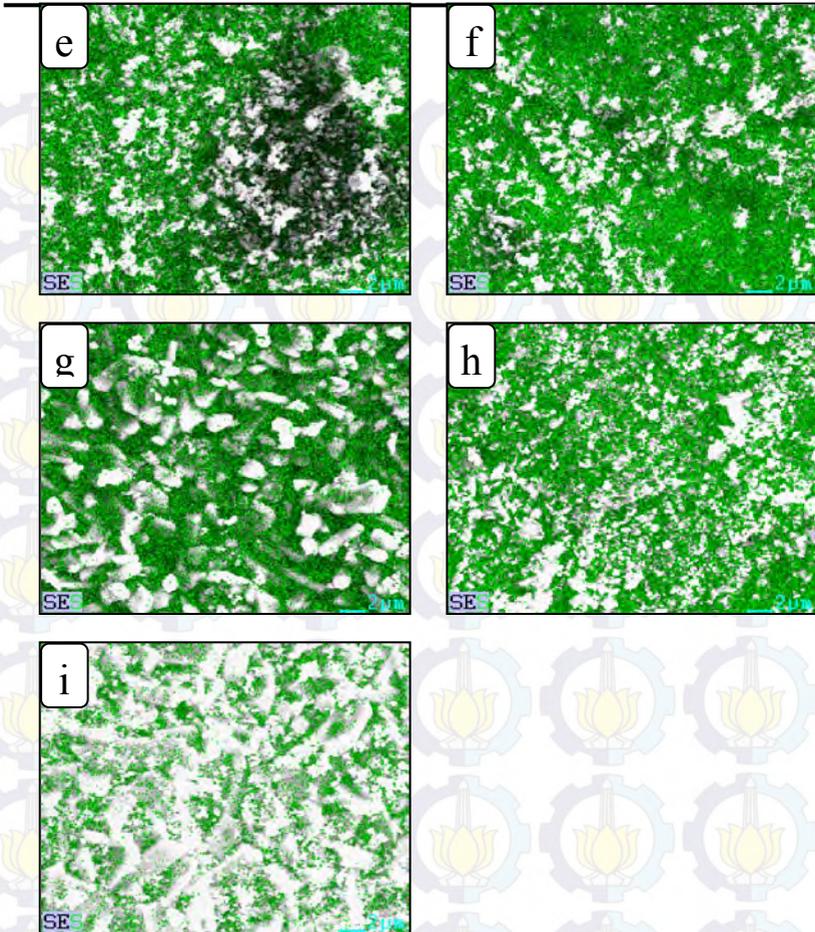
Setelah melakukan pengujian SEM untuk menganalisa morfologi, dilakukan pengujian mapping unsur untuk mengetahui persebaran unsur-unsur penyusun dari komposit gipsum cast. Adapun hasil pengujian mapping unsur dapat dilihat pada gambar 4.10. dimana dari gambar dapat terlihat bahwa persebaran unsur kalsium, sulfur, dan oksigen merata. Dari gambar juga dapat dilihat bahwa tidak ada unsur lain selain tiga unsur penyusun tadi. Hal ini membuktikan bahwa komposit gipsum cast adalah murni gipsum tanpa adanya unsur lain.



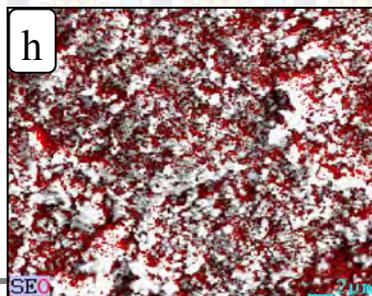
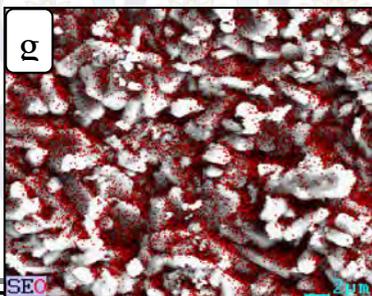
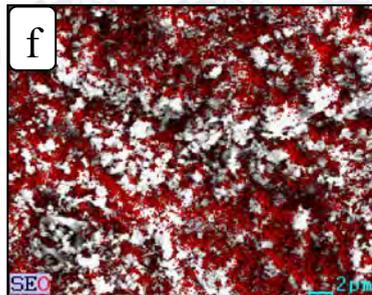
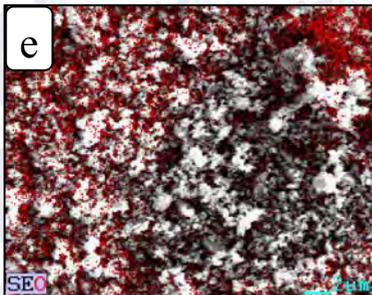
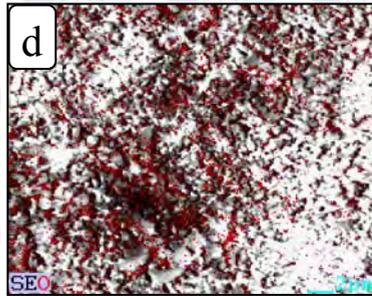
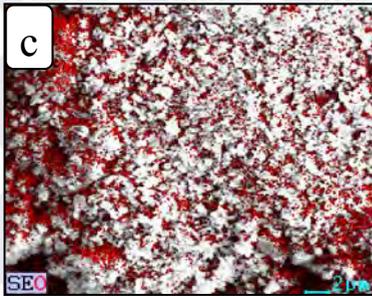
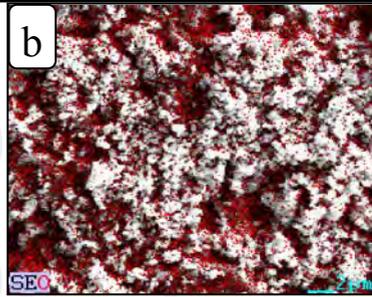
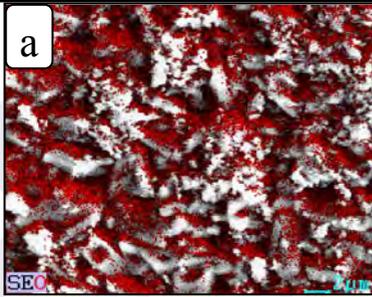


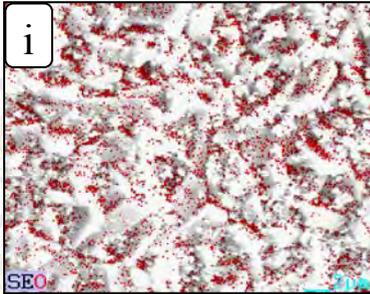
Gambar 4.9 Distribusi unsur kalsium pada (a)P65:W35:F1% (b) P65:W35:F0,5% (c) P65:W35:F0,25% (d) P63:W37:F1% (e) P63:W37:F0,5%(f) P63:W37:F0,25% (g) P61:W39:F1% (h) P61:W39:F0,5%(i) P61:W39:F0,25%





Gambar 4.10 Distribusi unsur sulfur pada (a)P65:W35:F1% (b) P65:W35:F0,5% (c) P65:W35:F0,25% (d) P63:W37:F1% (e) P63:W37:F0,5%(f) P63:W37:F0,25% (g) P61:W39:F1% (h) P61:W39:F0,5%(i) P61:W39:F0,25%

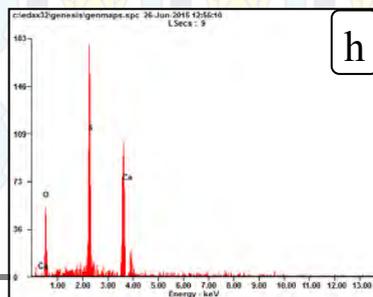
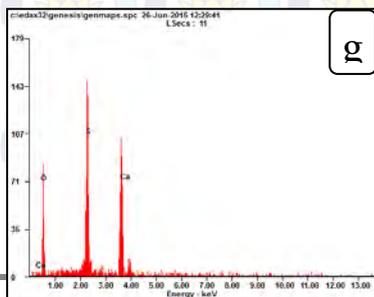
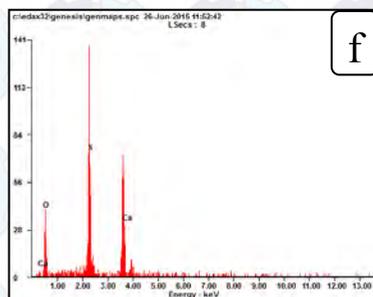
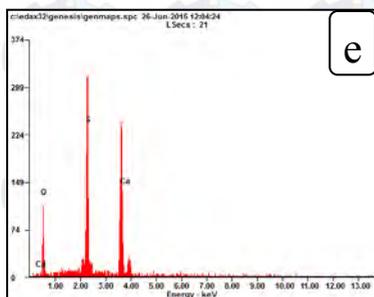
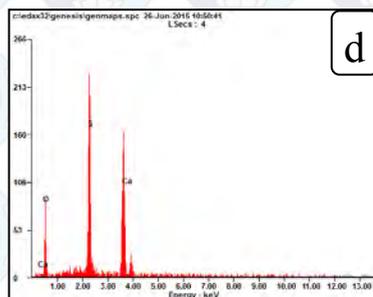
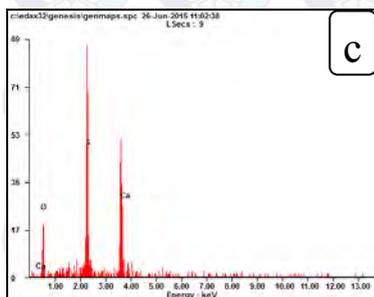
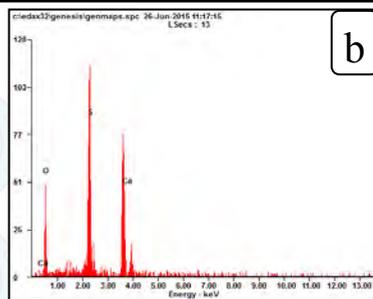
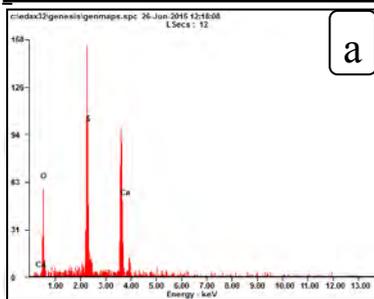


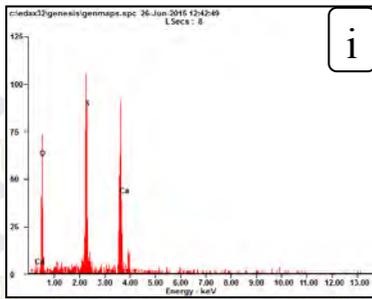


Gambar 4.11 Distribusi unsur oksigen pada (a)P65:W35:F1% (b) P65:W35:F0,5% (c) P65:W35:F0,25% (d) P63:W37:F1% (e) P63:W37:F0,5%(f) P63:W37:F0,25% (g) P61:W39:F1% (h) P61:W39:F0,5%(i) P61:W39:F0,25%

EDAX

Setelah dilakukan pengujian untuk mengetahui gugus, fasa, struktur, distribusi, dan morfologi dari komposit gipsum cast, selanjutnya dilakukan pengujian EDX untuk mengetahui komposisi unsur. Gambar 4.11 dan tabel 4.7 menunjukkan spektrum EDX komposit gipsum cast. Dari gambar spektrum dan tabel persen berat EDX tersebut mengindikasikan bahwa unsur yang terdapat pada komposit gipsum cast yaitu kalsium, sulfur, dan oksigen tersebar dengan perbandingan masing-masing di setiap unsur. Persebaran tersebut tidaklah merata sesuai yang terlihat pada tabel 4.7. Sehingga dapat disimpulkan bahwa komposit gipsum cast dengan variasi serbuk-air-serat pada parameter merupakan gipsum yang murni tanpa ada unsur yang lain.





Gambar 4.12 spektrum EDX (a)P65:W35:F1% (b)
P65:W35:F0,5% (c) P65:W35:F0,25% (d) P63:W37:F1% (e)
P63:W37:F0,5%(f) P63:W37:F0,25% (g) P61:W39:F1% (h)
P61:W39:F0,5%(i) P61:W39:F0,25%



Tabel 4.7 Persen berat unsur kalsium, sulfur, dan oksigen

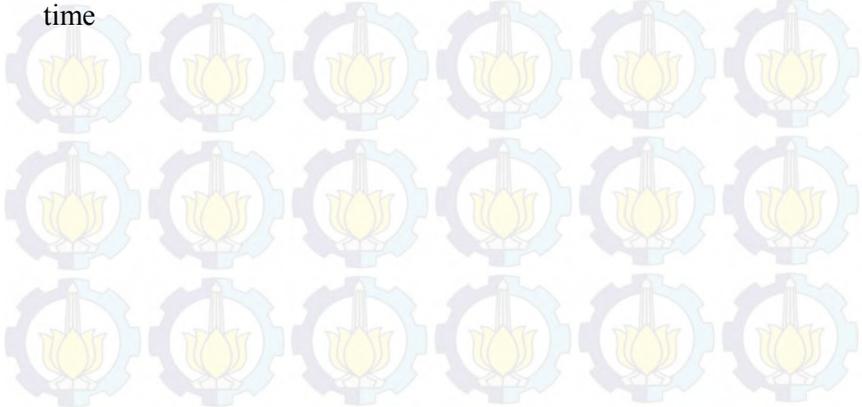
Parameter	Wt %		
	Ca (%)	S (%)	O (%)
I	25,94	24,50	49,55
II	24,92	18,01	49,08
III	29,44	28,02	42,53
IV	28,21	26,85	64,57
V	28,34	27,24	44,42
VI	26,84	26,74	46,42
VII	24,91	23,35	51,74
VIII	28,18	28,55	43,27
IX	22,88	21,53	55,59

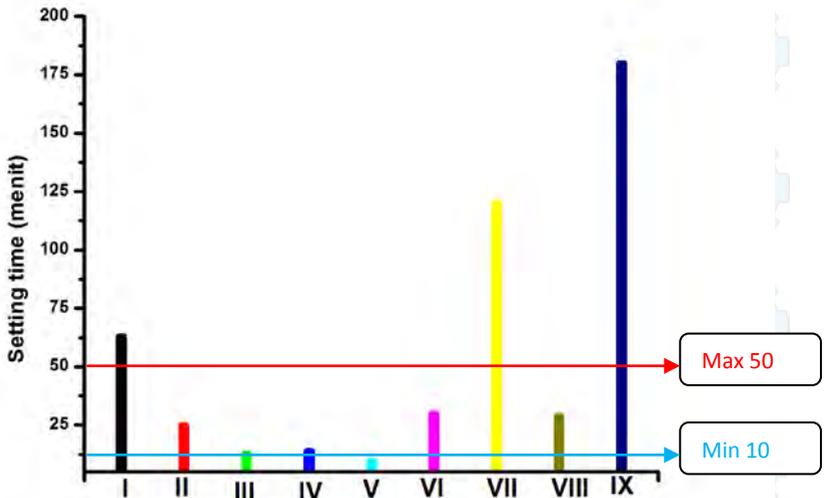
4.2.2 Setting Time

Pengaturan waktu diuji sesuai ASTM C59. Secara singkat, serbuk gipsum anhidrat yang telah dicampur dengan serat bambu perlahan-lahan dipindahkan ke dalam mangkuk berisi air sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. Campuran antara serbuk, air dan serat bambu diaduk dengan cepat selama ± 60 detik untuk membentuk pasta homogen. Pasta kemudian ditempatkan pada cetakan akrilik yang beralas kaca bersih. Pengaturan waktu dimulai ketika pasta diletakkan pada cetakan sampai air tidak lagi muncul di permukaan pasta.



Dari gambar 4.1 terlihat pada gipsum I, II dan III terjadi penurunan waktu setting time seiring berkurangnya serat. Sedangkan dari gipsum IV, V, dan VII terjadi penurunan nilai setting time. Serat alami digunakan sebagai perangsang penyerapan molekul organik agar pertumbuhan kristal dapat aktif (Lioliou, dkk, 2006). Proses kristalisasi gipsum terdiri dari tiga tahap yang diamati. Tiga tahap tersebut adalah dissolution, nukleasi dan pertumbuhan kristal (Chindaprasit, dkk, 2011). Proses hidrasi gypsum dan setting time dipengaruhi oleh sejumlah faktor seperti temperatur selama persiapan pasta gipsum; rasio air-gipsum-serat; metode pencampuran gipsum; kehalusan partikel serbuk serta kemurnian gipsum. Ukuran yang lebih kecil berarti luas permukaan lebih tinggi dan karenanya dissolution dan kristalisasi lebih cepat. Hal ini terjadi pada gipsum (III) dan (V), dikarenakan memiliki partikel butir kristal anhidrat berukuran kecil. Sedang pada gipsum (I), (VII), dan (IX) memiliki setting time yang lama, hal ini dikarenakan mereka memiliki partikel plat dihidrat kristal yang berukuran besar. Selain dipengaruhi oleh ukuran partikel penyusunnya, setting time dapat tertunda dengan peningkatan jumlah air, ukuran bahan, jumlah campuran, dan waktu penuangan (Alwarashdeh, dkk, 2014). Berikut adalah gambar pengaruh rasio serbuk, air serta serat bambu pada setting time





Grafik 4.1 Efek rasio serbuk, air, dan serat pada *setting time* gipsum

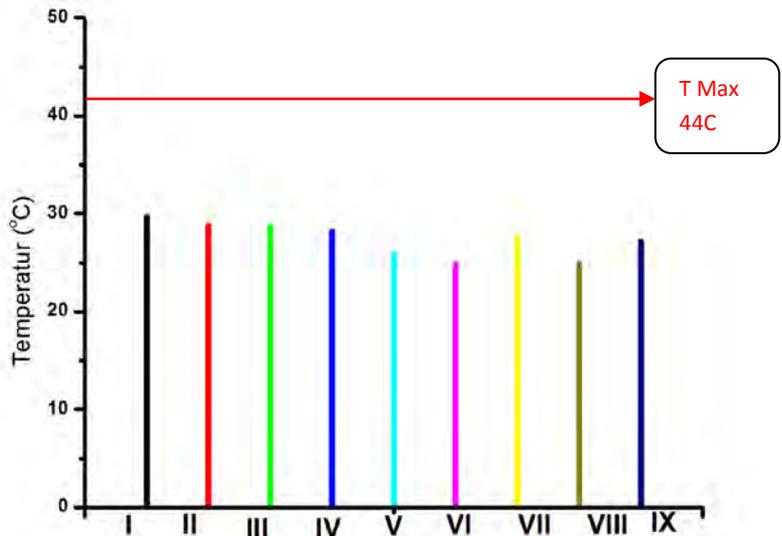
4.2.3 Setting Temperature

Temperatur setting diukur ketika gypsum sudah pada cetakan. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui temperatur gypsum saat diaplikasikan pada tubuh manusia. Temperatur setting dilakukan menggunakan termometer infrared Dekko IR-550C. Untuk temperatur maksimal yang dapat ditoleransi oleh tubuh manusia adalah 44°C (Orthotic and Prosthetics in Rehabilitation, 2007). Dari gambar 4.5 terlihat bahwa temperatur setting pada semua parameter P:W tidak mengalami perubahan yang mencolok pada semua parameter serat. Penurunan temperatur diiringi dengan penurunan jumlah serat yang digunakan, meskipun penurunan temperatur tersebut terjadi hanya sedikit saja. Namun, hal ini berbanding terbalik untuk rasio



serbuk dan air. Semakin banyak air yang digunakan semakin rendah temperatur yang dihasilkan.

Untuk semua parameter semakin tinggi rasio bambu, semakin tinggi pula setting temperaturnya. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penambahan bambu mengakibatkan kenaikan temperatur (Araujo, dkk, 2011). Berikut adalah gambar pengaruh rasio serbuk, air serta serat bambu pada temperatur setting. Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa setting temperature dari semua sampel bisa memenuhi standart yang ada. Berikut adalah gambar 4.11 pengaruh P:W:F pada setting temperature.

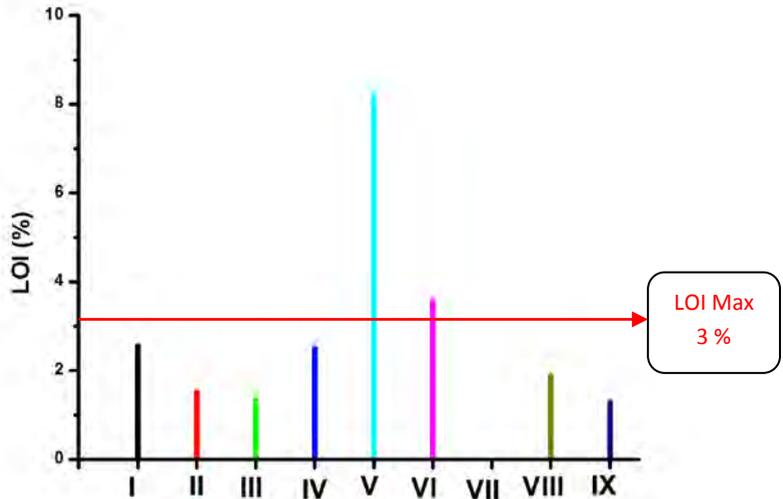


Grafik 4.2 Efek rasio serbuk, air dan serat pada setting temperatur



4.2.4 Pengujian Loss of ignition

Pengujian Loss Of Ignition digunakan untuk mencari kandungan air yang hilang pada gipsum. dengan cara memanaskan komposit gipsum cast pada temperatur 105°C selama 8 jam. Pemanasan pada temperatur 105°C dimaksudkan untuk menghilangkan kandungan air yang ada (Santisteban, 2004). Pengujian hanya dilakukan pada temperatur 105°C dikarenakan komposit gipsum cast yang dihasilkan merupakan murni gipsum seperti yang telah dijelaskan pada analisa FTIR dan EDX. Pengujian LOI ini sesuai dengan standart IS 2547-1976 bahwa loss of ignition maksimal untuk gipsum anhidrat adalah 3%. Dari grafik 4.3 terlihat bahwa parameter VII memiliki nilai LOI paling rendah, dikarenakan tidak adanya pengurangan berat setelah pemanasan. Selain itu parameter IX, III, dan II juga memiliki nilai LOI rendah. Berbeda dengan parameter V yang memiliki nilai LOI paling tinggi diantara parameter yang lain.



Grafik 4.3 Efek rasio serbuk, air dan serat pada Loss Of Ignition

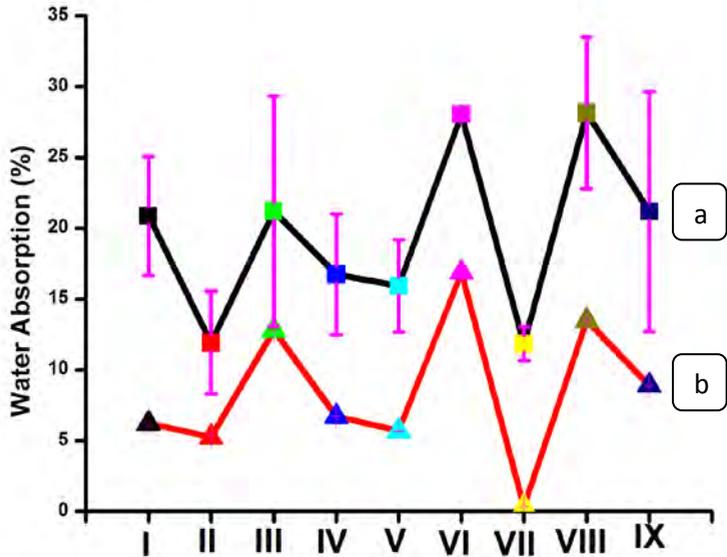
4.2.5 Water Absorption

Water absorption dilakukan untuk mengetahui kemampuan gipsum dalam menyerap air. Pengujian dilakukan selama 2 jam pertama karena merupakan waktu yang maksimal dalam penyerapan air. Serta 24 jam untuk mengetahui ketahanan dalam air. Berdasarkan IS:2333 water absorption untuk gipsum adalah 25-35%. Untuk water absorption 2 jam pada P63:W35 dan P63:W37 menunjukkan bahwa kandungan serat 0,25% memiliki nilai water absorption paling besar, dan yang memiliki nilai terkecil adalah pada kandungan serat 0,5%. Namun berbeda pada P39:W61 memiliki nilai water absorption terbesar untuk serat 0,5%, dan memiliki nilai water absorption terkecil untuk serat 1%. Untuk pengamatan 24 jam, memiliki pola yang sama dengan pola water absorption selama 2 jam. Pada variasi P:W untuk serat



1% terlihat semakin banyak air yang digunakan memiliki nilai water absorption yang semakin rendah. Namun berbeda pada serat 0,5% yang semakin besar nilai water absorptionnya seiring dengan bertambahnya volume air. Sedang untuk serat 0,25% terjadi penurunan pada P63:W37, namun naik kembali pada P61:W39.

Pada literatur dijelaskan bahwa semakin tinggi rasio airnya maka semakin tinggi pula water absorptionnya (Wu, dkk, 2014). Sedangkan semakin sedikit serat yang digunakan maka semakin besar water absorptionnya. Dikarenakan permukaan serat dapat meningkatkan afinitas permukaan antara serat dan matriks sehingga masuknya air dapat berkurang. (Anyakora, 2012). Dari gambar 4.4 terlihat bahwa gipsium (III), (VI), dan (VIII) memiliki nilai water absorption paling tinggi dikarenakan memiliki partikel butir kristal anhidrat, selain itu karena sifat dari hidrofilik dari serat bambu yang rendah (Coutts, 1995). Seperti yang dijelaskan pada literatur bahwa anhidrat merupakan akselerator, sehingga memiliki kemampuan menyerap air lebih banyak dibandingkan dengan dihidrat (Alrawashdeh, dkk, 2014). Berikut adalah gambar 4.11 pengaruh P:W:F terhadap water absorption selama 2 jam dan 24 jam.



Grafik 4.3 Efek W:P:F pada water absorption selama (a)2 jam
(b)24 jam

Pada variasi serat, terlihat bahwa pada 0,25% serat, memiliki nilai water absorption yang tinggi dari pada serat 1% dan 0,5%, ini terjadi pada P65:W35 dan P63:W37. Dikarenakan 0,25% karena memiliki partikel butir kristal anhidrat. Penyimpangan terjadi pada P61:W39, water absorption tertinggi justru pada serat 0,5%. Jika dilihat dari morfologinya, memang serat 0,5% memiliki butir kristal anhidrat yang mampu menyerap air lebih banyak. Jika dilihat dari standart yang ada, semua parameter uji memiliki water absorption dibawah standart.

Pada 2 jam pertama terlihat gipsum lebih banyak menyerap air. Hal ini dikarenakan merupakan waktu maksimal



gypsum dalam menyerap air. Akses air yang dapat diterima gypsum tertinggi adalah 2 jam pertama, dan kemudian terjadi penyerapan yang hanya sedikit. Sesuai dengan rumus pembentukan kalsium sulfat (gypsum):



Dimana jika dihitung menggunakan perbandingan mol CaSO_4 dan H_2O adalah 1:2. Dari perbandingan mol dapat dicari massa yang dibutuhkan untuk gypsum dan air (lampiran 3). Dari perhitungan pada lampiran 3 didapatkan massa $\text{CaSO}_4:\text{H}_2\text{O}$ adalah 136,14 gr : 36gr atau setara dengan 74% :26%. Jadi air maksimal yang dapat diserap gypsum adalah 26%. Penyerapan maksimal gypsum maksimal pada 2 jam pertama, disebabkan akses air yang diterima mencapai maksimal. Untuk beberapa jam selanjutnya, gypsum hanya dapat menyerap sedikit air.

4.2.6 Compressive Strength

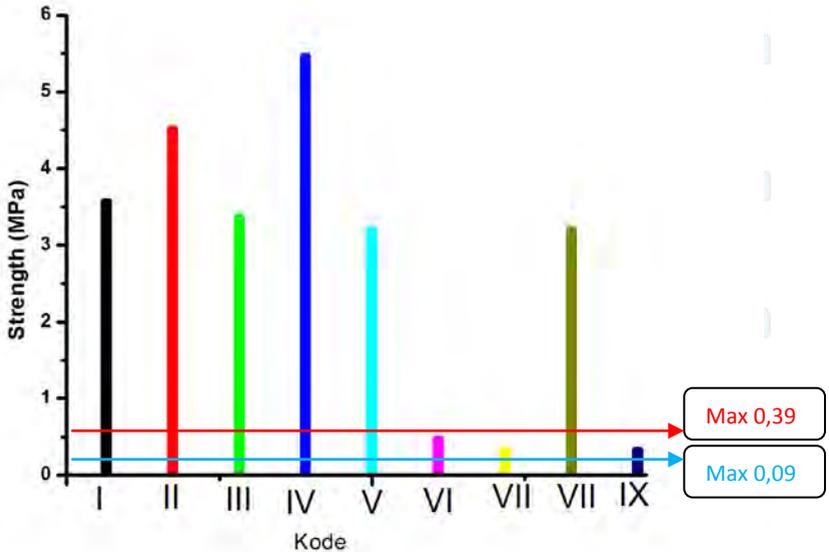
Kuat tekan adalah kapasitas bahan atau struktur untuk menahan aksial yang diarahkan pada tekanan. Ketika batas kuat tekan tercapai bahan akan rapuh dan hancur. Kuat tekan diukur menggunakan Mesin uji universal. Menurut standart IS:2542-1978 gypsum harus memiliki nilai kuat tekan 1 sampai 4 kgf/cm². Dari gambar dapat diamati perbedaan kandungan serat yang berpengaruh pada nilai kuat tekan. Untuk gypsum I, II, III, VII, VIII, dan IX menunjukkan peningkatan nilai kompresive dari 0,25 % serat sampai pada 0,5 % serat. Namun terjadi penurunan nilai kompresive pada serat 1%. Hal ini berbeda pada gypsum IV, V, dan VI, terjadi penurunan nilai kuat tekan secara bertahap seiring dengan menurunnya kandungan serat.

Literatur menyebutkan bahwa penurunan nilai kompresive dapat dikarenakan meningkatnya perbandingan fiber-matrik sehingga terjadi penurunan bertahap massa jenisnya. Berkurangnya masa jenis mengakibatkan kurangnya adhesi serat



dan permukaan gypsum sehingga terjadi penurunan kompresive (Chinta,dkk, 2013). Selain dipengaruhi oleh banyaknya serat, nilai kuat tekan juga dipengaruhi oleh ukuran partikel penyusunnya. Seperti pada variasi serat 1%, yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi adalah gipsum (IV), kemudian (I) dan yang paling rendah adalah gipsum (VII). Hal ini dikarenakan ukuran partikel yang terdapat pada gipsum (IV) adalah yang terbesar. Hal ini terjadi juga pada serat 0,5% dan 0,25%. Semakin besar ukuran partikelnya semakin rendah nilai kuat tekannya. Selain itu ada juga yang menyebutkan bahwa semakin banyak air yang digunakan dapat menurunkan kekuatan tekan (Wu, dkk, 2014).

Gipsum VII dan IX memiliki nilai kompresive paling rendah dibanding dengan yang lain. Hal ini sesuai dengan refrensi jurnal yang mengatakan bahwa semakin besar ukuran partikel maka semakin menurunkan nilai kuat tekan (Wu, dkk, 2014). Terjadi penyimpangan pada gipsum VII yang memiliki kuat tekan tertinggi dibanding dengan gipsum VII dan IX. Hal ini berkaitan dengan water absorption. Semakin tinggi nilai water absorptionnya, semakin rendah nilai kuat tekan (Coutts, 1995). Dapat dilihat bahwa pada gipsum VII memiliki water absorption paling tinggi.



Grafik 4.4 Efek rasio serbuk, air, dan serat pada *compressive strength* gipsum

4.2.7 Uji Iritasi

Uji iritasi dilakukan untuk mengetahui respon kulit terhadap produk gipsum. pengujian dilakukan selama 3 hari dengan monitoring setiap hari. Hal ini sesuai dengan standart pengujian OECD test guideline 404 untuk *human testing*. Pemasangan komposit gipsum cast dilakukan pada daerah kaki. Untuk parameter yang digunakan adalah yang memenuhi standart kuat tekan gipsum. Untuk lapisan dimulai dari kapas selanjutnya gipsum, kemudian dibalut dengan perban selanjutnya diplaster untuk menjaga agar gipsum tidak lepas, mengingat gipsum yang digunakan hanya untuk pengujian. Tidak ada rasa panas maupun gatal yang terjadi selama 3 hari rasa. Seperti pada gambar 4.14



dengan 4.17 terlihat bahwa tidak ada perubahan sebelum dan sesudah memakai komposit gipsium cast.



Gambar 4.13 kondisi kulit pasien sebelum diaplikasikan komposit gipsium cast





Gambar 4.14 kondisi 24 jam pasca pengaplikasian komposit gipsum cast





Gambar 4.12 kondisi 48 jam pasca pengaplikasian komposit gipsum cast





Gambar 4.15 kondisi 72 jam pasca pengaplikasian komposit gipsum cast





Gambar 4.16 kondisi setelah pengaplikasian komposit gipsu
cast



(halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan serbuk gipsum anhidrat yang memiliki densitas, water solubility, serta persen yield yang paling baik, yakni parameter 540 watt, 75 menit, massa 50 gram.
2. Pengujian water absorption dan setting temperatur untuk semua parameter uji memenuhi standart. Untuk pengujian setting time memenuhi standart kecuali parameter serbuk 65: air 35: serat 1% serta serbuk 61: air 39: serat 1%. Sedangkan hasil kuat tekan terbaik adalah rasio serbuk 61: air 39 untuk serat 1% dan 0,25%. Serta serbuk 63: air 37: serat 0,25% . Pada uji iritasi tidak ada efek iritasi pada kulit pasien pasca pemakaian komposit gipsum cast.
3. Dari beberapa parameter yang ada, didapatkan parameter yang dapat direkomendasikan, yakni rasio serbuk 61: air 39: serat 0,25%. Selain parameter tersebut, rasio serbuk 63: air 37: serat 0,25% juga dapat direkomendasikan, namun pada pengujian loss of ignition memiliki nilai sedikit lebih tinggi dari standart yang ada.



(halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Amin, dkk. 2015. "Microwave-assisted synthesis of high purity β -tricalcium phosphate crystalline powder from the waste of Green mussel shells (*Perna canaliculus*)". Powder Technology, 273:33-39.
- Alrawashdeh AI., Al-Rawajfeh AE., Al-Bedoor AA., 2014. "Production of Plaster from Gypsum Deposits in South Jordan: Improvement of the Setting Time". Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 49: 293-302.
- Alves C. Dkk. 2010. "Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites". Journal of Cleaner Production, 18: 313-327.
- Anyakora AN., 2012. "Evaluation of Mechanical Properties of Polyester Matrix Reinforced with Bamboo Fibre for the Production of Low Strength Building Products". International Journal of Engineering and Applied Sciences, 2:2305-8269.
- Araujo PC., dkk. 2011. " Lignocellulosic Composite from Brazilian Giant Bamboo (*Guadua Magna*). Part 2: Properties of Cement and Gypsum Bonded Particle Board". Concrete Tecnology, 13: 297-306.
- Arikan, M., Sobolev, K., 2001. "The Optimization of a Gypsum-Based Composite Material". Cement and Concrete Research, 32:1725-1728.
- Arsina, L., Karyadi., Sutrisno. 2009. "Pengaruh Rasio Bambu Petung dan Kayu Sengon Terhadap Kapasitas Tekan Kolom Laminasi". Teknologi dan Kejuruan, 32:71-78.



- Ashley, C., dkk. 2011. "Evaluation of Two Sources of Calcium Sulfate for a Local Drug Delivery System: a Pilot Study". *Infection Society*, 409:3008-3015.
- Azimi, G., Papangelakis, V.G., 2010. "The Solubility of Gypsum and Anhydrite in Simulated Laterite Pressure Acid Leach Solutions up to 250 °C". *Hydrometallurgy*, 102:1-13.
- Balgies.2011."Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Ranga". Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Bioshop JL., dkk. 2013."Spectral Properties of Ca-Sulfates:Gypsum, Bassanite and Anhydrite". *American Mineralogist*,
- Bramante, CM., dkk. 2013. "Biocompatibility and Setting time of CPM-MTA and White Portland Cement Clinker with or without Calcium Sulfate". *Applied Oral Science*, 21:1755-1766.
- Burghardt, R.D., dkk. 2014."Exothermic Properties of Plaster-Synthetic Composite Cast". *Children's Orthopedics*, 8:193-201.
- Buttress, A., Jones, A., Kingman, S., 2015. " Microwave Processing of Cement and Concrete Materials- Towards and Industrial Reality?". *Cement and Concrete Research*, 68:112-123.
- Carson, JS., Bostrom, M.P.G., 2007. "Synthetic Bone Scaffolds and Fracture Repair". *Injury*, 3851:533-537.
- Charomaini MZ., 2012. "Pertumbuhan bambu Petung dari Beberapa Populasi Asal Pulau Jawa".
<https://bamboeindonesia.wordpress.com/jenis-jenis->



[bambu/bambu-petung/makalah-bambu-petung/m-charomaini-z/](#)

Chen dkk. 2010. Microwave – Assisted Synthesis of Spheroidal Vaterite CaCO_3 in Ethylene Glycol – Water Mixed Solvents Without Surfactants. *Journal of Crystal Growth* 312 hal: 3191 – 3197.

Chen, dkk. 2013. “ Kinetics of Glycolysis of Poly(ethylene terephthalate) under Microwave Irradiation”. *Application of Polymer science*, 127 (4):2809-2815.

Ching W.U., Chuan H., Yu N.W., Wen F.H., 2011. “ Hydroxyapatite Synthesized from Oyster Shell Powders by Ball Milling and Heat Treatment”. *Material Characterization journal*, 62:1180-1187.

Chinta S.K., Katkar PM., Jafer MM., 2013. “Natural Fiber Reinforced Gypsum Composites”. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 4: 318-325.

Coutts R.S.P., 1995. “Autoclaved Bamboo Pulp Fibre Reinforced Cement”. *Cement and Concrete Composite*, 17: 99-106.

Deshpande, S.V. 2005. “An Experimental Study of Pressure-Dynamics of Casting Materials”. *Injury*, 36:1067-1074.

Abhijit P. Deshpande, M. BhaskarRao, & C. Lakshmana Rao. (2000). Extraction of bamboo fibers and their use as reinforcement in polymeric composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 76, 83-92. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(20000404\)76:13.O.CO;2-L](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(20000404)76:13.O.CO;2-L).

Gaashani, dkk. 2010. “ Effect of Microwave Power on t he Morphology and Optical Property of Zinc Oxide Nano-



- Structures Prepared Via a Microwave – Assisted Aqueous Solution Method”. *Materials Chemistry and Physics*, 125:846-852.
- Fambuena, V., Bernadi L., Fenollar, O., Boronat T., Balart R., 2013. “ Characterization of Green Composites from Biobased Epoxy Matrices and Bio-fillers Derived from Seashell Wates”. *Materials and Design*, 57:168-174.
- Fadwa J., 2014. “Consolidation Of Archaeological Gypsum Plaster By Bacterial Biomineralization Of Calcium Carbonate”. *Acta Biomaterialia*, 10: 3844–3854.
- Falade F., 1995. “An Investigation of Periwinkle Shells as Coarse Aggregate in Concrete”. *Building and Environment*, 30(4): 573-577.
- Farag, S., Chouki., 2015. “A Modified Microwave Thermo-Gravimetric-Analyzer for Kinetic Purposes. *Applied Thermal Engineering*, 75:65-72.
- Freeman. 2006. “Infrared Spectroscopy”. Chapter 16.
- Freyer, D and Voigt, W., 2003. “ Crystallization and Phase Stability of CaSO_4 and CaSO_4 -Based Salt”. *Chemical Monthly*, 134, 693-719.
- Ganesapillai, M., Miranda, LR., Regupathi, I., 2009. “Mathematical Modeling in Drying and Determination of Effective Moisture Diffusivity of $\text{CaSO}_4/2\text{H}_2\text{O}$ during Microwave Drying”.
- Gencel, O., Juan, J., Muchit, S., Fuat, K., Alvarez, R., Gonzalo, MB., Witold B., 2013. “Properties of Gypsum Composite Containing Vermiculite and Polypropylene fibers :



Numerical and Experimental Results”. *Energy and Building*, 70:135-144

Goller G., Oktar F.N., Agathopoulos S., tulyaganov D.U., Ferreira JMF., Kayali ES., 2005. “The influence of sintering temperature on mechanical and microstructural properties of bovine hydroxyapatite”. *Key Eng Mater*, 284-286:325-8.

Haghi, A. K., Anmanifard, N., 2008. “Analysis of Heat and Mass Transfer During Microwave Drying of Food Products”. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 25:491-501.

Hangx, S., Spiers, C., Peach, C., 2009. “The Mechanical Behavior of Anhydrite and the Effect of CO₂ Injection”. *Energy Procedia*, 1:3485-3492.

He dkk. 2013. Calorimetry Study of Microwave Absorption of Some Solid Materials. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy* 47 (4) hal: 251-261.

Hesaraki, S., Motarzadeh F., Nezafati., 2009. “Evaluation of a Bioceramic based Nanocomposite Materials for Controlled Delivery of a Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drug”. *Medical Engineering and Physics*, 31:1205-1213.

Housova & Hoke. 2002. Microwave Heating – the Influence of Oven and Load Parameters on the Power Absorbed in the Heated Load. *Czech Journal Food Science* Vol 20 No 3 Hal: 117 – 124.

Hsieh, MF., dkk. 2010. “Synthesis, in Vitro Macrophage Response and Detoxification of Bamboo Charcoal Beads for Purifying Blood”. *Biomed Mater*, 94(4):1133-1140.



- Hu J., Russell J.J., Ben-Nissan B., Vago R., 2001. "Production and analysis of hydroxyapatite from Australian coral via hydrothermal process". *J Mater Sci Lett*, 20:85-7.
- Jaiyen S., Thikumporn N., Chawalir N., 2013. "Comparative Study of Natural Dolomitic Rock and Waste Mixed Seashell as Heterogeneous Catalysts for the Methanolysis of Palm oil to Biodiesel". *Renewable Energy*, 74:433-440.
- Jian, M., dkk. 2014. "Microwave-Promoted Pure Host Phase for Red Emission CaS:Eu²⁺ Phosphor from Single CaSO₄ Precursor and the Photoluminescence Property". *Chin. Phys*, 23:8.
- Jarosinski, A. 1993. "Properties of Anhydrate Cement Obtained from Apatite Phosphogypsum". *Cement and Concrete Research*, 24:99-108.
- Jonathan. 2006. *Biomedical science : Biological Performance of Materials*. Francis: Taylor & Francis Group.
- Kakaras, E., Giannakopoulos, D., 1995. "Modeling of Flue Gas Desulphurization Using Dry Additives". *Chemical Engineering and Processing*, 54:421-432.
- Kamba dkk. 2013. Synthesis and Characterisation of Calcium Carbonate Aragonite Nanocrystals from Cockle Shell Powder (*Anadara granosa*). *Journal of Nanomaterials* Vol 2013.
- Kim, JH., dkk. 2011. Grafting Using Injectable Calcium Sulfate in Bone Tumor Surgery: Comparison with Demineralized Bone Matrix-based Grafting". *Clinics in Orthopedic Surgery*, 3(3):191-201.



Kingston & Jassie.1985.*Introduction to Microwave Sample Preparation—Theory and Practice*. Chapters 2 and 3, ACS professional reference book. Am. Chem. Soc.

Klepetsanis, PG., Koutsaukos, PG., 1998. “Kinetics of Calcium Sulfate Formation in Aqueous Media: Effect of Organophosphorus Compounds”. *Crystal Growth*, 193:156-163.

Kontrec, J., Damir, K., Ljerka, B., 2002. “Transformation of Anhydrous Calcium Sulphate into Calcium Sulphate Dihydrate in Aqueous Solutions”. *Crystal Growth*, 240:203-211.

Lawrence, A., Didomenico, Paul S., 2013. “Unvolve Spilit Plaster Cast for Postoperative Immobilization Foot and Ankle Surgery”. *Foot and Ankle Surgery*, 52:260-262.

Lizette, TCK., 2014. *Energy and Environmental Science: Study on Cellulose Hydrogel Film Regenerated From Natural Plant Bagasse and Their Bio and Cytocompatible Properties for Tissue Engineering*. Nagaoka: Nagaoka University of Technology.

Lusardi, M. Michelle, Jorge M., Nielsen C. Carolline. 2003. *Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation*. United States of America: Elsevier.

Ma, L., dkk. 2014. “Preparation of Unmodified Cellulose Nanocrystals from *Phyllostachys Heterocycla* and Their Biocompatibility Evaluation”. *Bioresources*, 9:210-217.

Maeda, S.T., dkk. 2006. “Evaluation of Surgical Cavities Filled with Three Types of Calcium Sulfate”. *Applied Oral Science*, 15(5):416-9.



Metaxas AC., dan RJ Meridith. 1982. *Industrial Microwave Heating*. London: Peter Peregrinus Press.

Metaxas AC. 1988. *St. John's College*. England: Personal Communication.

Montagnaro, F., dkk, 2009. "Steam Hydration-Reactivation of FBC ashes for Enhanced in Situ Desulphurization". *Fuel*, 88:1092-1098.

Murugan R., Ramakrishna S., Panduraga Rao K., 2006. "Nanoporous hydroxy-carbonate apatite scaffold made of natural bone". *Mater Lett*, 60:2844-7.

Oka MG., 2005. "Cara Penentuan Kelas Kuat Acuan Bambu Petung", <https://bamboeindonesia.wordpress.com/jenis-jenis-bambu/bambu-petung/makalah-bambu-petung/gusti-made-oka/>

Park, YB., dkk.2011. "Synthesis and Characterization of Nanocrystalline Calcium Sulfate for Use in Osseous Regeneration". *Biomedical Materials*, 6(5):055007.

Pereira MM., dkk. 2003. "Preparation and Biocompatibility of Poly (Methyl Methacrylate) Reinforced with Bioactive Particles". *Material Research*, 6:311-315.

Pratama H., 2003. Fieldbus: , http://www.academia.edu/10033682/BAB_I_PENDHAU_LUAN_Perkembangan

Rajesh, dkk. 2014. "Sensing Behavior to Ethanol of Tin Oxide Nanoparticles prepared by Microwave Synthesis with Different Irradiation Time". *Sensor and Actuators B:Chemical*, 194:96-104.



- Rao, S.S, Jeyapal, S.G., Rajiv, S., 2014. Biodegradable Electrospun Nanocomposite Fibers Based on Poly(2-Hydroxy Ethyl Metachrylate) and Bamboo Cellulose”. *Composite*, 60:43-48.
- Rocha, J.H.G., Lemos A.F., Agathopoulos S., Valerio P., Kannan S., Oktar F.N., 2005. “Scaffolds for bone restoration from cuttlefish”. *Bone*, 37:850-7.
- Rolnick LS., 1950. “ Stability of Gypsum and Anhidrite”. *Geologic Environment*, 1:143-147.
- Siriprom, W. dan Limsuan. 2009. “ A biomonitoring study : Trace metals in Amusium pleuronectes shell from coastal area of Chonburi Province”. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 43(5):141- 145.
- Slosarczyk, A., dkk. 2010. “New Bone Implant Material with Calcium Sulfate and Ti Modified Hydroxyapatite”. *Achievements in Materials and Manufacturing Engineerin*, 43:1.
- Standish, N.H., Worner K., Obuchowski D. Y., 1991. “Particle Size Effect in Microwave Heating of Granular Materials”. *Powder Technology*, 66:225-230.
- Steller, R., dkk. 2013. “Polymer Based Composite with Interpenetrating Networks Structure”. *Chemistry*, 7:2.
- Templon, C, Jane, C., 1967. “Solubility of Anhydrite in Several Aqueous Salt Solutions between 250 °C and 325 °C”. *Chemical Engineering*, 55:94-97.
- Thein, E., dkk. 2013. “ In Vitro Activity of Gentamicin-Loaded Bioabsorbable Beads Againsts Different Microorganisms”. *Materials*, 6:3284-3293.



- Vorster, Werner. 2001. The Effect of Microwave Radiation on Mineral Processing. *School of Chemical Engineering, The University of Birmingham*.
- Wibowo S.A., 2010. “Prarancangan Pabrik Gypsum dari Kalsium Hidroksida dan Asam Sulfat Kapasitas 315.000 Ton per Tahun”.
- William. 2008. “ On The Mechanisms of Biocompatibility”. *Biomaterials*, 20:2,941-2,953
- Wu H., dkk. 2014. “Improvement on Mechanical Strength and Water Absorption of Gypsum Modeling Material with Synthetic Polymers”. *Ceramic International*, 40: 14899-14906.
- Xu Y., Wang D., Yang L., Tang H., 2001. “ Hydrothermal conversion of coral into hydroxyapatite”. *Mater Chacart*, 47:83-7.
- Zhang X., Vecchio K.S., 2007. “ Hydrothermal synthesis of hydroxyapatite rods”. *J Cryst Growth*, 308:133-40.

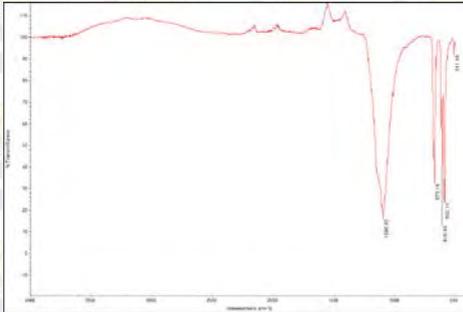


LAMPIRAN

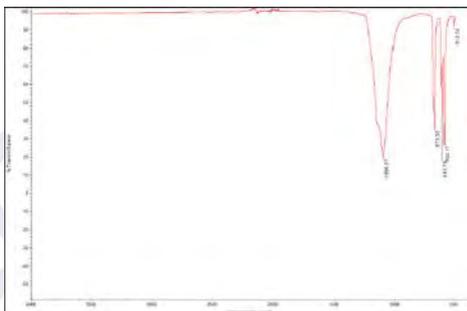
A. DATA PENGUJIAN

A.1 Data Pengujian FTIR

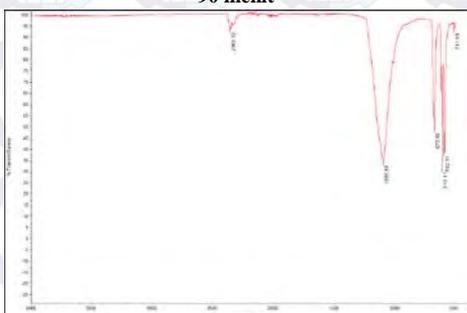
A.1.1 Daya 540 watt



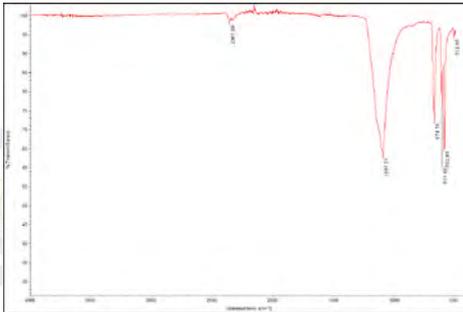
Gambar 1. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 25 gram
75 menit



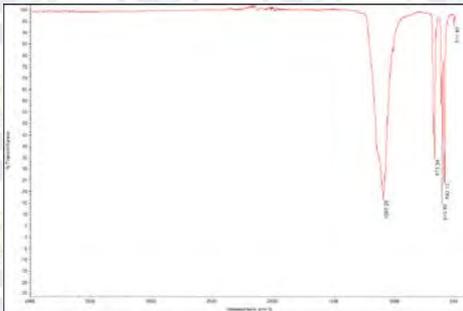
**Gambar 2. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 25 gram
90 menit**



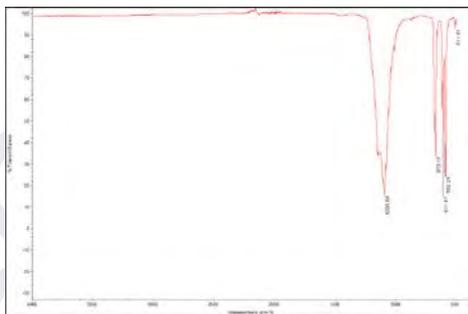
**Gambar 3. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 50 gram
75 menit**



**Gambar 4. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 50 gram
90 menit**

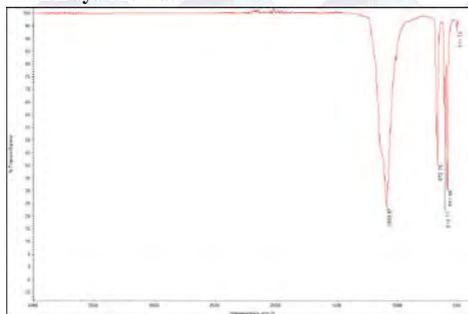


**Gambar 5. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 75 gram
75 menit**

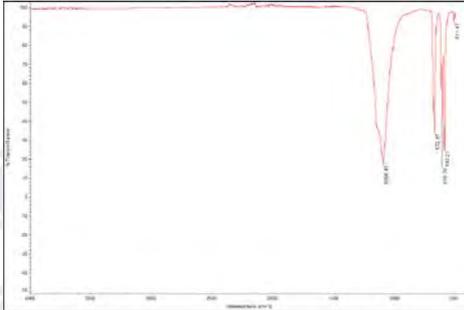


**Gambar 6. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 75 gram
90 menit**

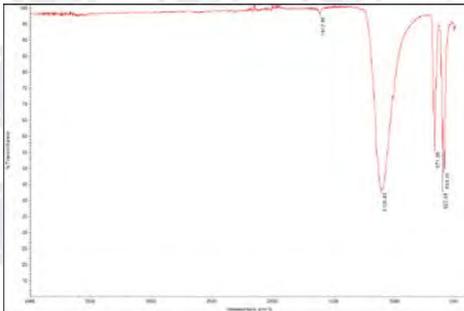
A.1.2 Daya 720 watt



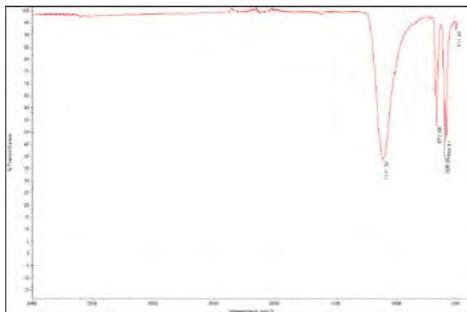
**Gambar 7. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 25 gram
75 menit**



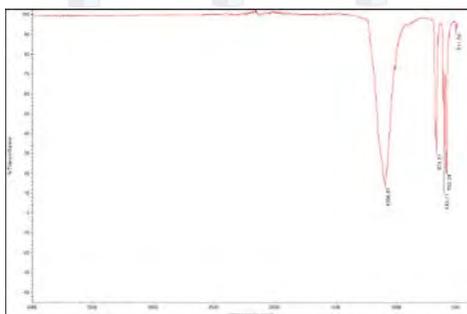
**Gambar 8. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 25 gram
90 menit**



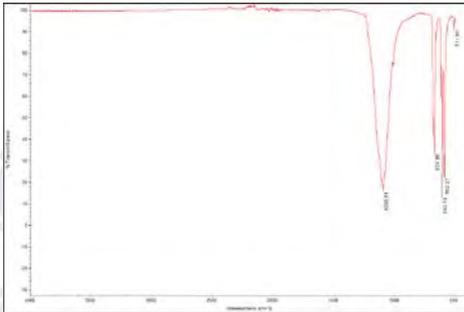
**Gambar 9. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 50 gram
75 menit**



Gambar 10. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 50 gram 90 menit

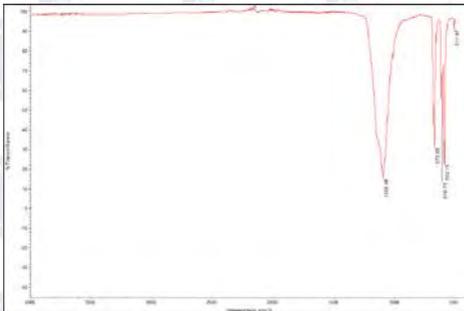


Gambar 11. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 75 gram 75 menit

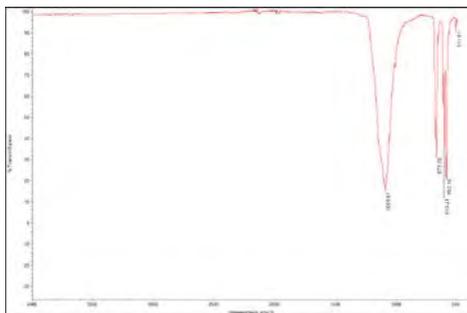


Gambar 12. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 75 gram 90 menit

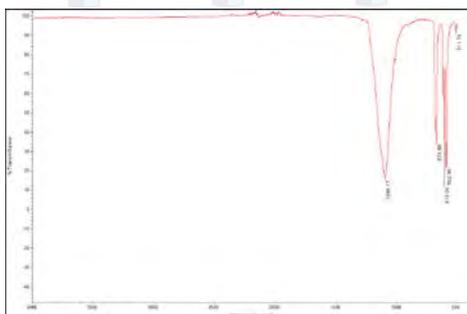
A.1.3 Daya 900 watt



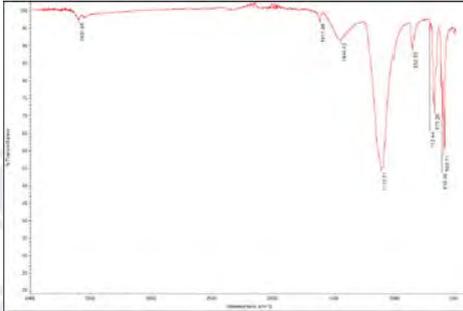
Gambar 13. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 25 gram 75 menit



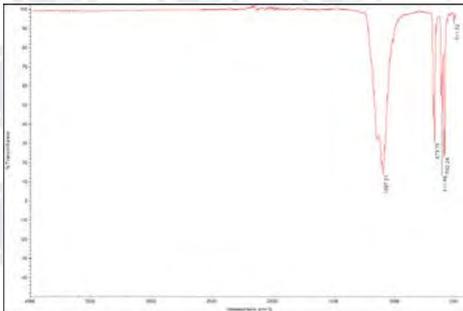
Gambar 14. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 25 gram 90 menit



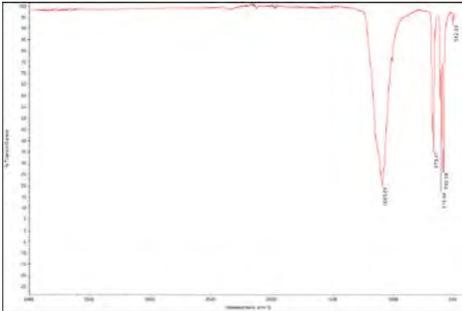
Gambar 15. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 50 gram 75 menit



Gambar 16. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 50 gram 90 menit



Gambar 17. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 75 gram 75 menit



Gambar 18. Spektrum FTIR serbuk cangkang kerang 75 gram 90 menit



Lampiran 2 tabel perhitungan densitas serbuk anhidrat

Daya (watt)	Massa (gram)	Waktu (menit)	Densitas (gr/cm ³)	Rata-rata
540	25	75	2,530612	3,16
			3,793103	
		90	2,530612	3,16
			3,793103	
	50	75	1,95312	2,05
			2,250062	
		90	2,318182	2,40
			2,481481	
	75	75	3,6362476	3,56
			3,4872654	
		90	2,409091	2,39
			2,3636636	
720	25	75	1,882352	1,54
			1,217391	
		90	2,5	3,95
			5,4	
900	25	75	3,125	2,74
			2,363636	
		90	2,2	2,18
			2,166667	
	75	90	2,585366	2,49
			2,4	



Lampiran 3 tabel perhitungan water solubility serbuk anhidrat

Daya (watt)	Massa (gram)	Waktu (menit)	Massa awal	Massa akhir	Water solubility
540	25	75	0,5325	0,4568	0,08
		90	0,56	0,52	0,04
	50	75	0,52	0,25	0,27
		90	0,6	0,44	0,16
	75	75	0,6266	0,553	0,07
		90	0,58	0,46	0,12
720	25	75	0,52	0,4	0,12
		90	0,5	0,38	0,32
900	25	75	0,58	0,48	0,10
		90	0,58	0,42	0,16
	75	90	0,6	0,42	0,18

Lampiran 4 Tabel Efek Rasio P:W:F terhadap nilai water absorption

Rasio P:W:F	Water arbsorption (%) untuk 2 jam	Standart Deviasi (%)	Water arbsorpti on (%) untuk 24 jam	Standart Deviasi (%)
I	20,86677	4,189781	6,201569	0,056846
II	11,91799	3,635615	5,241219	0,078129



III	21,2120	8,11355	12,78742	0,075298
IV	16,74667	4,253062	6,694627	0,040985
V	15,92396	3,253896	5,679135	0,020118
VI	28,04147	0,420512	16,872	0,025213
VII	11,83065	1,196003	0,324578	0,046913
VIII	28,1505	5,371368	13,49312	0,027234
IX	21,18346	8,46218	8,910607	0,073758

Lampiran 5 Tabel Efek rasio P:W:F terhadap nilai kuat tekan

Rasio P:W:F	Beban Compressive (kgf)	Beban persatuan luas (kgf/cm ²)	Kuat tekan (Mpa)
I	328	36,44	3,57354326
II	415	46,11	4,521846315
III	310	34,44	3,37741026
IV	502	55,778	5,469953237



V	294	32,67	3,203832555
VI	44	4,89	0,479545185
VII	30	3,33	0,326561445
VIII	294	32,67	3,203832555
IX	30	3,33	0,326561445

Lampiran 6 Tabel perhitungan LOI

Parameter	Massa basah	Massa kering udara	Massa pada 8 jam	Massa setelah dipanaskan 105
I	1,98	1,56	1,52	2,564103
II	1,70	1,32	1,30	1,515152
III	1,84	1,48	1,46	1,351351
IV	2,06	1,6	1,56	2,5
V	1,56	1,22	1,12	8,196721
VI	1,52	1,12	1,08	3,571429
VII	2,12	1,52	1,52	0



VIII	2,04	1,06	1,04	1,886792
IX	1,5	1,56	1,54	1,282051

Lampiran 7 ASTM C59 untuk setting time

5.1.1 *Setting Time*—Gypsum casting plaster and gypsum molding plaster shall set in not less than 10 nor more than 50 min using the procedure for gypsum concrete and all gypsum plasters, except gypsum neat plaster.

Lampiran 8 IS:23330- untuk water absorption

Table 1 Physical Requirements for Plaster of Paris for Ceramic Industry
(Clause 4.2)

Sl No.	Characteristic	Requirement				Method of Test (Ref to CL No. in Annex A)
		Type 1 (3)	Type 2 (4)	Type 3 (5)	Type 4 (6)	
(i)	(2)					(7)
i)	Fineness :					
	a) Material retained on 150-micron IS Sieve, percent by mass, <i>Max</i>	Nil	Nil	Nil	Nil	A-2
	b) Material retained on 75 micron IS Sieve, percent by mass, <i>Max</i>	7	Nil	Nil	Nil	A-2
ii)	Normal consistency	60 to 80	45 to 60	55 to 65	40 to 55	A-3
iii)	Setting Time, min					A-4
	a) Initial	8 to 15	8 to 15	8 to 15	8 to 15	
	b) Final	15 to 30	10 to 30	10 to 15	10 to 15	
iv)	Temperature rise during setting, °C, <i>Max</i>	12	12	12	17	A-4
v)	Expansion after setting, percent	0.2 to 0.4	0.2 to 0.4	—	—	A-5
vi)	Modulus of rupture, MPa, <i>Min</i>	4.0	5.0	5.0	7.0	A-6
vii)	Dry compressive strength, MPa, <i>Min</i>	9	15	17	20	A-6
viii)	Water absorption, percent by mass	25 to 35	20 to 25	15 to 20	12 to 18	A-7

1 kg/cm² = 1 00 000 N/m² = 0.1 MPa approx.

NOTE — Values given in this table are for normal consistency. For getting a higher water absorption, water to plaster ratio should be higher.



Lampiran 9 IS:2542-1978 untuk compressive test

4.2 Determination of Compressive Strength — As soon as the cube specimens have been dried, determine their compressive strengths. Position the cubes in the testing machine so that the load is applied on surfaces formed by faces of the moulds, not on top and bottom. Apply the load continuously and without shock at a constant rate within the range 1 to 4 kgf/cm² (98 to 392 kN/m²) per second. During application of the first half of the maximum load a higher rate of loading shall be permitted.

4.2.1 The average compressive strength shall be reported as the compressive strength of the material except that if the strengths of one or two of the cubes vary more than 15 percent from the average of the five, they shall be discarded and the compressive strength shall be reported as the average of the remaining specimens. In case the compressive strengths of three or more cubes vary more than 15 percent from the average, the results shall be discarded and the test repeated.



Lampiran 10 parameter yang dipakai

Gypsum	LOI (%)	Setting time (menit)	Setting temperatur (°C)	Water absorption(%)	compressive strength (MPa)
1	2,564103	3:49'	29,7	20,86677	3,57354326
2	1,515152	25'	28,8	11,91799	4,521846315
3	1,351351	13'	28,7	21,2120 7	3,37741026
4	2,5	14'	28,2	16,74667	5,469953237
5	8,196721	10'	25,9	15,92396	3,203832555
6	3,571429	20'	24,9	28,04147	0,479545185
7	0	4:42'	27,6	11,83065	0,326561445
8	1,886792	29'	25	28,1505	3,203832555



9	1,282051	30'	24,9	21,18346	0,326561445
STANDARD maksimal	3	50	37	35	0,39

***Warna kuning mengindikasikan bahwa nilainya melebihi standart yang ada**



Penulis bernama Humairoh Nur Chasanah. Lahir di Jember, 19 Oktober 1992. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Sidomekar 1 (1999 – 2005), SMPN 4 Tanggul (2005 – 2008), SMAN 2 Jember (2008 – 2011) dan Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS melalui program SNMPTN Undangan tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 2711 100 034.

Tugas akhir yang diambil penulis dalam bidang material inovatif adalah **“Pembuatan komposit Gypsum *Orthopedic Cast* dari Limbah Organik (Cangkang Kerang) : Efek rasio air-serbuk dan serat-serbuk”**

Humairoh Nur Chasanah

Humairoh.chasanah19@gmail.com

083857047399

Pembuatan komposit Gypsum *Orthopedic Cast* dari Limbah Organik (Cangkang Kerang) : Efek rasio air-serbuk dan serat bambu-serbuk

Humairoh Nur Chasanah dan Yuli Setiyorini

Teknik Material dan Metalrgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: yulisetiyorini@yahoo.com

Abstrak---Cangkang kerang merupakan salah satu sumber kalsium (Ca) dengan kadar 34 – 46 % yang dapat diaplikasikan di bidang medis. Oleh sebab itu diperlukan pengolahan lebih baik pada cangkang kerang yang tinggi kalsium, salah satunya adalah dibuat gipsum. Pembuatan gipsum anhidrat dengan menggunakan campuran 1000 mL H₂SO₄ 6 molar ditambah serbuk cangkang kerang yang selanjutnya di microwave dengan massa 50 gram, daya 540 watt selama 75 menit. Tahap selanjutnya memadukan antara serbuk dengan serat bambu dengan variasi air-serbuk dan persentase serat-serbuk. Gypsum komposit orthopedic cast selanjutnya dianalisa morfologi, setting time, setting temperatur, serta compressive. Sedangkan pengaruhnya pada nilai kuat tekan adalah, untuk II memiliki kuat tekan terbesar. Untuk IV memiliki nilai kuat tekan terbesar . Untuk VIII nilai kuat tekan terbesar pada serta VII dan IX memiliki nilai yang sama.

Kata Kunci : cangkang kerang, gelombang mikro, gipsum anhidrat, gipsum komposit orthopedic cast, serat bambu.

I. PENDAHULUAN

Gypsum yang paling umum ditemukan di alam adalah jenis kalsium sulfat hidrat dengan rumus kimia CaSO₄.2H₂O. Ketika di air panas atau air memiliki kadar garam yang tinggi, gipsum berubah menjadi basanit (CaSO₄.H₂O) atau juga menjadi anhidrit (CaSO₄) yang kemudian dapat dijadikan gipsum cast[1]. Pada pemakaiannya gipsum cast memiliki banyak kekurangan diantaranya, casting pasca operasi dapat menyebabkan komplikasi yang dihasilkan dari pembengkakan jaringan lunak dalam wilayah gerak. Komplikasi berat seperti sindrom kompartemen dan sindrom nyeri regional kompleks dapat disebabkan dari edema yang disebabkan oleh cast yang ketat [2]. Gypsum cast seperti inorganik semen lainnya yang menekan ketika digunakan, rendah tegangan dan kekuatan impak. Selain itu memiliki karakteristik yang getas yang kurang efektif penggunaannya pada kekuatan kompresif yang tinggi. Oleh sebab itu, komposit gipsum cast mulai banyak dipakai hingga saat ini.

Komposit gipsum cast mulai dikembangkan, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Singh dan Grag, menganalisa pengaruh panjang dan isi E-type *fiberglass* pada sifat kekuatan (lentur, dan tarik) serta ketahanan terhadap air. Data menunjukkan bahwa kekuatan maksimum diperoleh menggunakan 4% dari serat kaca 50 mm. meskipun *fiberglass* dapat memperbaiki sifat mekanik, namun *fiberglass* juga bersifat racun dan merupakan komponen yang berbahaya. Selama penggunaan kontak langsung dengan kulit menyebabkan gatal, iritasi, kekeringan, sehingga dibutuhkan perlindungan spesifik ketika menggunakan *fiberglass*. Kelemahan

lainnya adalah bahan *fiberglass* yang tidak kompresibel sebagai plester, dan cenderung untuk menutupi struktur halus dari tulang. Hal ini dikarenakan sifat dari *fiberglass* yang radiolusen sehingga cenderung untuk menutupi struktur tulang yang mendasari untuk penetrasi x-ray. Sering kali *fine mesh* atau "bayangan" dapat dilihat pada gambar x-ray.

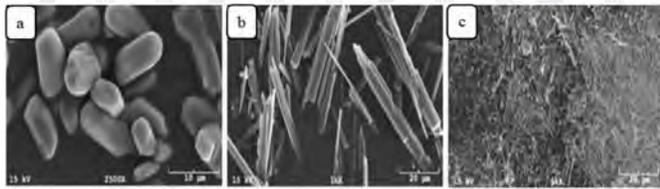
Selain *fiberglass*, ada juga yang menggunakan kain atau serat poliester rajutan yang digunakan sebagai substrat pembawa resin polimer. Hal ini dikarenakan poliester bersifat lembut dan memiliki elastisitas yang lebih baik dari *fiberglass*. Namun, substrat poliester ini rentan terhadap kelembaban, yang dapat mempengaruhi stabilitas air pada resin polimer. Penelitian lain dilakukan dengan menambahkan senyawa silikon yang bersifat waterproofness yang sangat baik untuk gypsum, efek dari penambahan silikon dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan mekanik produk. Ada juga yang menemukan bahwa dengan penambahan kalsium hidroksida atau oksida kalsium untuk gypsum dalam kombinasi dengan senyawa silikon dapat mempertahankan kekuatan gypsum.

Berdasarkan dari kelemahan komposit gipsum cast yang ada, maka dilakukan penelitian komposit gipsum cast menggunakan serat bambu sebagai komposit dengan variasi serbuk, air, serta serat terhadap sifat mekaniknya. Mengingat kekuatan tarik bambu oven bambu petung adalah 1900 kg/cm² (tanpa buku) dan 1160 kg/cm² (dengan buku), setara dengan dua kali kekuatan tarik baja. Selain itu, bambu juga bersifat biocompatible sesuai dengan penelitian Rao yang menggunakan selulosa serat bambu nanokomposit sebagai perancah antikanker untuk penyembuhan luka dan pengobatan kanker kulit [3].

II. URAIAN PENELITIAN

A. Kalsium Sulfat Anhidrat

Kalsium sulfat anhidrat sulit larut di air, oleh karenanya diperlukan pelarut selain air dan metode yang tepat untuk memudahkannya, misalkan saja dengan metode wet proses asam sulfat atau proses hidrometalurgi menggunakan metal [4]. Pada wet proses, variasi kelarutan dipengaruhi oleh tipe kristal, temperatur, dan konsentrasi H₂SO₄. Gambar 1 merupakan percobaan dari Azmi, dkk yang membuat gipsum anhidrat dari dihidrat. (a) kalsium sulfat dihidrat 100%. (b) Mereaksikan 5 gr dihidrat dengan 0,2 M H₂SO₄ pada temperatur 150° C selama 4 hari menghasilkan 100% hemihidrat. (c) 5 gr dihidrat direaksikan dengan 0,2 M H₂SO₄ pada temperatur 200° C selama 4 jam, menghasilkan 100 % anhidrat.



Gambar.1.(a) gipsium dihidrat 100 %, (b) gipsium hemihidrat 100%, (c) padatan akhir (100% anhidrat) pada 0.2 M H₂SO₄, temperatur 150 °C setelah 4 jam.

B. Gypsum Orthopedic Cast

Casting adalah bagian penting dari perawatan pasca operasi pembedahan di kaki dan pergelangan kaki. Dengan menggunakan cast, pembekakan pasca operasi dapat dihindarkan. Casting dapat menjadi alternatif pengobatan patah tulang dan resiko pembengkakan pascaoperasi. Hal ini penting untuk mencegah pergerakan tulang yang tidak stabil di seluruh fraktur. Cedera jaringan lunak, biasanya disebabkan oleh edema, dapat mengakibatkan komplikasi serius ketika cast. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa penggunaan split cor mengurangi tekanan pada ekstremitas tanpa kehilangan stabilitas cor. Berikut merupakan sifat gipsium cast yang diuraikan pada tabel 1.

Tabel 1
SPESIFIKASI KOMPOSIT GIPSUM CAST

No	SPESIFIKASI	Keterangan
1	Tensile strength, kg/cm ² , min	15 (IS:4738-1993)
2	Setting time, menit	90 sampai 120 (ASTM C472)
3	Setting temperate, °C	44 (Orthotic and Prosthetics in Rehabilitation, 2007)
4	Water absorption	Tidak boleh lebih dari 5% dalam waktu 2 jam (ASTM C1396)
5	Kandungan kalsium sulfat (gypsum)	Tidak boleh kurang dari 85 % (90%)
6	Ukuran partikel, µm	150 (IS:4738-1993)
7	Compressive strength, kgf/cm ² ,sec	1smpai 4 (IS:2542-1978)

III. METODOLOGI

Bambu betung dipotong sepanjang 30 cm dengan gergaji. Setelah dipotong, bambu dipukul-pukul hingga ligninnya hancur dan serat terpisah satu sama lain. Selanjutnya bambu direndam pada larutan NaOH 1 M selama 24 jam untuk memisahkan lignin, pentosan, dan heksosan agar bambu mudah untuk diserat. Mencabut serat bambu satu persatu. Metode pembuatan serbuk gipsium anhidrat, serbuk cangkang kerang direaksikan dengan larutan H₂SO₄ 6 M. Tujuannya agar kalsium (Ca²⁺) dapat berikatan dengan sulfat (SO₄²⁻) sehingga dihasilkan gipsium (CaSO₄). Kemudian campuran serbuk kerang dan larutan H₂SO₄ 6M diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer pada temperatur 70°C dengan kecepatan 1000 rpm. Selanjutnya diendapkan selama 24 jam pada temperatur kamar supaya terbentuk endapan gipsium. Setelah terbentuk endapan, memisahkan endapan dan larutannya. Endapan gipsium pHnya masih asam, sehingga dilakukan pencucian agar tingkat keasamannya menurun. Pencucian dilakukan dengan

menggunakan aquades hingga endapan memiliki pH 5. Kemudian endapan ditimbang dengan neraca analitik sebesar 50 gr untuk selanjutnya dikalsinasi menggunakan microwave pada daya 540 watt, 75 menit. Selanjutnya serbuk gipsium serta dicampur air dengan parameter yang telah ditentukan untuk pembuatan komposit gipsium cast. Berikut adalah kode sampel pada rasio serbuk(P), air (W), dan serat (F) pada komposit gipsium cast:

Tabel 2
Kode sampel uji

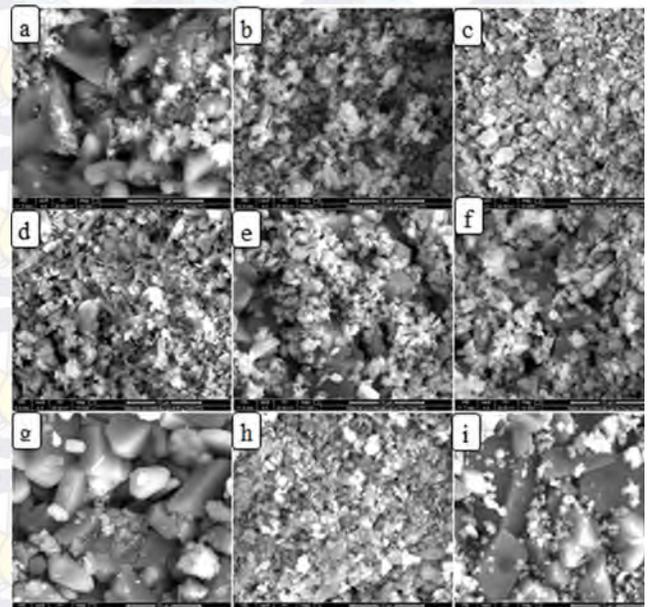
Kode	KETERANGAN
I	P65:W35:F1%
II	P65:W35:F0,5%
III	P65:W35:F0,25%
IV	P63:W37:F1%
V	P63:W37:F0,5%
VI	P63:W37:F0,25%
VII	P61:W39:F1%
VIII	P61:W39:F0,5%
IX	P61:W39:F0,25%

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposit Gipsium Cast

4.1 Analisa Morfologi

Analisa morfologi bertujuan untuk menganalisa struktur crystal, distribusi ukuran structure crystal, distribusi unsur penyusun dan persentasenya, dimana hal tersebut dapat mempengaruhi sifat mekanik komposit gipsium cast.



Gambar.2.(a)P65:W35:F1%(b)P65:W35:F0,5%(c)P65:W35:F0,25%(d)P63:W37:F1%(e)P63:W37:F0,5%(f)P63:W37:F0,5%(g)P61:W39:F1%(h)P61:W39:F0,5%(i)P61:W39:F0,25%

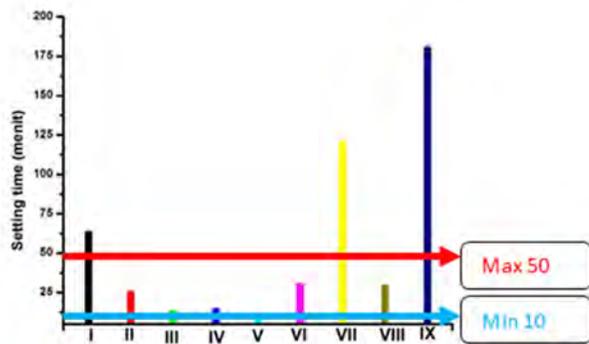
Dari gambar 2 menunjukkan hasil SEM pada perbesaran 10.000X (a) memiliki ukuran partikel berbentuk kristal plat dihidrat dengan sedikit butir kristal anhidrat berukuran kecil. Gambar (b) dan (c) memiliki bentuk butir kristal anhidrat dengan ukuran yang kecil. Namun, gambar (b) memiliki ukuran partikel sedikit lebih besar jika dibandingkan dengan gambar (c). Untuk gambar (d) memiliki partikel butir kristal anhidrat, sedang gambar (e) memiliki partikel berbentuk kristal plat dihidrat, hemihidrat dan sedikit butir kristal anhidrat. Gambar (f) memiliki partikel butir kristal anhidrat dengan sedikit kristal dihidrat plat. Pada gambar (g) partikel berbentuk

kristal plat dihidrat berukuran besar. Gambar (h) memiliki butir kristal anhidrat, sedang gambar (i) memiliki partikel kristal plat dihidrat berukuran besar, hemihidrat serta sedikit butir kristal anhidrat didalamnya.

4.2 Setting Time

Pengaturan waktu diuji sesuai ASTM C59. Secara singkat, serbuk gipsium anhidrat yang telah dicampur dengan serat bambu perlahan-lahan dipindahkan ke dalam mangkuk berisi air sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. Campuran antara serbuk, air dan serat bambu diaduk dengan cepat selama ± 60 detik untuk membentuk pasta homogen. Pasta kemudian ditempatkan pada cetakan akrilik yang beralas kaca bersih. Pengaturan waktu dimulai ketika pasta diletakkan pada cetakan sampai air tidak lagi muncul di permukaan pasta.

Dari gambar 3 terlihat pada gipsium I, II dan III terjadi penurunan waktu setting time seiring berkurangnya serat. Sedangkan dari gipsium IV, V, dan VII terjadi penurunan nilai setting time. Serat alami digunakan sebagai perangsang penyerapan molekul organik agar pertumbuhan kristal dapat aktif. Proses kristalisasi gipsium terdiri dari tiga tahap yang diamati. Tiga tahap tersebut adalah dissolution, nukleasi dan pertumbuhan kristal. Proses hidrasi gypsum dan setting time dipengaruhi oleh sejumlah faktor seperti temperatur selama persiapan pasta gipsium; rasio air-gipsium-serat; metode pencampuran gipsium; kehalusan partikel serbuk serta kemurnian gipsium. Ukuran yang lebih kecil berarti luas permukaan lebih tinggi dan karenanya dissolution dan kristalisasi lebih cepat. Hal ini terjadi pada gipsium (III) dan (V), dikarenakan memiliki partikel butir kristal anhidrat berukuran kecil. Sedang pada gipsium (I), (VII), dan (IX) memiliki setting time yang lama, hal ini dikarenakan mereka memiliki partikel plat dihidrat kristal yang berukuran besar. Selain dipengaruhi oleh ukuran partikel penyusunnya, setting time dapat tertunda dengan peningkatan jumlah air, ukuran bahan, jumlah campuran, dan waktu penuangan [5]. Berikut adalah gambar pengaruh rasio serbuk, air serta serat bambu pada setting time.



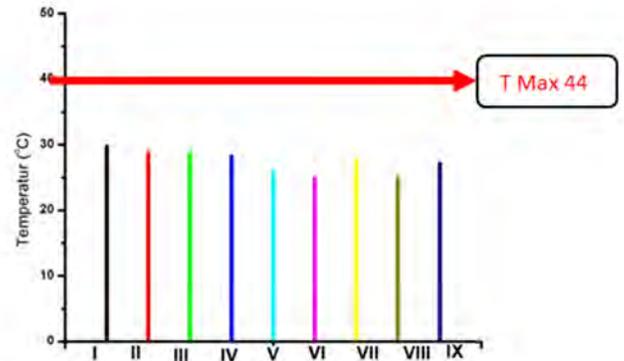
Gambar.3. Efek rasio serbuk, air, dan serat pada setting time gypsum

4.3 Setting Temperature

Temperatur setting diukur ketika gypsum sudah pada cetakan. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui temperatur gypsum saat diaplikasikan pada tubuh manusia. Temperatur setting dilakukan menggunakan termometer infrared Dekko IR-550C. Untuk temperatur maksimal yang dapat ditoleransi oleh tubuh manusia adalah 44°C [6]. Dari gambar 4.5 terlihat bahwa temperatur setting pada semua parameter P:W tidak mengalami perubahan yang mencolok pada semua parameter serat. Penurunan temperatur

diiringi dengan penurunan jumlah serat yang digunakan, meskipun penurunan temperatur tersebut terjadi hanya sedikit saja. Namun, hal ini berbanding terbalik untuk rasio serbuk dan air. Semakin banyak air yang digunakan semakin rendah temperatur yang dihasilkan.

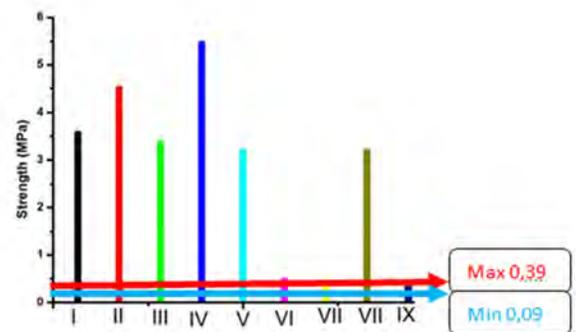
Untuk semua parameter semakin tinggi rasio bambu, semakin tinggi pula setting temperaturnya. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penambahan bambu mengakibatkan kenaikan temperatur. Berikut adalah gambar pengaruh rasio serbuk, air serta serat bambu pada temperatur setting. Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa setting temperature dari semua sampel bisa memenuhi standart yang ada. Berikut adalah gambar 4 pengaruh P:W:F pada setting temperature.



Gambar.4. Efek rasio serbuk, air, dan serat pada setting temperature gypsum

4.4 Compressive Strength

Kuat tekan adalah kapasitas bahan atau struktur untuk menahan aksial yang diarahkan pada tekanan. Ketika batas kuat tekan tercapai bahan akan rapuh dan hancur. Kuat tekan diukur menggunakan Mesin uji universal. Menurut standart IS:2542-1978 gypsum harus memiliki nilai kuat tekan 1 sampai 4 kgf/cm^2 . Dari gambar dapat diamati perbedaan kandungan serat yang berpengaruh pada nilai kuat tekan [7]. Untuk gipsium I, II, III, VII, VIII, dan IX menunjukkan peningkatan nilai kompresive dari 0,25 % serat sampai pada 0,5 % serat. Namun terjadi penurunan nilai kompresive pada serat 1%. Hal ini berbeda pada gipsium IV, V, dan VI, terjadi penurunan nilai kuat tekan secara bertahap seiring dengan menurunnya kandungan serat. Berikut adalah gambar pengaruh rasio serbuk, air serta serat bambu pada kuat tekan.



Gambar.5. Efek rasio serbuk, air, dan serat pada compressive strength

Literatur menyebutkan bahwa penurunan nilai kompresive dapat dikarenakan meningkatnya perbandingan fiber-matrik sehingga terjadi penurunan bertahap massa jenisnya. Berkurangnya masa jenis mengakibatkan kurangnya adhesi serat dan permukaan gypsum sehingga terjadi penurunan kompresive. Selain dipengaruhi oleh banyaknya serat, nilai kuat tekan juga dipengaruhi oleh ukuran

partikel penyusunnya. Seperti pada variasi serat 1%, yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi adalah gipsum (IV), kemudian (I) dan yang paling rendah adalah gipsum (VII). Hal ini dikarenakan ukuran partikel yang terdapat pada gipsum (IV) adalah yang terbesar. Hal ini terjadi juga pada serat 0,5% dan 0,25%. Semakin besar ukuran partikelnya semakin rendah nilai kuat tekannya. Selain itu ada juga yang menyebutkan bahwa semakin banyak air yang digunakan dapat menurunkan kekuatan tekan. Gipsum VII dan IX memiliki nilai kompressive paling rendah dibanding dengan yang lain. Hal ini sesuai dengan refrensi jurnal yang mengatakan bahwa semakin besar ukuran partikel maka semakin menurunkan nilai kuat tekan [8]. Terjadi penyimpangan pada gipsum VII yang memiliki kuat tekan tertinggi dibanding dengan gipsum VII dan IX.

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan :

Untuk hasil kuat tekan terbaik adalah parameter VII, IX dan VI.

Dari beberapa parameter yang ada, didapatkan parameter yang dapat direkomendasikan, yakni rasio serbuk IX dan VI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa Bidik Misi tahun 2011 - 2015.

Daftar Pustaka

- [1] V. Fambuena, L. Bernadi, O. Fenollar, T. Boronat, R. Balart, "Characterization of Green Composites from Biobased Epoxy Matrices and Bio-fillers Derived from Seashell Wates," *Materials and Design*, Vol. 57(2013, mei) 168-174.
- [2] A. Lawrence, Didomenico, S. Paul, "Unvilve Spilit Plaster Cast for Postoperative Immobilization Foot and Ankle Surgery," *Foot and Ankle Surgery*, Vol. 52(2013, mar) 260-262.
- [3] S. Rao, S. Jeyapal, S. Rajiv, "Biodegradable Electrospun Nanocomposite Fibers Based on Poly(2-Hydroxy Ethyl Metachrylate) and Bamboo Cellulose," *Composite*, Vol. 60 (2013, Apr) 43-48.
- [4] P. Araujo, M. Larissa, Arruda, H. Claudio, E. Divino, "Lignocellulosic Composite from Brazilian Giant Bamboo (Guadua Magna). Part 2: Properties of Cement and Gypsum Bonded Particle Board," *Concrete Tecnology*, Vol. 13 (2011, jan) 297-306.
- [5] A. Alrawashdeh, A. Rawajfeh, A. Bedoor, "Production of Plaster from Gypsum Deposits in South Jordan: Improvement of the Setting Time," *Chemical Technology and Metallurgy*, Vol. 49(2014, Apr) 293-302.
- [6] M. Lusardi, M ichelle, M. Jorge, C. Nielsen, Carolline, *Orthotics and Prothetics in Rehabilitation*. United Stated of America: Elsevier (2003) Ch. 12.
- [7] H. Wu, "Improvement on Mechanical Strength and Water Absorption of Gypsum Modeling Material with Synthetic Polymers," *Ceramic International*, Vol. 40 (2014, Jun) 14899-14906.
- [8] S. Chinta, P. Katkar, M. Jafer, "Natural Fiber Reinforced Gypsum Composites," *International Journal of Engineering and Management Sciences*, Vol. 4(2013, mei) 318-325.

Pembuatan komposit Gypsum *Orthophedic Cast* dari Limbah Organik (Cangkang Kerang) : Efek rasio air-serbuk dan serat-serbuk

Di susun oleh :

Humairoh Nur Chasanah

2711100034

Dosen Pembimbing:

Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil

Dr. Agung Purniawan, ST, M.Eng

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya



OUTLINE

1. Pendahuluan

2. Tinjauan Pustaka

3. Metodologi Percobaan

Analisa dan Pembahasan

Kesimpulan

Latar Belakang

Tingginya kasus patah tulang
di Indonesia

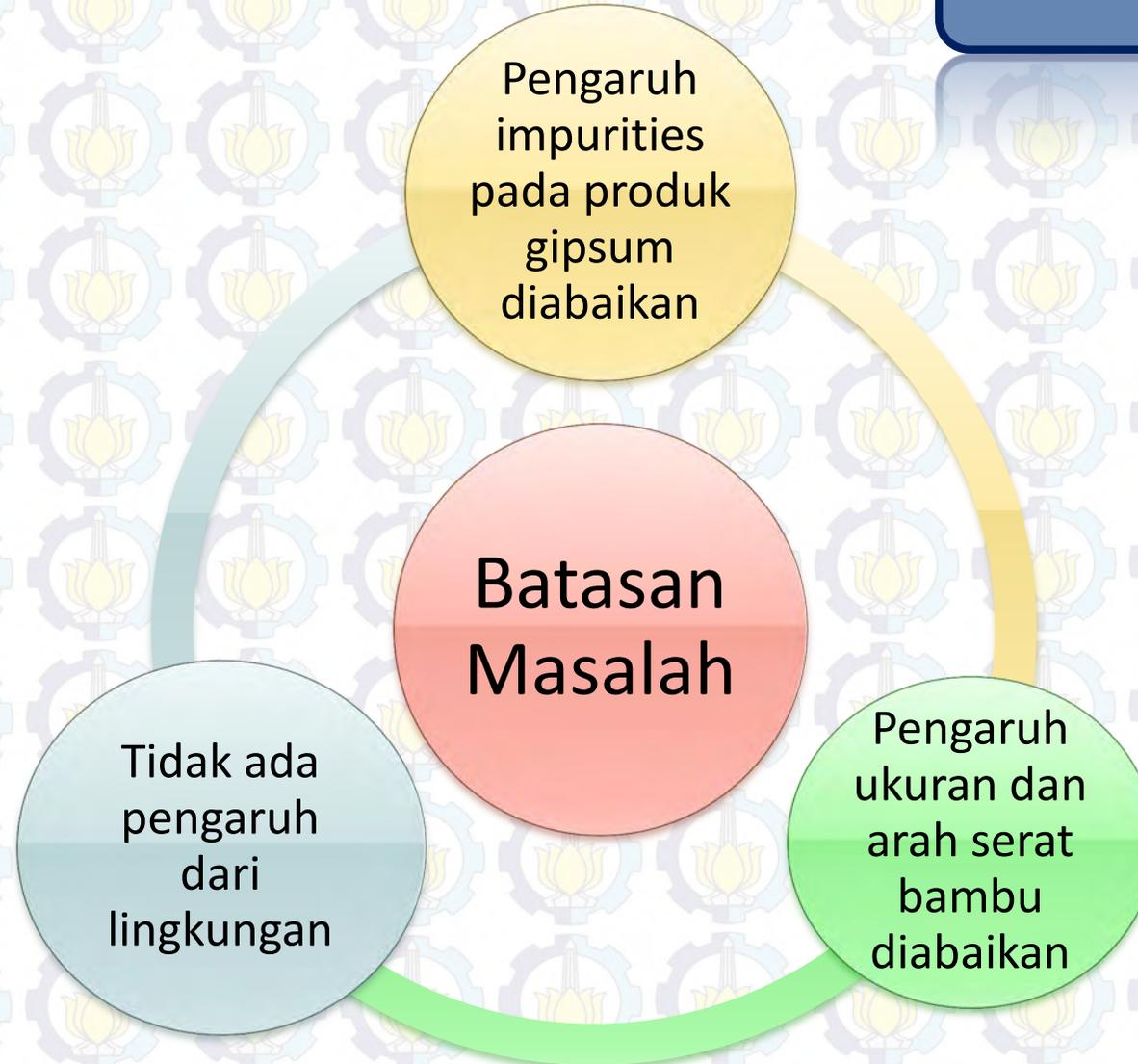
Banyaknya kebutuhan
gipsum di Indonesia

Minimnya produksi gipsum
di Indonesia

Banyaknya nilai ekspor
moluska

Bagaimana pengaruh rasio komposisi serbuk gipsum anhidrat dengan serat bambu, terhadap sifat mekanik dan biologi?

Batasan Masalah



Menganalisa pengaruh rasio komposisi serbuk gipsum anhidrat, serat bambu, serta air terhadap sifat mekanik dan biologi

Komposit
gypsum
cast

- fiberglass
- Poliester
- silikon

Kalsium sulfat
anhidrat

- Metode pembuatan
- Sifat

Bambu

- kelebihan

Cangkang

mikrowave

kandungan

- Cara kerja
- kelebihan

□ Komposisi Mineral Cangkang Kerang

Jenis kerang	komposisi
Kerang rambut (<i>Anadara Antiquata</i>)	95.7% CaC ₂ , 2.1%Na, 0,13% Mg, 1,4% Fe, 0.54% lain-lain (Bharatham, dkk, 2014)
Kerang simping (<i>placuna placenta</i>)	26.7824% Ca, 0.2799% Sc, 0.068%Cr, 0,124% Mn, 0.124% Fe, 0.065% Zn, 0.008% Br, 0.3636% Sr, 0.012% Au, 0.0022% Pb (Siriprom dan Limsuwan, 2009)
Kerang hijau (<i>Perna Viridis</i>)	53.7% CaO, 0.2% SiO ₂ , 0.03% Fe ₂ O ₃ , 0.33% MgO, 0.13%Al ₂ O ₃ (Amin,dkk, 2015)
Kerang darah (<i>Anadara Granosa</i>)	12.75% C, 53.25% O, 45.78% Ca, 0.59% Cu, 0.82% Sn (Hoque, dkk, 2013)



Microwave (gelombang mikro) dapat menyebabkan pergerakan molekular yang disebabkan oleh terjadinya migrasi ionik



Cara kerja :

Sumber (Arus Listrik) → gelombang listrik dan daya → frekuensi



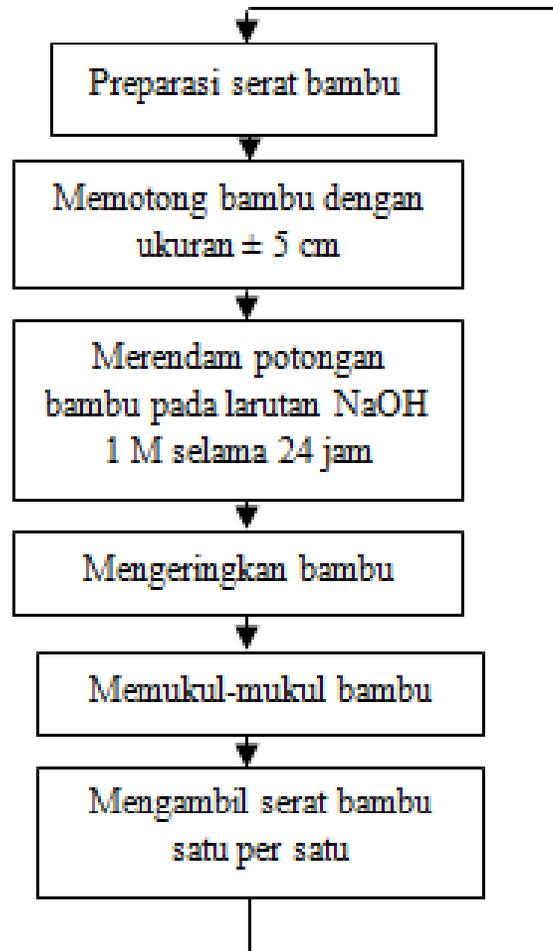
Memanaskan material uji ← panas ← memberikan vibrasi ke atom

(Saxena, 2011)

Kelebihan Microwave

1. Reaksi lebih cepat.
2. Menghasilkan kemurnian hasil uji yang lebih tinggi dengan waktu yang singkat.
3. Panasnya merata pada semua serbuk.
4. Waktu yang dibutuhkan lebih cepat.

Preparasi serat bambu



Metodelogi

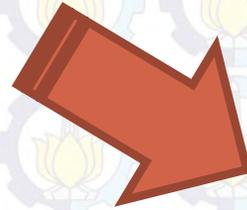


Parameter penelitian

Sample :

Jumlah sampel yang dibutuhkan

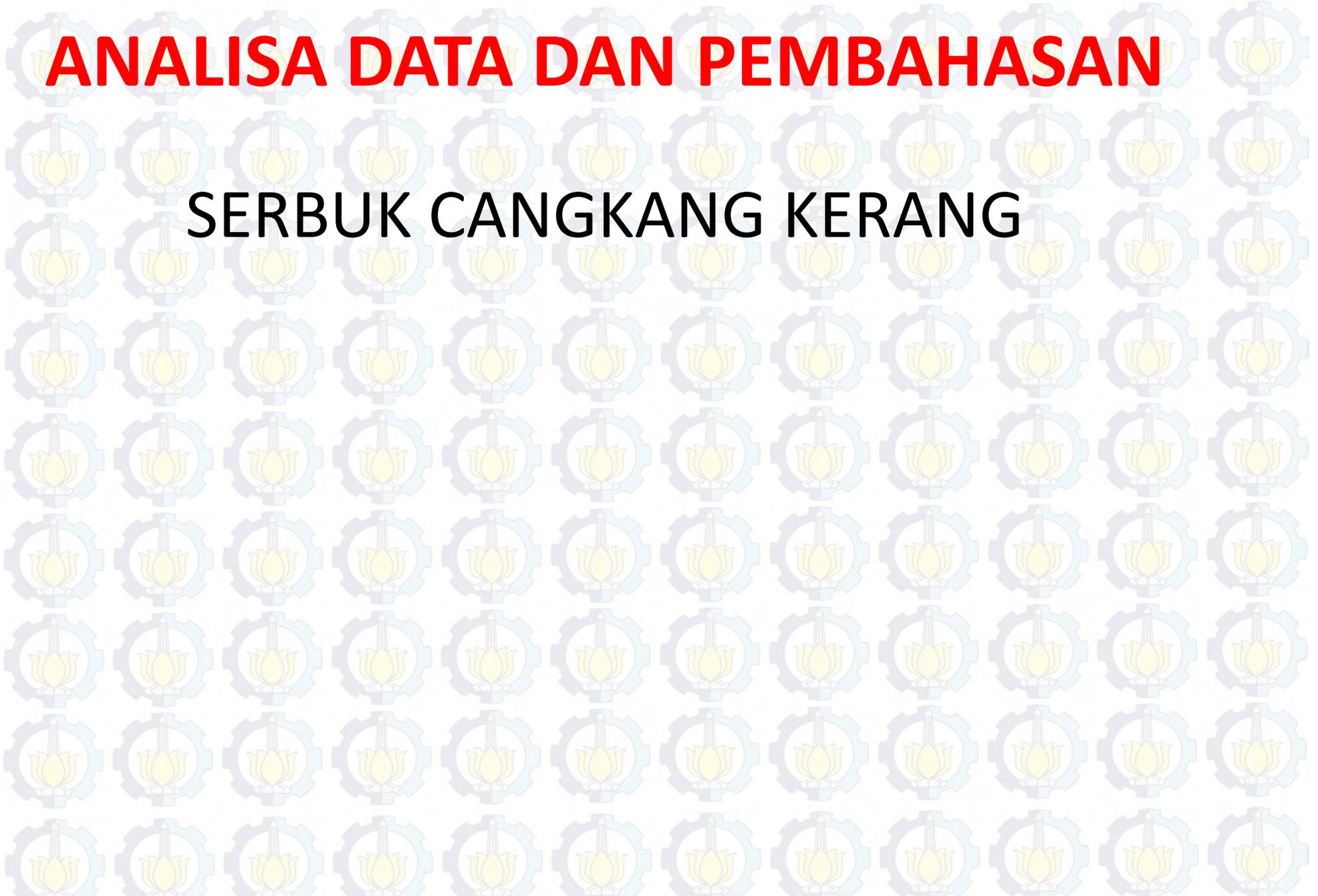
27 buah



Ukuran partikel serbuk $\pm 150\mu\text{m}$	Analisis						
	Persen serat bambu	IR temperature Measurement	Setting time	SEM	Compressive strength	Water absorption	Uji alergi
65:35	1 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	0.5 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	0.25 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓
63:63	1 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	0.5 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	0.25 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓
61:39	1 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	0.5 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	0.25 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

SERBUK CANGKANG KERANG



ANALISA TEMPERATUR PEMANASAN

Gypsum (kalsium sulfat) termasuk ke dalam material dengan faktor kehilangan dielektrik yang rendah (*low loss material*) sehingga kemampuan menyerap energi gelombang mikro tidak selalu konstan (He dkk, 2013). Jika dilihat dari temperatur yang dihasilkan akibat radiasi gelombang mikro, maka dapat dikatakan bahwa terjadi perubahan temperatur dengan adanya variasi daya, waktu, dan massa.

540 Watt			720 Watt			900 Watt		
Waktu (menit)	Massa (gram)	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Massa (gram)	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Massa (gram)	Temperatur (°C)
75	25	226.6	75	25	204.3	75	25	206.9
	50	239.8		50	255.7		50	209.4
	75	254.7		75	218.3		75	219.4
90	25	235.5	90	25	209.1	90	25	201.5
	50	232.1		50	201.6		50	210.9
	75	254.7		75	245.4		75	249.6

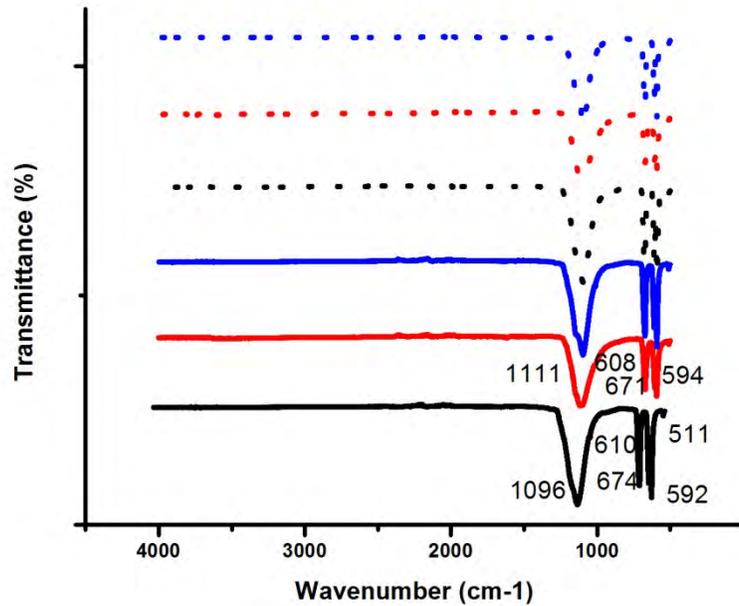
ANALISA MASSA

540 Watt			720 Watt			900 Watt		
Waktu (menit)	Massa (gram)	% Massa	Waktu (menit)	Massa (gram)	% Massa	Waktu (menit)	Massa (gram)	% Massa
75	25	27.8	75	25	14	75	25	37.76
	50	23.16		50	59.74		50	38.02
	75	16.03		75	20		75	40.01
90	25	23.96	90	25	28.84	90	25	47.9
	50	11.66		50	46.77		50	48.24
	75	9.77		75	17.71		75	36.96

The background of the slide features a repeating pattern of a light blue gear with a yellow lotus flower inside, arranged in a grid. The text 'ANALISA FTIR' is centered over this pattern in a bold, yellow, sans-serif font.

ANALISA FTIR

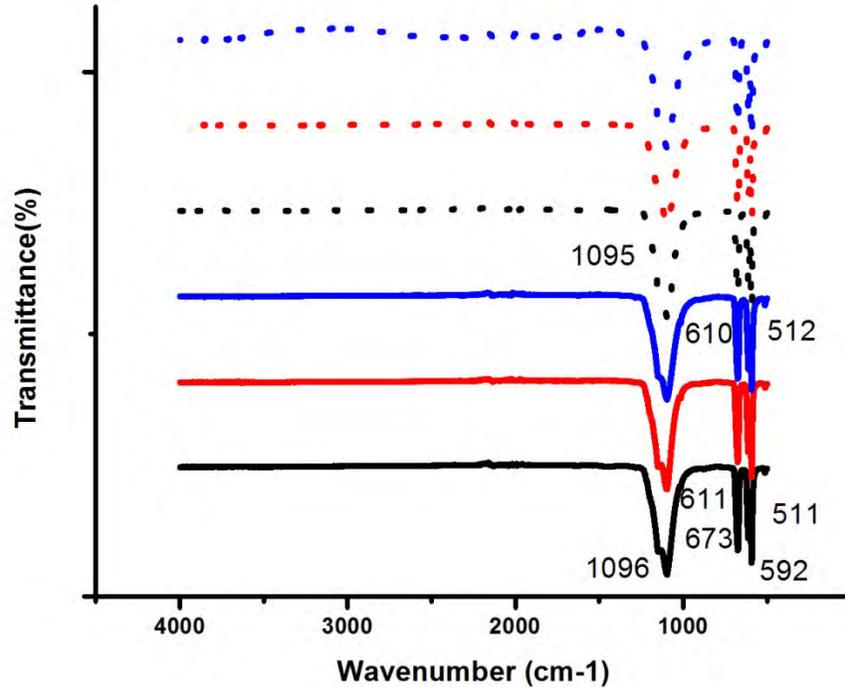
Daya 540 watt



Massa	540 watt									
	75 menit					90 menit				
	CaSO ₄ .2 H ₂ O	CaSO ₄ .0. 5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O	CaSO ₄ . 2H ₂ O	CaSO ₄ .0.5 H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O
25 gram			592;610; 673	511; 1096				512;592; 610;673	1096	
50 gram			592; 610; 673	512; 1095				592; 673	611; 1096	
75 gram			592; 673	511; 1095				592; 673	511;611 ;1096	

Garis	Keterangan
•••••	75 menit 25 gram
•••••	75 menit 50 gram
•••••	75 menit 75 gram
—————	90 menit 25 gram
—————	90 menit 50 gram
—————	90 menit 75 gram

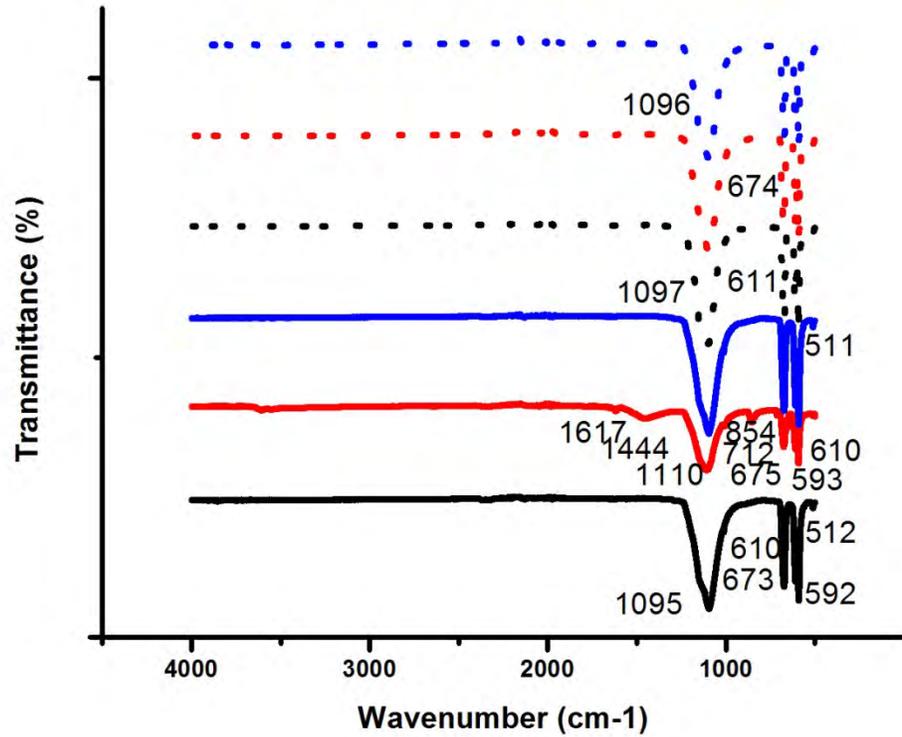
720 WATT



Garis	Keterangan
--- (Blue)	75 menit 25 gram
--- (Red)	75 menit 50 gram
--- (Black)	75 menit 75 gram
— (Blue)	90 menit 25 gram
— (Red)	90 menit 50 gram
— (Black)	90 menit 75 gram

Massa	720 watt									
	75 menit					90 menit				
	CaSO ₄ .2H ₂ O	CaSO ₄ .0.5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O	CaSO ₄ .2H ₂ O	CaSO ₄ .0.5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O
25 gram			592; 610; 673	511; 1096				592; 610; 673	511; 1095	
50 gram	674		593; 671	607	1617		1111	594; 671;	511	
75 gram	674		592; 610	511; 1096		674		592; 610	511;	

900 WATT

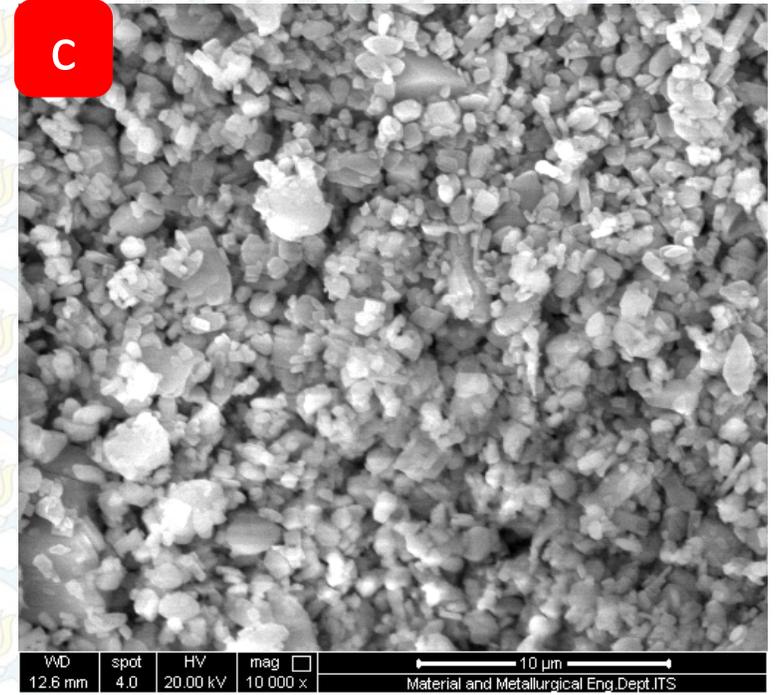
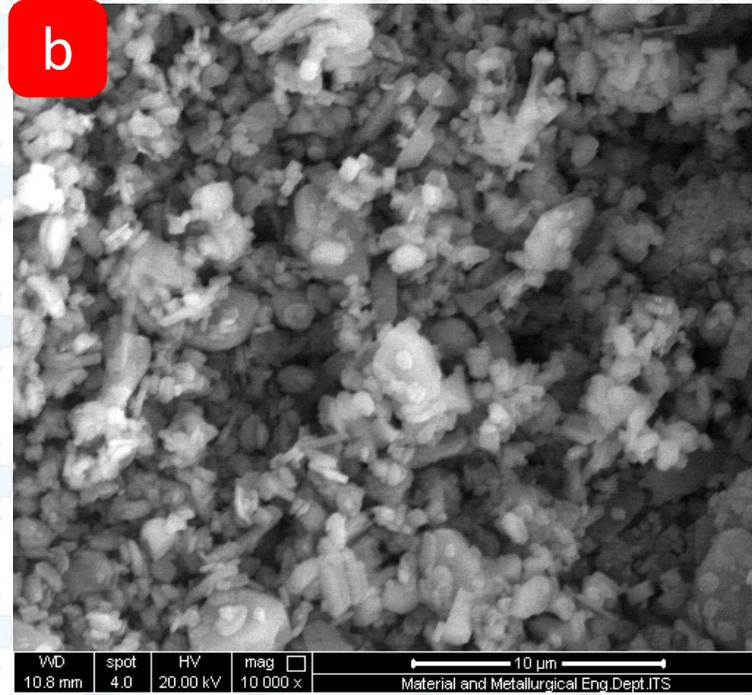
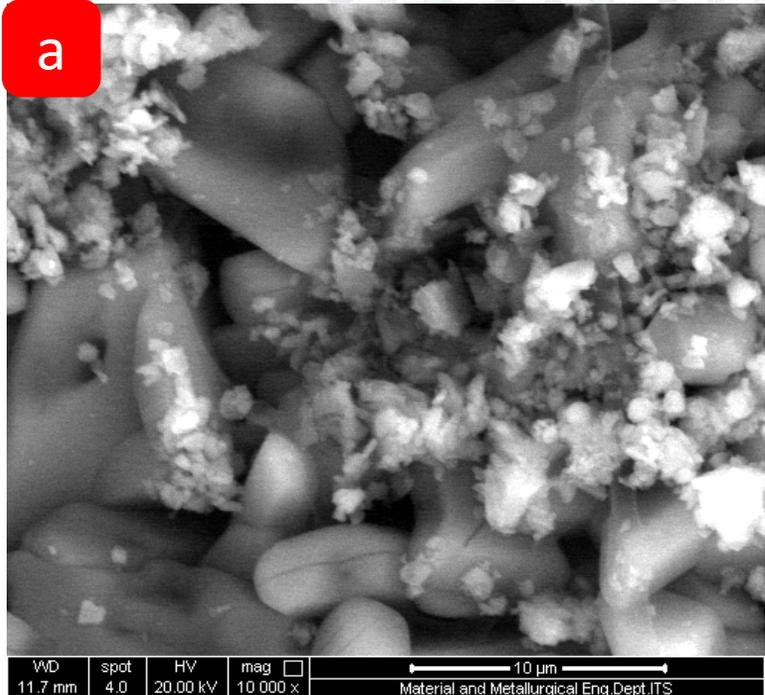


Massa	900 watt									
	75 menit					90 menit				
	CaSO ₄ . 2H ₂ O	CaSO ₄ . 5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O	CaSO ₄ . 2H ₂ O	CaSO ₄ . .5H ₂ O	CaSO ₄	SO ₄ ²⁻	H ₂ O
25 gram			592;610; 673	511; 1096				592;610 ;673	511; 1095	
50 gram	674		610	511; 1096		675		593;610 ;1110		1617
75 gram	674		592; 610	1096				592;610 ;673	511; 1095	

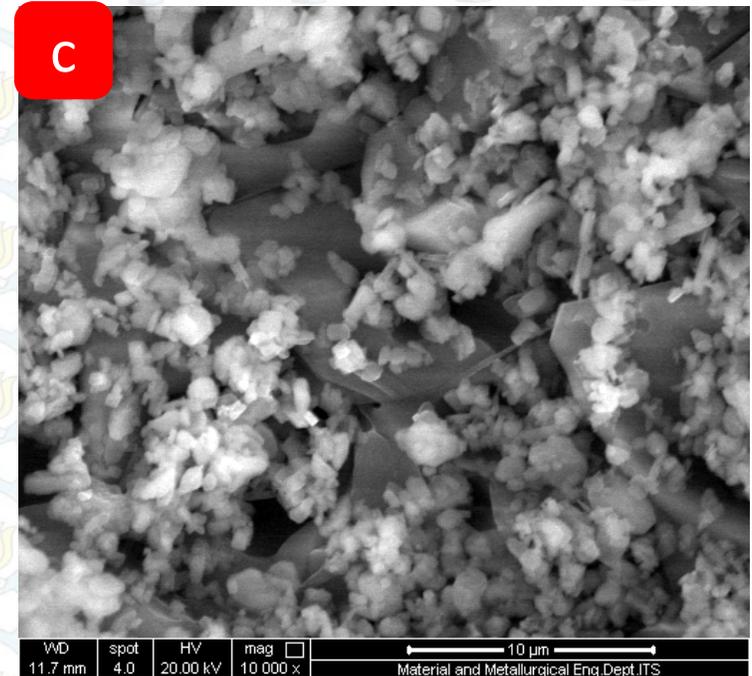
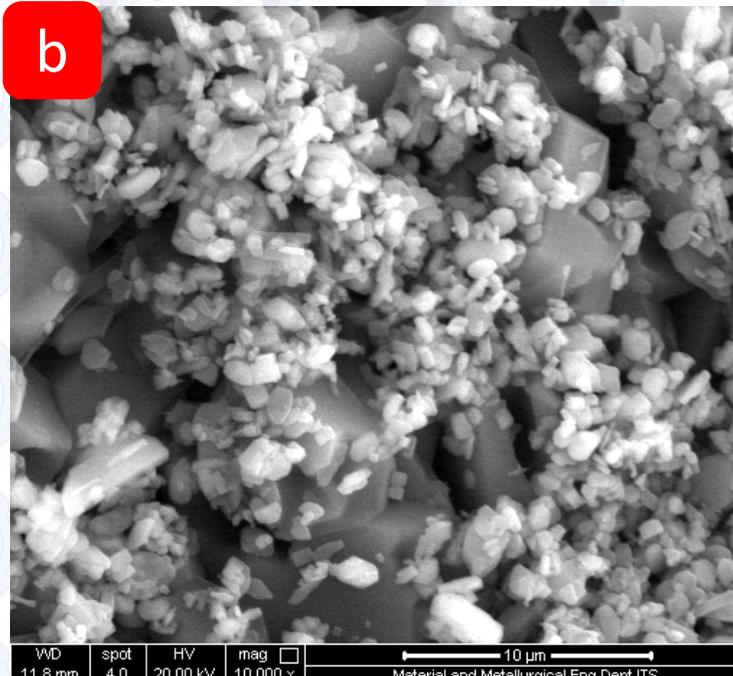
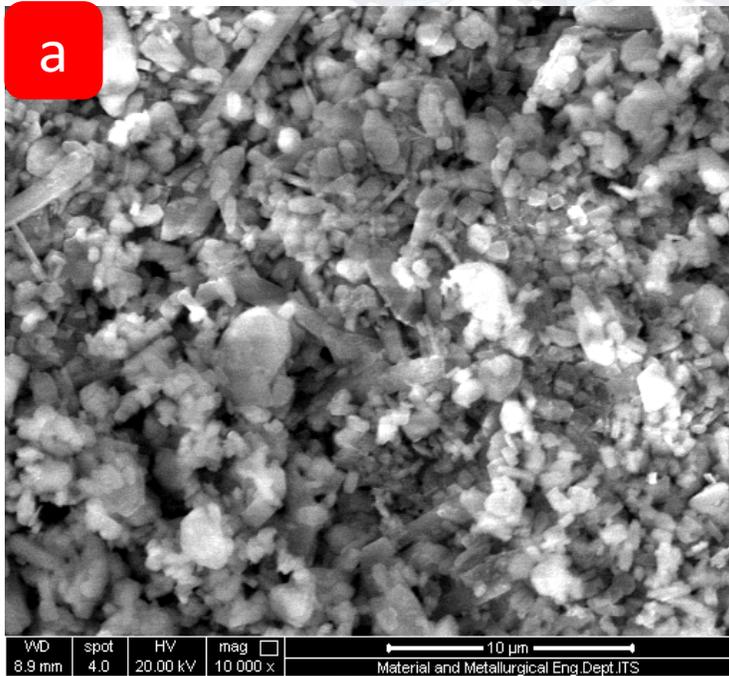
Garis	Keterangan
•••••	75 menit 25 gram
•••••	75 menit 50 gram
•••••	75 menit 75 gram
————	90 menit 25 gram
————	90 menit 50 gram
————	90 menit 75 gram



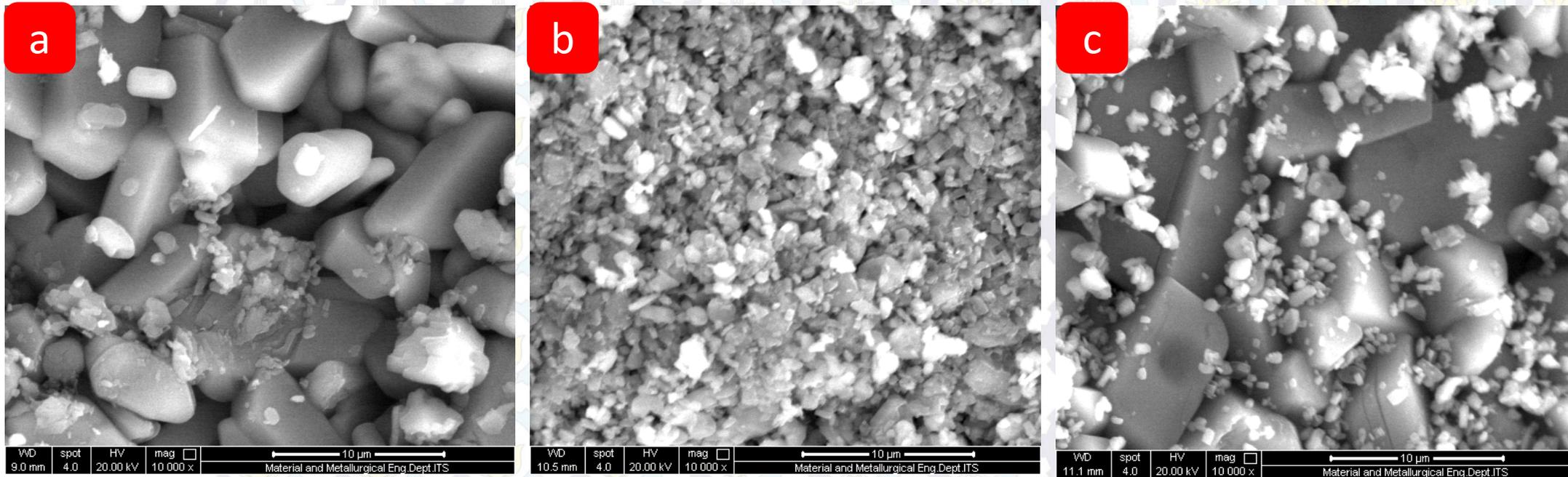
ANALISA MORFOLOGI



Gambar 1 profil SEM permukaan pada P65:W35
(a)F1% (b)F0,5% (c)F0,25%

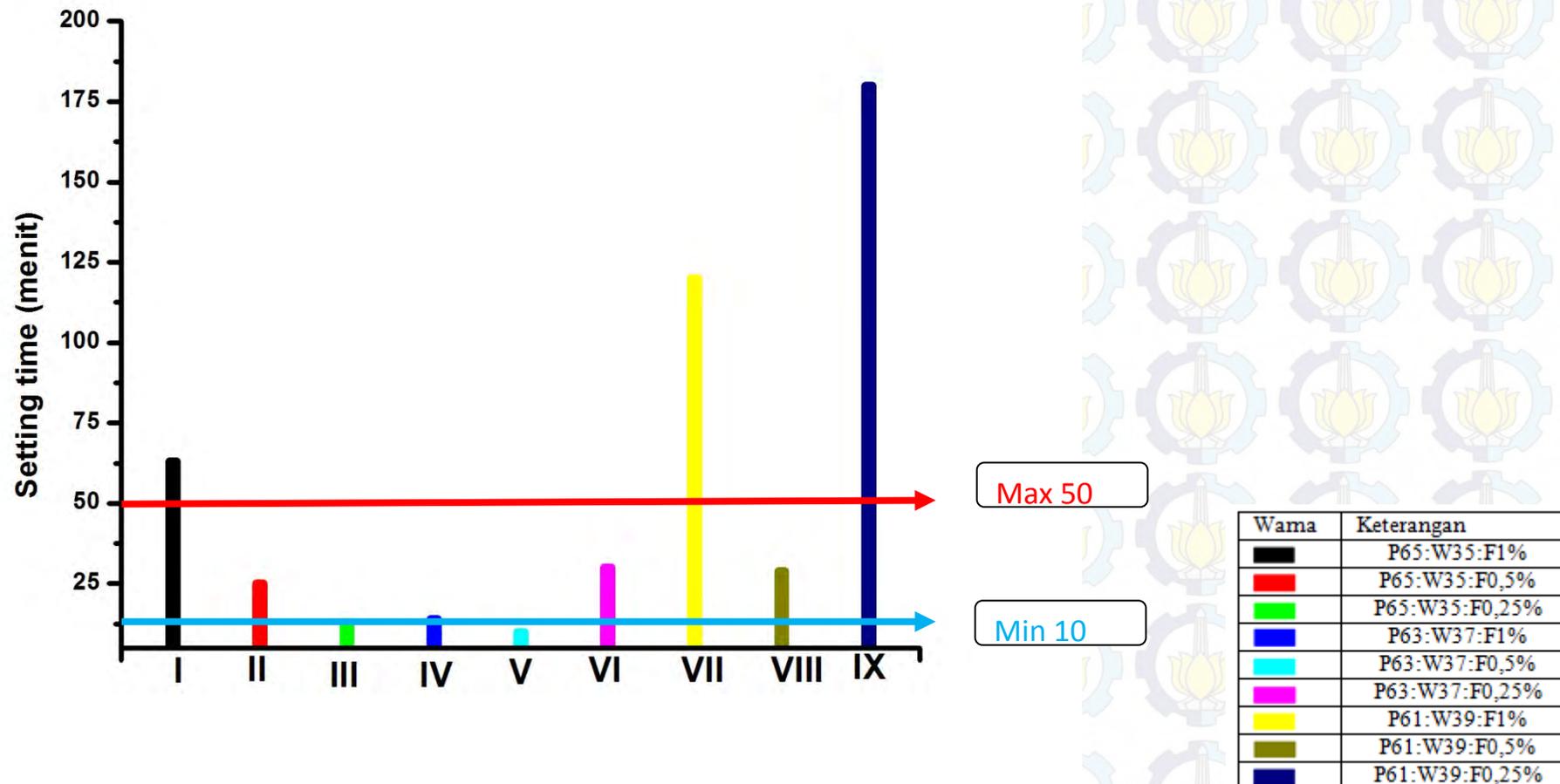


Gambar 2 profil SEM permukaan pada P63:W37 (a)F1% (b)F0,5%
(c)F0,25%

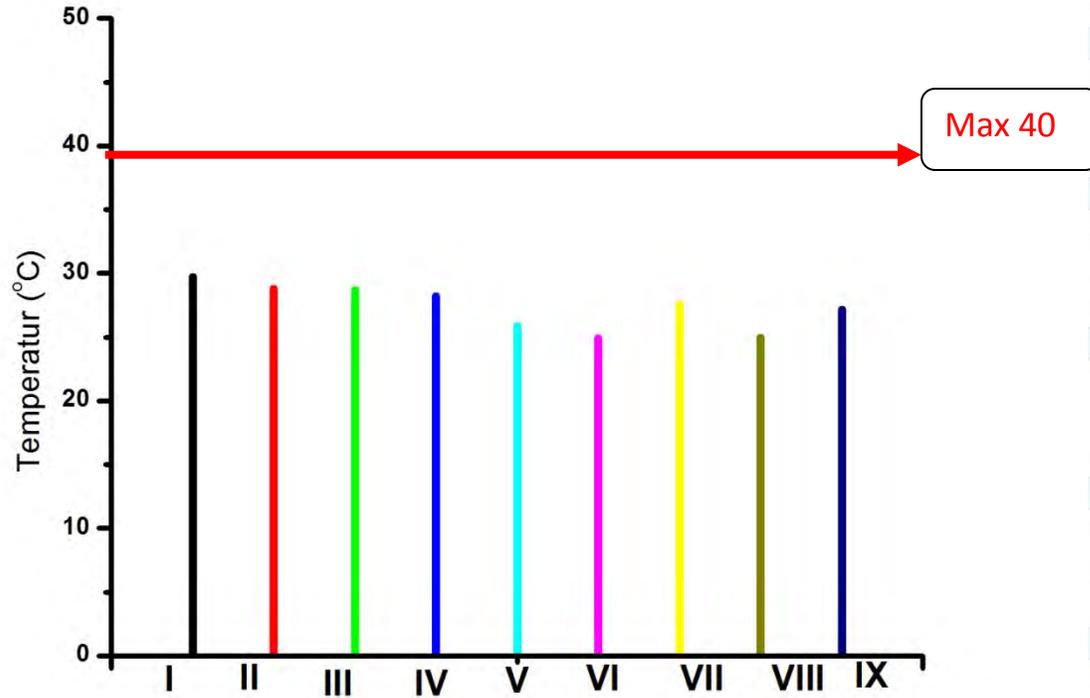


Gambar 3 profil SEM permukaan pada P61:W39 (a)F1% (b)F0,5% (c)F0,25%

Efek rasio serbuk, air, dan serat pada *setting time* gipsum

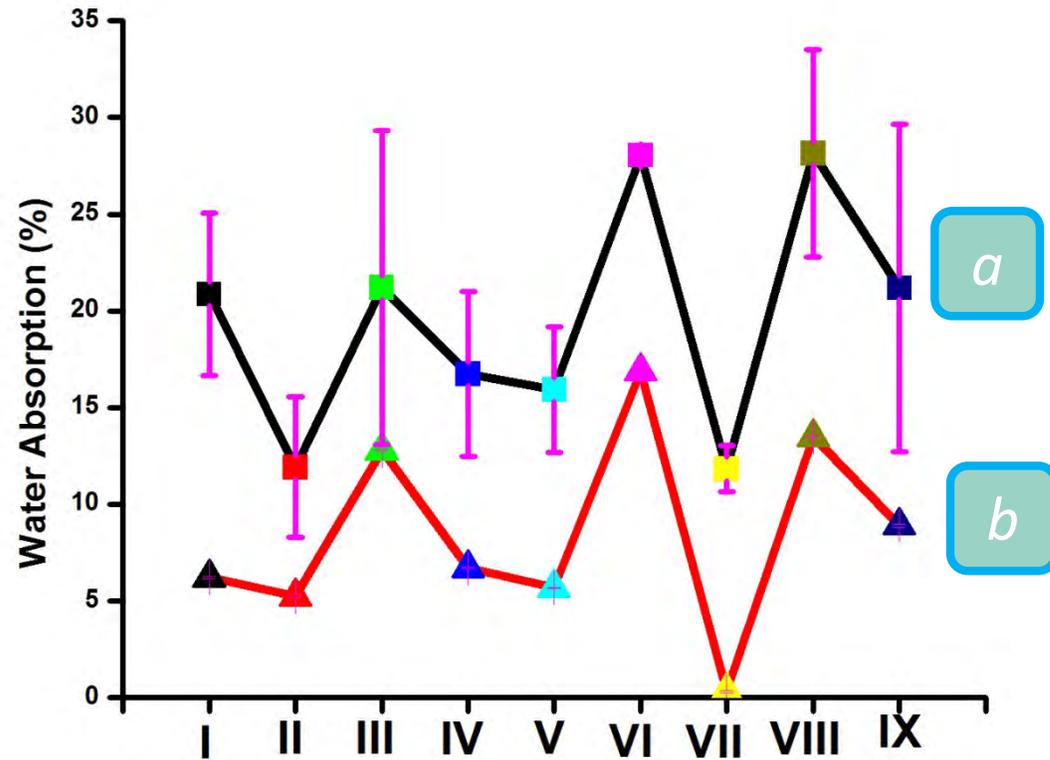


Efek rasio serbuk, air dan serat pada setting temperatur



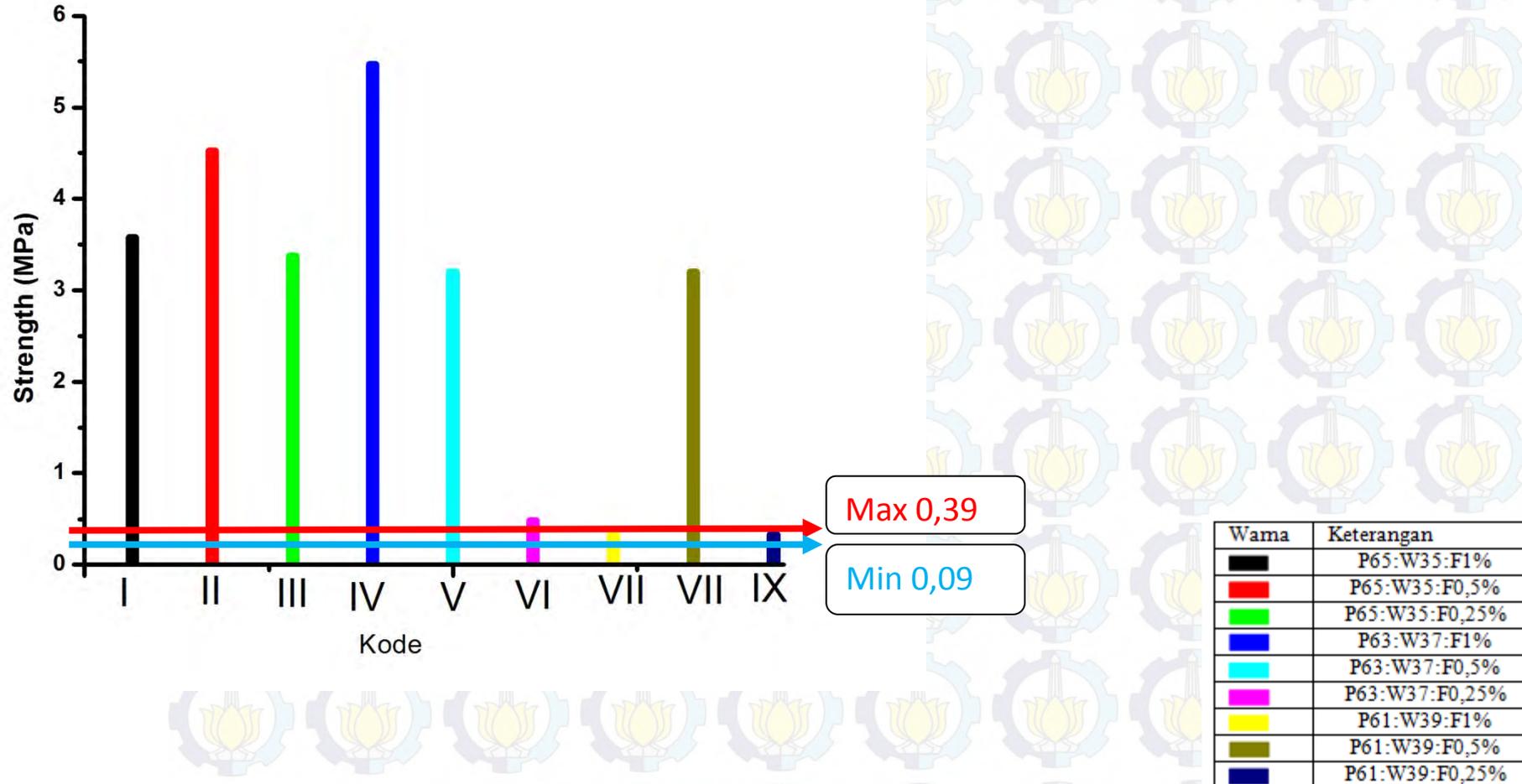
Wama	Keterangan
Black	P65:W35:F1%
Red	P65:W35:F0,5%
Green	P65:W35:F0,25%
Blue	P63:W37:F1%
Cyan	P63:W37:F0,5%
Magenta	P63:W37:F0,25%
Yellow	P61:W39:F1%
Olive	P61:W39:F0,5%
Dark Blue	P61:W39:F0,25%

Efek rasio serbuk, air, dan serat pada water absorption selama (a)2 jam (b)24 jam



Wama	Keterangan
■	P65:W35:F1%
■	P65:W35:F0,5%
■	P65:W35:F0,25%
■	P63:W37:F1%
■	P63:W37:F0,5%
■	P63:W37:F0,25%
■	P61:W39:F1%
■	P61:W39:F0,5%
■	P61:W39:F0,25%

Efek rasio serbuk, air, dan serat pada kuat tekan gipsum



Uji iritasi



KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Rasio serbuk, air serta serat memiliki efek yang signifikan pada kekuatan mekanik dan biologi. Untuk parameter P65:W35 dan P63:W37 penyerapan air terbesar pada F0,25% serta yang terkecil F0,5%. Untuk P61:W39 penyerapan air terbesar pada F0,5% dan terkecil pada F1%. Sedangkan pengaruhnya pada nilai kuat tekan adalah, untuk P65:W35 kuat tekan terbesar F0,5% dan yang terkecil F0,25%. Untuk P63:W37 nilai kuat tekan terbesar pada F1% dan terkecil pada F0,25%. Untuk P62:W39 nilai kuat tekan terbesar pada F0,5% serta F1% dan F0,25% memiliki nilai yang sama.

SEKIAN

Thank you

