

**SIFAT TARIK DAN KETAHANAN BAKAR KOMPOSIT SERBUK
GENTENG SOKKA, *PHENOLIC*, DAN SERAT GELAS**

TESIS

Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Magister

Program Studi Teknik Mesin



Oleh

Vinsentius Bram Armunanto

S951108019

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2015**

commit to user



**SIFAT TARIK DAN KETAHANAN BAKAR KOMPOSIT
SERBUK GENTENG SOKKA, *PHENOLIC*, DAN SERAT GELAS**

TESIS

Oleh

Vinsentius Bram Armunanto

S951108019

Komisi Pembimbing	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing I	Prof. Dr. Kuncoro Diharjo, S.T., M.T. NIP. 197101031997021001		22/1/2014
Pembimbing II	Prof. S. Adi Kristiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. NIP. 196905011995121001	2014

**Telah dinyatakan memenuhi syarat
Pada tanggal 2014**

Ketua Program Studi Teknik Mesin
Program Pascasarjana UNS




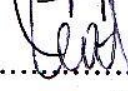


Dr. techn. Suyitno, S.T., M.T.
NIP. 197409022001121002

**SIFAT TARIK DAN KETAHANAN BAKAR KOMPOSIT
SERBUK GENTENG SOKKA, *PHENOLIC*, DAN SERAT GELAS**


TESIS

**Oleh
Vinsentius Bram Armunanto
S951108019**

Tim Penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	Dr. Triyono, S.T., M.T. NIP. 197406251999031002	2014
Sekretaris	Prof. Dra. Neng Sri Suharty, M.Sc., Ph.D. NIP. 194908161981032001	2014
Anggota Penguji	Prof. Dr. Kuncoro Diharjo, S.T., M.T. NIP. 197101031997021001		23/1/.....2014
	Prof. S. Adi Kristiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. NIP. 196905011995121001	2014

**Telah dipertahankan di depan penguji
Dinyatakan telah memenuhi syarat
Pada tanggal 2014**


Dekan Program Pascasarjana UNS
Prof. Dr. Ir. Ahmad Yunus, M.S.
NIP. 196107171986011001


Ketua Program Studi Teknik Mesin
Dr. Techn. Suyitno, S.T., M.T.
NIP. 197409022001121002

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI ISI TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Tesis dengan judul: **“SIFAT TARIK DAN KETAHANAN BAKAR KOMPOSIT SERBUK GENTENG SOKKA, PHENOLIC, DAN SERAT GELAS”** ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiarisme, serta tidak terdapat karya ilmiah yang diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka.
Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, tahun 2010).
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Tesis pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seijin dan menyertakan tim pembimbing sebagai author dan PPs-UNS sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya satu semester (enam bulan sejak pengesahan Tesis) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Tesis ini, maka Prodi Teknik Mesin PPs-UNS berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Prodi Teknik Mesin PPs-UNS. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta, 27 April 2014

Mahasiswa,

Vinsentius Bram Armunanto

S951108019

KATA PENGANTAR

Penulis memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kasih yang telah melimpahkan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “**SIFAT TARIK DAN KETAHANAN BAKAR KOMPOSIT SERBUK GENTENG SOKKA, PHENOLIC, DAN SERAT GELAS.**” Adapun tujuan penulisan Tesis ini adalah untuk memenuhi sebagian persyaratan guna mencapai gelar Magister Teknik di Prodi Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga dalamnya kepada semua pihak yang telah berperan dan berpartisipasi dalam penelitian dan penulisan Tesis ini, khususnya kepada:

1. Allah Yang Maha Kuasa yang telah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya, sehingga Tesis ini bisa terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Kuncoro Diharjo, S.T., M.T. selaku pembimbing I dan Bapak Prof. S. Adi Kristiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing II yang dengan telaten membimbing dan memberikan banyak bantuan, motivasi serta dukungan selama proses penelitian dan penulisan Tesis ini.
3. Bapak Dr. techn. Suyitno, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin dan Bapak Zainal Arifin, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademi yang selalu memberikan arahan dan dorongan dalam proses pembelajaran maupun penulisan Tesis ini.
4. Bapak Dr. Triyono, S.T., M.T. sebagai Ketua Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin UNS dan Bapak Maruto Adi, S.T. sebagai Laboran yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Program Studi Magister Teknik Mesin UNS beserta staf administrasi yang telah membagikan ilmunya dan segala fasilitas penunjang kegiatan belajar mengajar sehingga penulis bisa menyelesaikan pengerjaan Tesis ini.
6. Romo Andreas Soegijoprano, S.J., Romo T. Agus Sriyono S.J., Bapak YV Yudha Samudra, S.T., M.Eng. dan Bapak Hermawan Budi Prasetyo, S.T., MBA. selaku pimpinan Politeknik ATMI Surakarta yang telah memberikan

ijin dan dukungan sehingga penulis bisa menyelesaikan studi, penelitian dan Tesis ini.

7. Bapak dan Ibu yang telah memberikan doa restu dan dukungan dalam bentuk materiil dan moril.
8. Istriku tersayang Natalia Desemiana dan ketiga anakku Stella Monika, Sheila Safira dan Stevio Swissen yang selalu memberikan semangat, dukungan dan waktunya.
9. Seluruh teman angkatan empat tahun 2011 Magister Teknik Mesin UNS, khususnya Yudit, Agus, Bayu, Trisno, Kaleb, Rina, Wahyu, Ridwan, Mustakim, Joko, Sigit dan Fajar.
10. Teman teman di Politeknik ATMI Surakarta, khususnya staf di WAP dan WAD yang telah memberikan dukungan, semangat dan waktunya.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas semua bantuan dan kerjasamanya.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih apabila ada saran dan masukan demi kesempurnaan Tesis ini.

Penulis berharap Tesis ini bisa bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya dan bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 27 April 2014

Penulis

Vinsentius Bram Armunanto, 2014. **Sifat Tarik dan Ketahanan Bakar Komposit Serbuk Genteng Sokka, Phenolic, dan Serat Gelas**, TESIS. Pembimbing I: Prof. Dr. Kuncoro Diharjo, S.T., M.T. Pembimbing II: Prof. S. Adi Kristiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. Program Studi Teknik Mesin, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Abstrak :

Perkembangan material komposit memungkinkan adanya penggabungan beberapa material yang memiliki keunggulan tertentu. Penambahan serat gelas pada komposit dengan bahan penyusun resin *phenolic* LP1QEX dan serbuk genteng sokka dengan ukuran butiran tertentu, akan mengakibatkan perubahan pada kekuatan tarik dan ketahanan bakar komposit tersebut. Penelitian serta pengujian sudah dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan serat gelas pada komposit. Harapannya penambahan serat gelas akan mampu mendukung peningkatan ketahanan tarik dan ketahanan api komposit geomaterial.

Penelitian dilakukan di laboratorium untuk membuat *specimen* yang dibuat dengan metode *hand lay up* dengan prosentase kandungan serbuk genteng sokka dan serat gelas 40%, ukuran butiran serbuk berkisar 74 μm , variasi serat gelas mulai 9 laminat, 11 laminat, 13 laminat, dan 15 laminat. Pengujian XRF (X-ray fluorescene) dilakukan pada serbuk genteng sokka dan pengujian SEM (*scanning electron microscopy*) pada komposit. Pengujian tarik menggunakan ASTM D638 menghasilkan data tegangan tarik dan modulus elastisitas, sedangkan pengujian bakar menggunakan ASTM D635 menghasilkan data *time to ignition (TTI)* dan *burning rate (BR)*.

Berdasarkan hasil uji XRF, serbuk genteng sokka mengandung unsur Al_2O_3 dan SiO_2 dalam prosentase yang cukup besar. Kandungan Al_2O_3 berfungsi untuk meningkatkan ketahanan nyala api, sedang SiO_2 berfungsi meningkatkan sifat mekanis. Komposisi terbaik komposit dengan kandungan partikel 40%, ukuran butiran 74 μm dan 15 *laminat* serat gelas. Komposisi ini memiliki nilai kekuatan tarik 207,51 Mpa dan modulus tarik 3,395 GPa. Ketahanan bakar meningkat seiring dengan penambahan lapisan serat gelas dan kandungan serbuk. Nilai tertinggi *time to ignition* 17,62 detik dan *burning rate* 0,23 mm/detik diperoleh pada prosentase kandungan serat gelas dan serbuk 40%, ukuran butiran <74 μm dan serat gelas 13 *laminat*. Hasil ini memberikan informasi dan manfaat bagi para pembuat/pengguna komposit.

Kata kunci: serbuk genteng sokka, komposit geomaterial, serat gelas, *phenolic*, tegangan tarik, modulus elastisitas, *time to ignition*, *burning rate*.

Vinsentius Bram Armunanto, 2014. **Tensile Properties and Fire Resistance of the Sokka Tile Powder, Phenolic, and Glass Fibres**, Thesis. Principal Advisor: Prof. Dr. Kuncoro Diharjo, S.T., M.T. Co-advisor: Prof. S. Adi Kristiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. The Graduate Program in Mechanical Engineering, Sebelas Maret University, Surakarta.

Abstract

The development of composite materials allows the fusion of several individual materials each with their own strengths. The addition of glass fibres to a composite of phenolic resin LP1QEX and sokka tile powder of a specific grain size will result in changes to the tensile strength and heat resistance of the composite. Research and testing have been conducted to determine the extent that the addition of glass fibres will affect the composite. It is expected that adding glass fibres will increase the tensile and heat resistance of this geomaterial composite.

Laboratory research was conducted to make sample specimen using a *hand lay-up* method. Specimen containing 40% (v/v) soka tile powder, grain size < 74 μm , and glass fibres at variants of 9 laminate, 11 laminate, 13 laminate and 15 laminate. The sokka tile powder was tested using XRF (X-Ray Fluorescence) and SEM (Scanning Electron Microscopy) for composite tested. Testing using ASTM D638 generated data on tensile stress and modulus of elasticity, while combustion testing using ASTM D635 generated data on *Time to Ignition* (TTI) and *Burning Rate* (BR).

Based on the XRF testing, the soka tile powder contains a significant percentage of the elements Al_2O_3 and SiO_2 . The Al_2O_3 serves to increase flame resistance, while the SiO_2 works to increase the mechanical properties. The ideal composition contains 40% (v/v) of sokka tile powder, grain size < 74 μm and 15 laminate glass fibres. This composition has a tensile strength of 207,5 MPa and a tensile modulus of 3,4 GPa. Increases in heat resistance correspond to the addition of layers of glass fibres and the powder content. The point values of 17,62 seconds for time to ignition and 0,23 mm/sec for burning rate, composite obtained a percentage of 40% (v/v) soka tile powder, grain size < 74 μm and 13 laminate glass fiber. These results provide information and benefit to the makers/users of the composite.

Keywords: sokka tile powder, geomaterial composites, glass fibres, phenolic, tensile stress, modulus of elasticity, time to ignition, burning rate.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI ISI TESIS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kajian Teori.....	4
2.1.1 Kajian teori kekuatan tarik.....	7
2.1.2 Kajian teori ketahanan bakar.....	9
2.2 Kerangka Berpikir.....	11
2.3 Hipotesis.....	11
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	12
3.3 Prosedur Pembuatan Spesimen dan Pengujian.....	13
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	17
BAB IV. HASIL DAN ANALISA.....	18
4.1 Perbandingan Kandungan <i>Phenolic</i> , Serat Gelas dan Serbuk Genteng Sokka.....	18

4.2 Hasil Pengujian Tarik dan Pengujian Bakar Komposit *Phenolic*,
Serat Gelas dan Serbuk Genteng Sokka 18

4.2.1 Pengujian tarik dengan orientasi serat gelas 0-90° dan 45-45° 18

4.2.2 Pengujian ketahanan bakar komposit *phenolic*, serat gelas, dan
serbuk genteng sokka 23

4.2.3 Pengujian *density* komposit serat gelas, *phenolic*, dan serbuk
genteng sokka 27

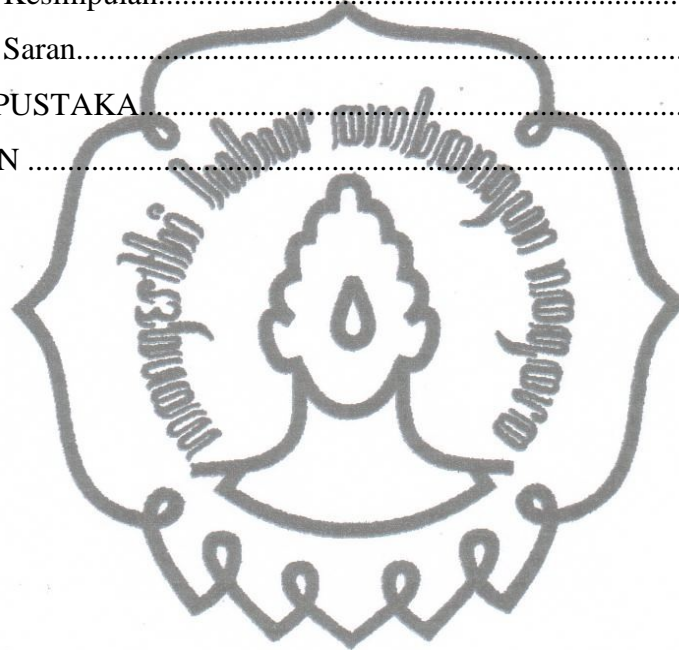
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN 30

5.1 Kesimpulan..... 30

5.2 Saran..... 30

DAFTAR PUSTAKA 31

LAMPIRAN 34



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kandungan unsur utama serbuk genteng Sokka (Tarigan, 2013)	4
Tabel 4.1. Data perbandingan serat gelas, <i>phenolic</i> , dan serbuk genteng sokka	16
Tabel 4.2. Hasil pengujian ketahanan bakar komposit	21
Tabel 4.3. Hasil pengujian <i>density</i> komposit dan <i>density</i> teoritis komposit.....	27



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Hasil SEM serbuk genteng sokka (Tarigan, 2013)	6
Gambar 2.2. Grafik regangan-tegangan (Nash, 1998).....	9
Gambar 2.3. Teori Segitiga Api	10
Gambar 3.1. Sketsa dan ukuran spesimen pengujian tarik	15
Gambar 3.2. Metode uji bakar (ASTM D635)	15
Gambar 3.3. Alat uji bakar (ASTM D635)	16
Gambar 4.1. Kurva pengaruh jumlah laminat serat gelas dengan orientasi sudut 0-90° dan 45-45° terhadap tegangan tarik komposit	19
Gambar 4.2. Mekanisme pembebanan yang diterima komposit	19
Gambar 4.3. Gambar SEM penampang serat gelas patah orientasi 0-90°	20
Gambar 4.4. Gambar SEM penampang serat gelas patah orientasi 45-45°	21
Gambar 4.5. Kurva pengaruh jumlah laminat serat gelas dengan orientasi sudut 0-90° dan 45-45° terhadap modulus tarik komposit	22
Gambar 4.6. Kurva waktu penyalaan komposit dengan variasi jumlah laminat serat gelas dan orientasi serat 0-90° dan 45-45°	24
Gambar 4.7. Kurva kecepatan bakar komposit dengan variasi jumlah laminat serat gelas dan orientasi serat 0-90° dan 45-45°	24
Gambar 4.8. Kurva <i>density</i> komposit serat gelas, phenolic, dan serbuk genteng sokka	28
Gambar 4.9. Struktur makro komposit serat gelas, <i>phenolic</i> , dan serbuk genteng sokka, pandangan atas dan pandangan samping	29

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Pengujian Tarik Komposit Serbuk Genteng Sokka, <i>Phenolic</i> , Serat Gelas dengan Orientasi Sudut Serat Gelas 0°-90°	34
Lampiran 2. Hasil Pengujian Tarik Komposit Serbuk Genteng Sokka, <i>Phenolic</i> , Serat Gelas dengan Orientasi Sudut Serat Gelas 45°-45°	35
Lampiran 3. Hasil Pengujian Bakar Komposit Serbuk Genteng Sokka, <i>Phenolic</i> , Serat Gelas dengan Orientasi Serat Gelas 0°-90°	36
Lampiran 4. Hasil Pengujian Bakar Komposit Serbuk Genteng Sokka, <i>Phenolic</i> , Serat Gelas dengan Orientasi Serat Gelas 45°-45°	37
Lampiran 5. Hasil Pengujian Massa Jenis Komposit Serbuk Genteng Sokka, <i>Phenolic</i> , dan Serat Gelas.....	38
Lampiran 6.1-6.4. Grafik hasil pengujian tarik komposit serat gelas dengan orientasi serat gelas 0-90°	39-42
Lampiran 6.5-6.8. Grafik hasil pengujian tarik komposit serat gelas dengan orientasi serat gelas 45-45°.....	43-46
Lampiran 7. Biodata Penulis	47