



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**KARAKTERISASI SIFAT MEKANIS SINTETIK MATERIAL ELASTOMER
(SI-O-SI) DIELEKTRIKA SEBAGAI BAHAN *MIDSOLE* SEPATU**

TUGAS AKHIR

**MUHAMMAD SAFII
L2E 606 041**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
JUNI 2011**

HALAMAN TUGAS AKHIR

- Diberikan Kepada : Nama : Muhammad Safii
NIM : L2E 606 041
- Dosen Pembimbing : Dr. Ing. Ir. A.P.Bayuseno, MSc
- Jangka Waktu : -
- Judul : **Karakterisasi Sifat Mekanis Sintetik Material Elastomer (SI-O-SI) Dielektrika Sebagai Bahan *Midssole* Sepatu.**
- Isi Tugas : 1. Pengujian tarik, pengujian tekan dan Pengujian massa Jenis.
2. Analisa sifat mekanis dari elastomer melalui pengujian mengenai pengaruh butyl acrylate kedalam *silicone rubber*.

Semarang, Juli 2011

Pembimbing



Dr. Ing. Ir. A.P. Bayuseno, MSc

NIP. 196205201989021001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Muhammad Safii

NIM : L2E 606 041

Tanda Tangan :







Tanggal : Juli 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Muhammad Safii
NIM : L2E 606 041
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Karakterisasi Sifat Mekanis Sintetik Material Elastomer (SI-O-SI) Dielektrika Sebagai Bahan *Midssole* Sepatu.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

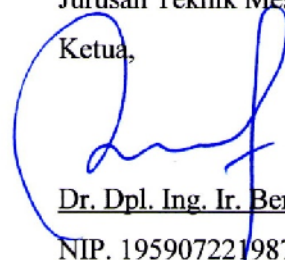
TIM PENGUJI

Pembimbing	: Dr. Ing. Ir. A.P.Bayuseno, MSc	()
Penguji	: Ir. Bambang Yunianto, MSc	()
Penguji	: Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT	()
Penguji	: Dr. Sri Nugroho, ST, MT	()

Semarang, Juli 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Dpl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK

NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai c4itas akademika Un4ersitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Safii
NIM : L2E 606 041
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclus4e Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

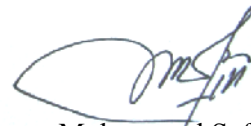
KARAKTERISASI SIFAT MEKANIS SINTETIK MATERIAL ELASTOMER (SI-O-SI) DIELEKTRIKA SEBAGAI BAHAN *MIDSOLE* SEPATU

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Juli 2011

Yang menyatakan



Muhammad Safii
NIM. L2E 606 041

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

*“ Lihat Apa Yang Kamu Butuhkan
Jangan Kau Lihat Apa Yang Kau
Inginkan ”*

“ Bisa o Rumonggo ojo Rumonggo Bisa ”

Persembahan :

Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada :

*Kedua orangtuaku tercinta, Sapuan dan Siti Ngaisah
serta adik-adiku tersayang yang senantiasa memberikan
dorongan dan do'a yang tidak pernah putus.*

ABSTRAK

Dari sekian banyak sumber energi dari tubuh manusia yang dapat dimanfaatkan, energi dari berat tubuהל yang memiliki potensi lebih baik dan itu berada dibagian kaki. Salah satu aplikasinya yaitu sepatu penghasil listrik. Komponen yang paling penting dalam aplikasi ini adalah material yang digunakan untuk *midsole* karena material inilah yang berfungsi mentransformasi *mechanical work* ke energi listrik. Material elastomer yang sering digunakan adalah acrylic elastomer dan *silicone rubber*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dan membandingkan pengaruh *silicon rubber* yang dicampur dengan Butyl acrylate.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian tarik dan pengujian tekan terhadap material *silicon rubber* murni, *silicon rubber* + Butyl acrylate 6 ml dan *silicon rubber* + Butyl acrylate 15 ml. Pada pengujian tarik spesimen uji dikenai gaya tarik tertentu hingga spesimen uji tersebut putus, dan pada pengujian tekan spesimen uji dikenai gaya tekan sebesar 1500N dengan kecepatan penekanan 0,2 mm/menit.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa *silicon rubber* murni, *silicon rubber* + Butyl acrylate 6 ml dan *silicon rubber* + Butyl acrylate 15 ml mempunyai kekuatan tarik sebesar 0,207 MPa, 0,222 MPa, 0,226 Mpa, dengan *elongation* sebesar 744,444%, 759,596 %, 955,586 %. Sedangkan dari hasil pengujian tekan masing-masing spesimen memiliki modulus elastisitas sebesar 0,923 MPa, 0,886 Mpa, 0,864 MPa. Terlihat bahwa dengan penambahan butyl acrylate ke dalam *silicone rubber* membuat kekuatan tarik, *elongation*, dan regangannya semakin meningkat dan juga menurunkan modulus elastisitas.

Kata kunci : Acrylic elastomer, *silicone rubber*, *dielectric elastomer*, butyl acrylate, kekuatan tarik, *elongation*, regangan dan modulus elastisitas.

ABSTRACT

Of the many sources of energy from the human body that can be harnessed, the energy of the current weight that has a better potential and it is at the foot. One of the application is electricity-producing shoe. The most important component in this application is material that used for midsole because this material that functions to transform mechanical work into electrical energy. Elastomer material that used frequently is acrylic elastomer and silicone rubber, because the basic characters needed to be dielektric elastomer that is material which should have a low level of stiffness and has a strain rate and high viscoelastisitas. This test aims to determine the mechanical properties and compare the influence of silicone rubber that is mixed with butyl acrylate.

In this research conducted tensile test and pressure test about the material of pure silicon rubber, silicon rubber + 6 ml Butyl acrylate and silicon rubber + 15 ml Butyl acrylate. In the tensile test specimens, subjects are given particular tensile force, until thi specimens broken and the prssure test specimens is given compressive force of 1500N with emphasis on speed of 0,2 mm/min.

From the test result showed that pure silicon rubber, silicon rubber + 6 ml Butyl acrylate, silicon rubber + 15 ml Butyl acrylate has a tensile strength of 0,207 Mpa, 0,266 Mpa, with elongation of 744,444 %, 759,596 %, 955,586 %. While the result of the compressive test showed that each of specimens has modulus of elasticity of 0,923 Mpa, 0,886 Mpa, 0,864 Mpa. Seen that with addition of Butyl acrylate into silicon rubber make tensile strength, elongation, and strain more increases and also decreases the modulus of elasticity.

Key words: *Acrylic elastomer, silicone rubber, dielectric elastomer, butyl acrylate, tensile strength, elongation, strain, and modulus of elasticity.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Semoga puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang tiada hentinya mencurahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga dengan segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul ” **Karakterisasi Sifat Mekanis Sintetik Material Elastomer (SI-O-SI) Dielektrika Sebagai Bahan *Midsole* Sepatu**” ini. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada panutan kita Rosulullah Muhammad SAW.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Dr. Ing. Ir. A.P.Bayuseno, MSc selaku dosen pembimbing , yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyusun tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua Bapak Sapuan dan Ibu Siti Ngaisah yang tercinta, serta keluarga di rumah yang senantiasa mendo'akan dan menyemangati penulis.
3. Teman seperjuangan Ghazi Asadasia Mahardika dan Hendra kurniawan yang selalu mendukung dan membantu dalam pelaksanaan tugas akhir maupun penyelesaian laporan ini.
4. Bapak Ir. Parang Sabdono, M.Eng selaku Penanggung jawab pengujian dan mas bowo selaku teknisi di Laboratorium Bahan dan konstruksi Teknik Sipil Universitas Diponegoro yang telah membantu dalam proses pengujian.
5. Bapak Margono selaku teknisi Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang telah membantu pembuatan cetakan.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki sehingga tentu saja penyusunan tugas akhir ini jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis untuk masa yang akan datang.

Terakhir, dengan selesainya tugas akhir ini berarti selesai pula masa studi penulis di Teknik Mesin UNDIP. Semoga dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain.

Semarang, Juli 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 ALASAN PEMILIHAN JUDUL	2
1.3 TUJUAN	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	4
1.5 METODE PENELITIAN.....	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1 Sol Sepatu	7
2.2 Polimer.....	9
2.2.1 Jenis-jenis Polimer.....	9
2.2.2 Sifat-sifat Bahan Polimer	10
2.2.3 Proses Pembentukan Polimer (Polimerisasi).....	11

2.2.4 Berat Molekul dan Derajat Polimerisasi	13
2.2.5 Ikatan-ikatan dalam Polimer	14
2.2.6 Struktur Rantai Molekul Polimer	15
2.2.7 Derajat Kekristalan Polimer	16
2.3 Elastomer (Karet)	16
2.4 Elektroaktif Polimer (EAP)	22
2.5 Dielektrik Elastomer	25
2.6 Silicone Rubber	26
2.7 Butyl Acrylate	28
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Diagram Alir Penelitian	30
3.2 Peralatan yang digunakan	32
3.3 Bahan yang digunakan	34
3.4 Pembuatan Spesimen	35
3.4.1 Variasi 1 Spesimen dengan campuran murni	35
3.4.2 Variasi 2 dan 3 Spesimen dengan menggunakan campuran butyl acrylate	36
3.5 Pengujian Spesimen	36
3.5.1 Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>)	37
3.5.2 Pengujian Tekan (<i>Compression Test</i>)	39
3.5.3 Pengujian Massa Jenis (<i>Density</i>)	40
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Analisa Perhitungan Pengujian Tarik	42
4.2 Analisa Perhitungan Pengujian Tekan	46
4.3 Analisa Pengujian Densitas	50

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 KESIMPULAN	52
5.2 SARAN	52
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Otot Alami vs. Dielectric Elastomer	3
Gambar 2.1 Bagian-bagian Sepatu	8
Gambar 2.2 Jenis-jenis Polimer	10
Gambar 2.3 Proses Polimerisasi	12
Gambar 2.4 Proses pembentukan Polyethylene	12
Gambar 2.5 Proses pembentukan Bakelite	13
Gambar 2.6 Ikatan Primer Kovalen di Dalam Molekul Ethylene C ₂ H ₄	14
Gambar 2.7 Hubungan Struktur rantai molekul polimer: a) <i>linier</i> ; b) bercabang; c) <i>crosslinked</i> ; d) tiga dimensi (<i>network</i>)	15
Gambar 2.8 Struktur Rantai Molekul Polyethelene Menunjukkan Daerah Kristalin (hijau) dan Daerah Amorphous (biru)	16
Gambar 2.9 (A) struktur polimer tanpa tekanan, (B) struktur polimer yang sama saat diberi tegangan.	17
Gambar 2.10 Proses pembentukan karet alam	18
Gambar 2.11 Pembentukan Kaitan Silang (<i>Cross Link</i>) dengan Proses Penambahan Sulfur (Vulkanisasi)	18
Gambar 2.12 Deformasi Elastis pada karet	19
Gambar 2.13 Peran kaitan silang didalam deformasi elastis karet	19
Gambar 2.14 Struktur Rantai Molekul Karet di Bawah dan di Atas Temperatur Transisi Gelas	20
Gambar 2.15 Struktur polyvinylidene flouride	23
Gambar 2.16 Electrostrictive Graft Polimer	23
Gambar 2.17 kation dalam komposit polimer-ion logam berorientasi secara acak karena tidak adanya medan listrik. Setelah medan listrik diterapkan, kation berkumpul pada sisi polimer yang kontak dengan anoda menyebabkan polimer membungkuk	25
Gambar 2.18 Mekanisme aktuasi DES	26
Gambar 2.19 Struktur silicone rubber	27
Gambar 2.20 Struktur rantai silicone rubber	28

Gambar 2.21 Reaksi yang terjadi pada butyl acrylate	29
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3.2 Cetakan Uji Tekan	32
Gambar 3.3 Cetakan Uji Tarik	32
Gambar 3. 4 Jarum Suntik.....	32
Gambar 3.5 Gelas Ukur	33
Gambar 3.6 Timbangan Digital	33
Gambar 3.7 HT 9501 A Computer Control Servo Hydraulic UTM.....	34
Gambar 3.8 MA-1000 UTM (<i>Universal Testing Machine</i>)	34
Gambar 3.9 Ukuran spesimen uji Tarik.....	37
Gambar 3.10 Ukuran benda uji Tekan	39
Gambar 4.1 Grafik Tegangan-Regangan Tarik untuk material Komposisi Variasi 1	42
Gambar 4.2 Grafik Tegangan-Regangan Tarik untuk material Komposisi Variasi 2	43
Gambar 4.3 Grafik Tegangan-Regangan Tarik untuk material Komposisi Variasi 3 ...	44
Gambar 4.4 Grafik perbandingan Kekuatan Tarik dari ke 3 Variasi Uji Tarik.....	45
Gambar 4.5 Grafik perbandingan Elongation dari ke 3 Variasi Uji Tarik.....	45
Gambar 4.6 Grafik Tegangan-Regangan Tekan untuk material Komposisi Variasi 1 ...	46
Gambar 4.7 Grafik Tegangan-Regangan Tekan untuk material Komposisi Variasi 2... ..	47
Gambar 4.8 Grafik Tegangan-Regangan Tekan untuk material Komposisi Variasi 3... ..	48
Gambar 4.9 Grafik perbandingan Modulus elastisitas dari ke 3 Variasi Uji Tekan.....	49
Gambar 4.10 Grafik perbandingan Regangan dari ke 3 Variasi Uji Tekan.....	49
Gambar 4.11 Grafik perbandingan Massa Jenis dari ke 3 Variasi	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan otot alami dan teknologi aktuator buatan manusia	2
Tabel 2.1 Standart Mutu Sol Sepatu Secara Umum	8
Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Silikon RTV	28

NUMENKLATUR

Simbol	Definisi	Satuan
σ_s	Tegangan Tarik	(N/mm ² atau MPa)
F	Beban proporsional	(N)
Ao	Luas penampang mula-mula	(mm ²)
ϵ	Perpanjangan Putus	(%)
Lu	Panjang saat putus	(mm)
Lo	Panjang mula – mula	(mm)
TS	Kekuatan Tarik	(N/mm ² atau MPa)
σ	Tegangan	(N/mm ² atau MPa)
e	Regangan	(%)
E	Modulus Elastisitas	(N/mm ² atau MPa)
ρ	Massa jenis	(gr/cm ³)
Wa	Berat spesimen saat kering	(gram)
Wb	Berat gelas ukur + air	(gram)
Ww	Berat gelas ukur +air + spesimen	(gram)