

TUGAS SARJANA

PENINGKATAN SIFAT MEKANIS PADA MATERIAL *MIDSOLE* SEPATU BERBAHAN DASAR KARET SILIKON DENGAN PROSES LAKU PANAS



*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu
(S-1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*

DISUSUN OLEH:

HENDRA KURNIAWAN

L2E 006 053

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

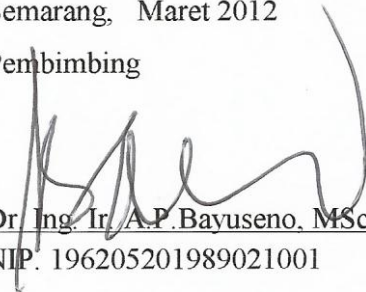
2012

HALAMAN TUGAS AKHIR

- Diberikan Kepada : Nama : Hendra Kurniawan
NIM : L2E 006 053
- Dosen Pembimbing : Dr. Ing. Ir. A.P.Bayuseno, MSc
- Jangka Waktu : -
- Judul : **Peningkatan Sifat Mekanis Pada Material *Midsole* Sepatu Berbahan Dasar Karet Silikon Dengan Proses Laku Panas.**
- Isi Tugas : 1. Pengujian tarik dan pengujian tekan.
2. Menghitung Tegangan Tarik, Tekanan Tarik dan perpanjangan pada uji tarik dan Menghitung Regangan dan modulus elastisitas yang terjadi pada material elastomer dengan pengujian tekan.
3. Menganalisa peningkatan sifat mekanis dari elastomer yang menggunakan perlakuan pemanasan melalui pengujian mengenai pengaruh butyl acrylate kedalam karet silikon.

Semarang, Maret 2012

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 : Hendra Kurniawan

NIM : L2E 006 053

Tanda Tangan



Tanggal

: Maret 2012


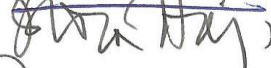
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Hendra Kurniawan
NIM : L2E 006 053
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : **Peningkatan Sifat Mekanis Pada Material *Midsole*
Sepatu Berbahan Dasar Karet Silikon Dengan
Proses Laku Panas.**

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. Dwi Basuki Wibowo, MS
Penguji : Dr. Ing. Ismoyo H, MT
Penguji : Khoiri Rozi, ST, MT

()
()
()
()

Semarang, Maret 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,

()
Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hendra Kurniawan
NIM : L2E 006 053
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

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 :

Peningkatan Sifat Mekanis Pada Material *Midsole* Sepatu Berbahan Dasar Karet Silikon Dengan Proses Laku Panas

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 : Maret 2012

Yang menyatakan


Hendra Kurniawan
NIM. L2E 006 053

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

***“ Jangan Pernah Ragu Untuk
Mencoba Suatu Hal Baru ”***

Persembahan :

Tugas Akhir ini ku persembahkan kepada :

*Kedua orangtuaku tercinta, Djuremi dan Sri Wahyuti
yang senantiasa memberikan dorongan dan do'a yang tidak
pernah putus.*

ABSTRAK

Sol adalah salah satu bagian bawahan sepatu yang merupakan unsur penentu kualitas sepatu. Kualitas sol karet sebagai komponen bawahan sepatu atau alas kaki, sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisisnya, antara lain : tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan, pampatan tetap, bobot jenis, ketahanan retak lentur. Tubuh manusia juga sangatlah fleksibel dalam menghasilkan energi yang dapat diaplikasikan, mulai dari sumber hilangnya panas, hubungan persendian, energi dari berat tubuh, perpindahan vertikal pusat massa, jaringan deformasi elastis, dan alat-alat lainnya. Dari sekian banyak sumber dari tubuh yang dapat dimanfaatkan, energi dari berat tubuhlah yang memiliki potensi lebih baik dan itu berada dibagian bagian bawah yaitu kaki. Salah satu aplikasi 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 yang digunakan masuk dalam grup *electroactive polymer* (EAP). Material elastomer yang sering digunakan adalah acrylic elastomer (VHB series) dan *silicone rubber* (Nusil R31-2186 atau CF19-2186; Dow Corning HS3RTV), karena dasar karakter yang dibutuhkan elastomer untuk menjadi *dielectric elastomer* yaitu material haruslah mempunyai tingkat kekakuan yang rendah dan mempunyai tingkat regangan dan viscoelastisitas yang tinggi. Pada tugas akhir ini pengujian mekanis yang dilakukan adalah uji tarik dan uji tekan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan penambahan butyl acrylate ke dalam *silicone rubber* membuat regangan semakin tinggi.

Kata kunci : *Acrylic elastomer*, karet silikon, *dielectric elastomer*, *butyl acrylate*, regangan.

ABSTRACT

Sol is one of the of the subordinates of shoes that are the determinants of quality shoes. The quality of the rubber soles of shoes or a subordinate component of footwear, which is determined by its physical properties, such as: voltage drop, breaking extension, hardness, pampatan fixed, specific gravity, bending crack resistance. The human body is also very flexible in generating energy that can be applied ranging for sources of heat loss, joint relationships, the energy of the body weight, center of mass vertical displacement, the deformation of elastic tissue, and other tools. Of the many sources of the body that can be hardnessed, the energy of current weight that has a better potential and it is at the bottom of the foot. One application of the electricity-producing shoe. The most important component in the application is used for the midsole material because this material that serves to transform electrical energy into mechanical work. Material used in the group electroactive polymer (EAP). Elastomer material that is often used is acrylic elastomer (HBV series) and silicone rubber (R31-NuSil CF 19-2186 or 2186 ; Dow corning HS3RTV), because the basic character needed to be a dielectric elastomer, material which should have low stiffness and has strain rate and high viscoelasticity. At this report, mechanical testing was performed tensile test and a pressure test. The result obtained showed that the addition of butyl acrylate into the silicone rubber to make the higher strain.

Keywords: Acrylic elastomer, silicone rubber, dielectric elastomers, butyl acrylate, strain.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Semoga puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang tiada hentinya mencurahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga dengan segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul ***"Peningkatan Sifat Mekanis Pada Material Sol Sepatu Berbahan Dasar Karet Silikon Dengan Proses Laku Panas"*** 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. Teman Ghazi Asadasia Mahardika dan Muhammad Safii yang selalu mendukung dan membantu dalam pelaksanaan tugas akhir maupun penyelesaian laporan ini.
3. Bapak Ir. Parang Sabdono, M.Eng selaku Penanggung jawab pengujian dan Sdr. Bowo selaku teknisi di Laboratorium Bahan dan konstruksi Teknik Sipil Universitas Diponegoro yang telah membantu dalam proses pengujian.

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, 9 Maret 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
MOTTO dan PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
NOMENKELATUR	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 LATAR BELAKANG.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Alasan Pemilihan Judul	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.5 Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.6 Sistematika Penulisan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II DASAR TEORI.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Sol Sepatu	Error! Bookmark not defined.
2.2 Polimer	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Jenis-jenis Polimer.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Sifat-sifat Bahan Polimer	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Proses Pembentukan Polimer (Polimerisasi).....	Error! Bookmark not defined.

2.2.4	Berat Molekul dan Derajat Polimerisasi	Error! Bookmark not defined.
2.2.5	Ikatan-ikatan dalam Polimer	Error! Bookmark not defined.
2.2.6	Struktur Rantai Molekul Primer	Error! Bookmark not defined.
2.2.7	Derajat Kekristalan Polimer	Error! Bookmark not defined.
2.3	Elastomer (Karet).....	Error! Bookmark not defined.
2.4	Elektroaktif Polimer (EAP)	Error! Bookmark not defined.
2.5	Dielectric Elastomer	Error! Bookmark not defined.
2.6	Karet Silikon.....	Error! Bookmark not defined.
2.7	Butyl Acrylate.....	Error! Bookmark not defined.
2.8	Vulkanisasi	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN.....		Error! Bookmark not defined.
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Peralatan yang digunakan.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Bahan yang digunakan	Error! Bookmark not defined.
3.4	Pembuatan Spesimen.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.1	Spesimen dengan campuran murni	Error! Bookmark not defined.
3.4.2	Spesimen dengan menggunakan campuran butyl acrylate	Error! Bookmark not defined.
3.5	Pengujian Spesimen	Error! Bookmark not defined.
3.5.1	Pengujian Tarik (Tensile Test)..	Error! Bookmark not defined.
3.5.2	Pengujian Tekan (Compression Test)	Error! Bookmark not defined.
3.5.3	Pengujian Massa Jenis (Density)	Error! Bookmark not defined.
3.5.4	Analisa Regresi	Error! Bookmark not defined.
3.5.4.1	Metode Kuadrat Terkecil Untuk Kurve Linier	Error! Bookmark not defined.
3.5.4.2	Linierisasi Kurve Tidak Linier (Fungsi eksponensial)	Error! Bookmark not defined.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1 Data dan Perhitungan Pengujian.....	51
4.1.1 Data dan Perhitungan Pengujian Tekan.....	51
4.1.2 Data dan Perhitungan Pengujian Tarik	52
4.2 Analisa Perhitungan Pengujian	57
4.2.1 Analisa Perhitungan Pengujian Tekan.....	57
4.2.1.1 Pengaruh Pemanasan Pada Karet Silikon Terhadap Modulus Elastisitas dan Regangan Pada Pengujian Tekan Dari Tiap Variasi Campuran.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Analisa Perhitungan Pengujian Tarik.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2.1 Pengaruh Pemanasan Pada Karet Silikon Terhadap Kekuatan Tarik dan Regangan Pada Pengujian Tarik.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Analisa Pengujian Densitas	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 KESIMPULAN.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 SARAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR PUSTAKA

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	13
Gambar 2.5 Proses pembentukan Bakelite	13
Gambar 2.6 Ikatan Primer Kovalen di Dalam Molekul Ethylene C ₂ H ₄	15
Gambar 2.7 Hubungan Struktur rantai molekul polimer : a) linier; b) bercabang; c) crosslinked; d) tiga dimensi (network)	16
Gambar 2.8 Struktur Rantai Molekul Polyethelene Menunjukkan Daerah Kristalin (hijau) dan Daerah Amorphous (biru)	17
Gambar 2.9 (A) struktur polimer tanpa tekanan, (B) struktur polimer yang sama saat diberi tegangan. Ketika tegangan hilang, ia akan kembali ke konfigurasi A. (Titik-titik merupakan hubungan silang)	18
Gambar 2.10 Proses pembentukan karet alam	19
Gambar 2.11 Pembentukan Kaitan Silang (Cross Link) dengan Proses Penambahan Sulfur (Vulkanisasi)	19
Gambar 2.12 Deformasi Elastis pada karet	20
Gambar 2.13 Peran kaitan silang didalam deformasi elastis karet	20
Gambar 2.14 Struktur Rantai Molekul Karet di Bawah dan di Atas Temperatur Transisi Gelas	21
Gambar 2.15 Struktur polyvinylidene flouride	24
Gambar 2.16 Electrostrictive Graft Polimer	24
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	26
Gambar 2.18 Mekanisme aktuasi DES	27
Gambar 2.19 Struktur karet silikon	28
Gambar 2.20 Struktur rantai karet silikon	28

Gambar 2.21 Perbandingan berbagai macam karet	29
Gambar 2.22 Reaksi yang terjadi pada butyl acrylate	31
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	33
Gambar 3.2 Cetakan Uji Tekan	35
Gambar 3.3 Cetakan Uji Tarik	35
Gambar 3.4 Jarum Suntik	35
Gambar 3.5 Gelas Ukur	36
Gambar 3.6 Timbangan Digital	36
Gambar 3.7 Oven	37
Gambar 3.8 HT 9501 A Computer Control Servo Hydraulic UTM	37
Gambar 3.9 MA-1000 UTM (Universal Testing Machine)	38
Gambar 3.10 Karet Silikon	38
Gambar 3.11 Hardener	39
Gambar 3.12 Butyl Acrylate	39
Gambar 3.13 Spesimen untuk pengujian tarik	41
Gambar 3.14 Spesimen untuk pengujian tekan	41
Gambar 3.15 Ukuran spesimen uji tarik	42
Gambar 3.16 Ukuran spesimen uji tekan	44
Gambar 3.17 Transformasi fungsi logaritma	49
Gambar 3.18 Transformasi fungsi eksponensial	49
Gambar 4.1 Grafik Tegangan - Regangan Uji tekan Variasi 1 Pada Temperatur 70°C	53
Gambar 4.2 Grafik Tegangan - Regangan Uji tekan Variasi 1 Pada Temperatur 90°C	54
Gambar 4.3 Grafik Tegangan - Regangan Uji tekan Variasi 1 Pada Temperatur 110°C	54
Gambar 4.4 Grafik Tegangan – Regangan Uji Tekan Gabungan Variasi 1 Pada Ketiga Suhu.....	55
Gambar 4.5 Grafik Tegangan - Regangan Uji tekan Variasi 2 Pada Temperatur 70°C	56

Gambar 4.6 Grafik Tegangan - Regangan Uji tekan Variasi 2 Pada Temperatur 90°C	56
Gambar 4.7 Grafik Tegangan - Regangan Uji tekan Variasi 2 Pada Temperatur 110°C	57
Gambar 4.8 Grafik Tegangan – Regangan Uji Tekan Gabungan Variasi 2 Pada Ketiga Suhu	58
Gambar 4.9 Grafik Tegangan - Regangan Uji tekan Variasi 3 Pada Temperatur 70°C	58
Gambar 4.10 Grafik Tegangan - Regangan Uji tekan Variasi 3 Pada Temperatur 90°C	59
Gambar 4.11 Grafik Tegangan - Regangan Uji tekan Variasi 3 Pada Temperatur 110°C	60
Gambar 4.12 Grafik Tegangan – Regangan Uji Tekan Gabungan Variasi 3 Pada Ketiga Suhu	60
Gambar 4.13 Grafik Regangan Uji Tekan pada ketiga suhu dan variasi campuran	61
Gambar 4.14 Grafik Modulus Elastisitas Uji Tekan pada ketiga suhu dan variasi campuran	62
Gambar 4.15 Grafik Tegangan - Regangan Uji tarik Variasi 1 Pada Temperatur 70°C	63
Gambar 4.16 Grafik Tegangan - Regangan Uji tarik Variasi 1 Pada Temperatur 90°C	64
Gambar 4.17 Grafik Tegangan - Regangan Uji tarik Variasi 1 Pada Temperatur 110°C	65
Gambar 4.18 Grafik Tegangan – Regangan Uji Tarik Gabungan Variasi 1 Pada ketiga suhu	66
Gambar 4.19 Grafik Tegangan - Regangan Uji tarik Variasi 2 Pada Temperatur 70°C	66
Gambar 4.20 Grafik Tegangan - Regangan Uji tarik Variasi 2 Pada Temperatur 90°C	67

Gambar 4.21 Grafik Tegangan - Regangan Uji tarik Variasi 2 Pada Temperatur 110°C	68
Gambar 4.22 Grafik Tegangan – Regangan Uji Tarik Gabungan Variasi 2 Pada ketiga suhu	69
Gambar 4.23 Grafik Tegangan - Regangan Uji tarik Variasi 3 Pada Temperatur 70°C	69
Gambar 4.24 Grafik Tegangan - Regangan Uji tarik Variasi 3 Pada Temperatur 90°C	70
Gambar 4.25 Grafik Tegangan - Regangan Uji tarik Variasi 3 Pada Temperatur 110°C	71
Gambar 4.26 Grafik Tegangan – Regangan Uji Tarik Gabungan Variasi 3 Pada ketiga suhu	72
Gambar 4.27 Grafik Perpanjangan (<i>elongation</i>) Uji Tarik pada ketiga suhu dan variasi campuran	72
Gambar 4.28 Grafik Kekuatan Tarik Uji Tarik pada ketiga suhu dan variasi campuran	73
Gambar 4.29 Grafik Densitas	74

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.....	29
Tabel 2.3 Sifat mekanis karet silikon.....	30
Tabel 4.1 Data pada pengujian densitas.....	74

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)

