



**ANALISIS HASIL PENGUJIAN KARET PADA MESIN *DMA*  
*ANALYZER* DENGAN METODE *DESIGN OF EXPERIMENT* DI  
LABORATORIUM UJI KARET**

**LAPORAN SKRIPSI**

**GENTA DWI FARHAN**

**41622110028**

**UNIVERSITAS  
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**JAKARTA**

**2024**



**ANALISIS HASIL PENGUJIAN KARET PADA MESIN *DMA*  
*ANALYZER* DENGAN METODE *DESIGN OF EXPERIMENT* DI  
LABORATORIUM UJI KARET**

**LAPORAN SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana**

**UNIVERSITAS  
MERCU BUANA**

**GENTA DWI FARHAN**

**41622110028**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**JAKARTA**

**2024**

## HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Genta Dwi Farhan  
NIM : 41622110028  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Laporan Skripsi : Analisis Hasil Pengujian Karet Pada Mesin *DMA Analyzer* Dengan Metode *Design of Experiment* di Laboratorium Uji Karet

Menyatakan bahwa Laporan Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Laporan Skripsi saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 14 Juni 2024



Genta Dwi Farhan

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Genta Dwi Farhan  
NIM : 41622110028  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Laporan Skripsi : Analisis Hasil Pengujian Karet Pada Mesin *DMA Analyzer* Dengan Metode *Design of Experiment* di Laboratorium Uji Karet

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik / Program Sarjana Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Bonitasari Nurul Alfa, S.T., M.M., M.Sc.  
NIDN : 0309098906  
Ketua Penguji : Dr. Uly Amrina, S.T., M.M.  
NIDN : 0304037906  
Anggota Penguji : Dimas Novrisal, S.T., M.T.  
NIDN : 0422117901



Jakarta, 3 Juli 2024

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)

Ketua Program Studi Teknik Industri



(Dr. Uly Amrina, S.T., M.M.)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini. Penulisan Laporan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Laporan Skripsi. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M. Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik /Direktur Program Sarjana.
3. Ibu Dr. Uly Amrina, S.T., M.M. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri.
4. Ibu Bonitasari Nurul Alfa, S.T., M.M., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Uly Amrina, S.T., M.M. dan Bapak Dimas Novrisal, S.T., M.T selaku Dosen Penguji Skripsi atas koreksi dan arahan serta masukannya.
6. Kedua Orang Tua dan Mayriska Cahyati yang selalu memberikan doa dan dukungan dalam menyusun laporan skripsi.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Laporan Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 28 Juni 2024

Genta Dwi Farhan

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Genta Dwi Farhan  
NIM : 41622110028  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Laporan Skripsi : Analisis Hasil Pengujian Karet Pada Mesin *DMA Analyzer* Dengan Metode *Design of Experiment* di Laboratorium Uji Karet

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Laporan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 14 Juni 2024

Yang menyatakan,



(Genta Dwi Farhan)

## ABSTRAK

Nama : Genta Dwi Farhan  
NIM : 41622110028  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Laporan Skripsi : Analisis Hasil Pengujian Karet Pada Mesin *DMA Analyzer* Dengan Metode *Design of Experiment* di Laboratorium Uji Karet  
Pembimbing : Bonitasari Nurul Alfa ST., MM., M.Sc.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Uji Karet pada perusahaan manufaktur produsen ban menggunakan mesin *Dynamic Mechanical Analyzer (DMA)*. Laboratorium Uji Karet memiliki ruang lingkup berupa pengujian bahan baku, produk setengah jadi, dan produk jadi. *DMA Analyzer* adalah mesin yang mengukur karakteristik material saat terdeformasi di bawah tekanan periodik. Terdapat fenomena variasi hasil pengujian yang melebihi batas koefisien variasi (%CV) yang dapat diterima, yaitu 2,5%. Untuk mengevaluasi hasil pengujian tersebut, dilakukan analisis terkait variabel yang mempengaruhi variasi data serta parameter yang dapat mengoptimalkan hasil pengujian mesin *DMA Analyzer*. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Design of Experiment (DOE)* yang dikombinasikan dengan *Measurement System Analysis (MSA)*. Sampel uji berupa 32 sampel karet matang. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan rancangan DOE dan analisis data statistik menggunakan *software Minitab*. Dari eksperimen yang dilakukan, ditemukan bahwa variabel yang mempengaruhi hasil pengujian adalah: Tebal sampel: 2 mm, Lebar sampel: 6 mm, Suhu ruangan pengujian: 23°C, Kelembapan ruangan pengujian: 50%, dan Gaya kontak pada mesin *DMA Analyzer*: 1 N. MSA dilakukan untuk mengetahui pengaruh *operator* terhadap hasil pengujian mesin *DMA Analyzer*. Hasil menunjukkan nilai *P-Value* pada masing-masing respons lebih besar dari *alpha* 0,05, yang berarti variasi tidak signifikan dipengaruhi oleh *operator*. Kontribusi variasi untuk masing-masing respons lebih banyak dipengaruhi oleh *repeatability* dengan nilai: Respons 1: 74,53%, Respons 2: 77,27%, dan Respons 3: 89,01%.

**Kata Kunci:** Laboratorium, *DMA Analyzer*, *Design of Experiment*, *Measurement System Analysis*

## ***ABSTRACT***

*Name* : Genta Dwi Farhan  
*NIM* : 41622110028  
*Study Program* : Industrial Engineering  
*Title Internship Report* : *Analysis of Rubber Testing Results Using DMA Analyzer with Design of Experiment Method in Rubber Testing Laboratory*  
*Counsellor* : Bonitasari Nurul Alfa ST., MM., M.Sc.

*This research was conducted in the Rubber Test Laboratory at a tire manufacturer manufacturing company using a Dynamic Mechanical Analyzer (DMA) machine. The Rubber Test Laboratory has a scope in the form of testing raw materials, semi-finished products, and finished products. DMA Analyzer is a machine that measures the characteristics of a material as it deforms under periodic pressure. There is a phenomenon of variation in test results that exceeds the acceptable limit of the coefficient of variation (%CV), which is 2.5%. To evaluate the test results, an analysis is carried out related to variables that affect data variations and parameters that can optimize the test results of the DMA Analyzer machine. This research uses a Design of Experiment (DOE) approach combined with Measurement System Analysis (MSA). The test samples were 32 samples of mature rubber. Data collection was carried out based on DOE design and statistical data analysis using Minitab software. From the experiments conducted, it was found that the variables that affect the test results are: Sample thickness: 2 mm, Sample width: 6 mm, Test room temperature: 23°C, Test room humidity: 50%, and Contact force on the DMA Analyzer machine: 1 N. MSA is carried out to determine the influence of the operator on the test results of the DMA Analyzer machine. Results show the P-Value value in each response is greater than alpha 0.05, meaning the variation is not significantly influenced by the operator. The contribution of variation to each response is more influenced by repeatability with values: Response 1: 74.53%, Response 2: 77.27%, and Response 3: 89.01%.*

**Keywords:** *Laboratory, DMA Analyzer, Design of Experiment, Measurement System Analysis*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1. Konsep dan Teori.....	7
2.1.1. Kompon karet .....	7
2.1.2. Prosedur Pembuatan Kompon Karet .....	11
2.1.3. Mesin DMA ( <i>Dynamic Mechanical Analyzer</i> ).....	11
2.1.4. <i>Design of Experiments</i> (DOE).....	14
2.1.5. Analisis Sistem Pengukuran ( <i>Measurement System Analysis</i> ). ..	23
2.1.6. Minitab .....	27
2.1.7. Koefisien Variasi ( <i>Variation Coefficient</i> ) .....	28
2.2. Penelitian Terdahulu.....	29
2.3. Kerangka Pemikiran .....	33

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1. Jenis Penelitian .....	35
3.2. Jenis Data dan Informasi .....	36
3.3. Metode Pengumpulan Data.....	36
3.4. Metode Pengolahan dan Analisis Data .....	37
3.5. Langkah-Langkah Penelitian .....	38
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1. Pengumpulan Data.....	41
4.1.1. Data Sampel.....	41
4.1.2. Data Pengkondisian Sampel.....	42
4.1.3. Data Pengaturan Parameter Mesin <i>DMA Analyzer</i> .....	45
4.2. Pengolahan Data .....	45
4.2.1. Perancangan Desain Eksperimen .....	46
4.2.2. Pengujian Sampel .....	48
4.2.3. Pengulangan Pengujian .....	57
4.3. Hasil .....	61
4.4. Pembahasan .....	63
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>68</b>
5.1. Kesimpulan.....	68
5.2. Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>74</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Suhu dan Kelembapan Standar Laboratorium .....	3
Tabel 2. 1. Istilah-istilah yang dapat dihitung dengan DMA .....	12
Tabel 2. 2. Metode yang berlaku dalam mengevaluasi kemampuan pengukuran.....	26
.....	26
Tabel 2. 3. Penelitian Terdahulu.....	29
Tabel 3. 1. Judgment Criteria .....	39
Tabel 3. 2. Referensi Variabel yang Diamati.....	39
Tabel 4. 1. Data Sampel yang Diamati.....	41
Tabel 4. 2. Dimensi Sampel Standar .....	42
Tabel 4. 3. Pemantauan Kondisi Ruangan Laboratorium .....	43
Tabel 4. 4. Suhu dan Kelembapan yang Diamati .....	45
Tabel 4. 5. Data Pengaturan Parameter Mesin yang Diamati .....	45
Tabel 4. 6. Variabel Eksperimen.....	46
Tabel 4. 7. Model Desain Eksperimen .....	46
Tabel 4. 8. Hasil Pengujian DMA Analyzer.....	48
Tabel 4. 9. Data Respons Eksperimen.....	49
Tabel 4. 10. Anova Respons 1 .....	52
Tabel 4. 11. Anova Respons 2 .....	53
Tabel 4. 12. Anova Respons 3 .....	53
Tabel 4. 13. Parameter Optimal.....	56
Tabel 4. 14. Gage R&R Worksheet .....	57
Tabel 4. 15. Gage R&R (Nested) untuk Respons 1.....	58
Tabel 4. 16. Gage R&R (Nested) untuk Respons 2.....	59
Tabel 4. 17. Gage R&R (Nested) untuk Respons 3.....	59
Tabel 4. 18. Kontribusi Komponen Varian Respons 1 .....	59
Tabel 4. 19. Kontribusi Komponen Varian Respons 2 .....	60
Tabel 4. 20. Kontribusi Komponen Varian Respons 3 .....	60

Tabel 4. 21. Variabel yang Diamati .....	61
Tabel 4. 22. Data Pengujian Sebelum Penelitian .....	62
Tabel 4. 23. Data Pengujian Setelah Penelitian.....	63



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Mesin DMA Analyzer Laboratorium Bahan Uji Karet .....	2
Gambar 1. 2. Perbandingan Hasil Pengujian Mesin DMA Analyzer .....	3
Gambar 2. 1. Gambar Kompon Karet .....	7
Gambar 2. 2. Struktur Carbon Black.....	8
Gambar 2. 3. Antioksidan Karet (TMQ) .....	9
Gambar 2. 4. Aktivator Karet (ZnO).....	9
Gambar 2. 5. Akselerator Karet (TMTD).....	10
Gambar 2. 6. Mesin DMA Analyzer .....	12
Gambar 2. 7. Ilustrasi Pengujian DMA Analyzer .....	13
Gambar 2. 8. Lo dan Lm: Panjang Sampel Tanpa Beban dan Dengan Beban.	13
Gambar 2. 9. Penerapan Regangan Statis dan Dinamis: Regangan Statis = 2% dan Regangan Dinamis = 0,5%.....	14
Gambar 2. 10. Contoh Interaction Plot Bumbu Dengan Makanan .....	20
Gambar 2. 11. Contoh Gambar Pareto Plot.....	21
Gambar 2. 12. Contoh Gambar Normal Probability Plot.....	22
Gambar 2. 13. Normal Plot dari Residual.....	22
Gambar 2. 14. Tampilan Minitab Versi 2019 .....	28
Gambar 2. 15. Kerangka Pemikiran.....	34
Gambar 3. 1. Diagram Aliran Penelitian.....	40
Gambar 4. 1. Pengukuran Dimensi Sampel .....	41
Gambar 4. 2. Data Pemantauan Suhu dan Kelembapan Ruangan Pengujian ..	42
Gambar 4. 3. Setting Parameter Mesin .....	45
Gambar 4. 4. Probability Plot Respons 1 .....	51
Gambar 4. 5. Probability Plot Respons 2 .....	51
Gambar 4. 6. Probability Plot Respons 3 .....	52
Gambar 4. 7. Main Effects Plot Respons 1 .....	54
Gambar 4. 8. Main Effects Plot Respons 2 .....	55
Gambar 4. 9. Main Effects Plot Respons 3 .....	55

Gambar 4. 10. Optimasi Respon .....	56
Gambar 4. 11. Respons by Operator .....	61



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Membuat Model Design Experiment $2^k$ Level Pada Minitab 2019 .....	74
Lampiran 2 Membuat Gage R&R Worksheet Pada Minitab 2019.....	75

