OPTIMASI MULTI FAKTOR PADA MATERIAL KARET SILIKON TERHADAP GESEKAN DAN AUS MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama	**: Muhammad Naufal**
No. Mahasiswa	**: 17525018**
NIRM	**: 2017023583**

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

OPTIMASI MULTI FAKTOR PADA MATERIAL KARET SILIKON TERHADAP GESEKAN DAN AUS MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

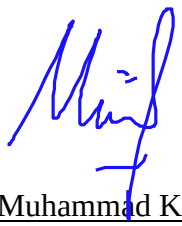
Nama : Muhammad Naufal

No. Mahasiswa : 17525018

NIRM : 2017023583

Yogyakarta, April 2022

Dosen Pembimbing ,



Dr. Muhammad Khafidh S.T., M.T

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

OPTIMASI MULTI FAKTOR PADA MATERIAL KARET SILIKON TERHADAP GESEKAN DAN AUS MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : **Muhammad Naufal**

No. Mahasiswa : **17525018**

NIRM : **2017023583**

Tim Penguji

Dr. Muhammad Khafid, S.T., M.T. _____

Ketua Tanggal :

Muhammad Ridlwan, S.T., M.T. _____

Anggota I Tanggal : 10/05/2022

Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng. _____

Anggota II Tanggal : 10 Mei 2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Risdiyono ST., M.Eng

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang saya tulis adalah berdasarkan hasil kerja saya selama penelitian dan tidak terdapat karya maupun tulisan yang diterbitkan oleh orang lain, kecuali untuk kutipan yang tertulis jelas sumbernya. Apabila di kemudian hari terdapat hal yang melanggar hak kekayaan intelektual, saya siap menerima sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 12 Mei 2022

Penulis

Muhammad Naufal

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil alamiin segala puja dan puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan segala alam, yang Maha Pengasih juga Maha Penyayang Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan rezeki-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Sholawat dan salam juga penulis haturkan kepada baginda besar, Nabi Muhammad SAW, yang telah menyampaikan agama Islam dengan sempurna, sehingga manusia dapat keluar dari zaman *jahiliyah*. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

Kedua orang tua saya yang saya sayangi dan cintai yaitu Bapak Akhmad Mukhtar dan Ibu Lestari yang selama ini selalu memberikan doa yang tulus, dukungan, perhatian serta kasih sayang yang tak terhingga. Mba saya Rizki Khairunnisa, adik saya Qoonita Aisyah Putri yang selalu menjadi penyemangat dalam mengerjakan tugas akhir ini

HALAMAN MOTTO

"Allah akan meninggikan orang-orang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat" (QS Al-Mujadalah : 11)

Mahkota sesorang adalah akalnya, derajat sesorang adalah agamanya, sedangkan kehormatan sesorang adalah budi pekertinya – Umar Bin Khattab RA

Barangsiapa yang memberikan kemudahan bagi orang yang mengalami kesulitan di dunia, maka Allah akan memudahkan urusanya di dunia dan akhirat (HR : Tirmidzi -1853)

KATA PENGANTAR

Assalamua'laikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin, Segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wata'ala* atas berkah dan rahmat yang diberikan-Nya, yang telah memberikan kelancaran dalam pembuatan laporan Tugas Akhir dengan judul "Optimasi Silicon Terhadap Performa Gesekan dan Keausan pada Telapak Kaki Palsu". Sholawat dan salam penulis haturkan kepada junjungan besar kita Nabi Muhamamd SAW sebagai utusan Allah *Subhanahu Wata'ala* untuk memberikan pesan untuk manusia bagi mereka yang mau berpikir. Laporan Tugas Akhir ini disusun dengan maksud tujuan yaitu memenuhi persyaratan dalam mendapatkan gelar sarjana Strata-1 jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Selain itu juga bertujuan sebagai pengaplikasian seluruh ilmu pengetahuan yang didapatkan mahasiswa selama perkuliahan.

Pada proses Tugas Akhir ini tak lepas dari banyaknya kendala yang dihadapi penulis, berkat bantuan dukungan yang tiada henti dari berbagai pihak sehingga semua kendala tersebut dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu saya sebagai penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah *Subhanahu Wata'ala,* yang telah memberikan kekuatan, ketabahan, keteguhan hati, kesehatan, serta kemudahan dalam melaksanakan Tugas Akhir dan dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Serta Baginda Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan contoh sifat-sifat yang mulia sehingga penulis dapat meniru sifat keteguhan hati dalam melaksanakan Tugas Akhir ini.
2. Keluarga besar yang penulis amat sangat mencintainya, terkhusus untuk kedua orang tua, Bapak dan Mama yang selalu mendukung baik moril maupun materil serta yang selalu mendoakan agar diberikan kemudahan.
3. Saudari kandung penulis yaitu Rizki Khairunnisa dan Qoonita Aisyah Putri yang selalu mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Eng. Risdiyono ST., M.Eng. Selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Dr. Muhammad Khafidh S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan banyak bantuan, arahan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah banyak memberikan penulis ilmu pengetahuan yang baik selama perkuliahan.
7. Ibu Novi dan Ibu Indi yang telah banyak membantu penulis melakukan penelitian di Lab BBKKP Yogyakarta.
8. Seluruh teman-teman Teknik Mesin 2017 yang telah memberikan warna pada kehidupan penulis.
9. Seluruh teman-teman yang telah banyak memberi dukungan moril
10. Masrshello yellow sebagai hewan peliharaan yang menemani penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Semoga apa yang telah diberikan kepada penulis mendapat pahala yang berlimpah dari Allah *Subhanahu Wata'ala.* Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini telah diupayakan sebaik-baiknya. Namun, tidak menutup kemungkinan terdapat adanya kekurangan dan belum sempurnanya laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya masukan berupa kritik maupun saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap dengan terselesaikanya laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat terkhusus bagi penulis kedepanya dan umumnya bagi pembaca.

Amiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 13 April 2022

Penulis,

Muhammad Naufal

ABSTRAK

Berdasarkan data yang ada, pada tahun 2012 masyarakat yang mempunyai gangguan dalam berjalan berjumlah 656.000 jiwa, dan pada tahun 2020 masyarakat yang mengalami disabilitas mencapai 22,5 juta jiwa. Berdasarkan data tersebut masih sedikit penelitian tentang alat bantu penyandang disabiliats yang dilakukan.

Terdapat produk alat bantu penyandang disabilitas bagian bawah tubuh seperti telapak kaki palsu, namun untuk mendapatkan produk yang mempunyai kualitas baik memiliki harga yang kurang terjangkau untuk masyarakat penyandang disabilitas dengan ekonomi menengah kebawah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengetahui material terbaik sebuah telapak kaki palsu agar tidak licin saat digunakan oleh penyandang disabilitas pada bagian tubuh bawah yaitu kaki palsu. Untuk meningkatkan kualitas kaki palsu, perlu dilakukan analisis pada bagian telapak kaki palsu tersebut menggunakan variasi komposisi penyusun material telapak kaki palsu, seperti karet silikon, katalis, *talc powder.*

Metode yang digunakan adalah Taguchi model. Metode ini bertujuan untuk mengefisiensi proses penelitian serta dapat menghemat waktu dan biaya penelitian. Untuk mengetahui gesekan dan keausan yang terjadi perlu dilakukan pengujian tribologi menggunakan alat tribometer.

Hasil optimum pengujian tribometer dengan nilai kausan yang kecil yaitu dengan komposisi jenis silikon RTV M4503, bertekstur lingkaran, katalis 4%, dan *talc* 60%, sedangkan hasil pengujian gaya gesek yang mempunyai nilai paling optimum adalah jenis silikon RTV 48, bertekstur halus, katalis 2%, dan talc powder 60%. *Talc coating* dapat mengurangi nilai keausan namun juga dapat mengurangi besar gaya gesek yang terjadi. Penggunaan *talc coating* memiliki nilai tren menurun pada pengujian kuat tarik dan kuat sobek, namun nilai kekerasannya meningkat dibanding dengan penggunaan *talc powder* biasa.

Kata kunci: Telapak Kaki Palsu, Karet Silikon, *Talc Powder*, Taguchi, Gesekan, Keausan, Tribologi, RTV M4503, RTV 48

ABSTRACT

Based on available data, in 2012 people who have walking disorders totaled 656,000 people, and in 2020 people with disabilities reached 22.5 million people. Based on these data, there are still few studies on assistive devices for persons with disabilities.

There are products for assistive devices for people with lower body disabilities such as artificial feet, but to get products that have good quality they have a price that is less affordable for people with disabilities with middle to lower economies.

This study aims to analyze and find out the best material for an artificial foot so that it is not slippery when used by people with disabilities on the lower body, namely the prosthetic leg. To improve the quality of the prosthetic leg, it is necessary to analyze the part of the prosthetic foot using variations in the composition of the prosthetic foot material, such as silicone rubber, catalyst, talc powder.

The method used is the Taguchi model. This method aims to streamline the research process and can save time and research costs. To determine the friction and wear that occurs, it is necessary to do tribological testing using a tribometer.

The optimum result of the tribometer test with a small wear value is the composition of the RTV M4503 silicon type, circular texture, 4% catalyst, and 60% talc, while the friction force test results that have the most optimum value are RTV 48 silicon type, fine textured, catalyst 2 %, and 60% talc powder. Talc coating can reduce the value of wear but also can reduce the amount of friction that occurs. The use of talc coating has a downward trend in the tensile strength and tear strength tests, but the hardness value increases compared to the use of ordinary talc powder.

Keywords: *Prosthetic Foot, Silicone Rubber, Talc Powder, Taguchi, Friction, Wear, Tribology, RTV M4503, RTV 48*

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Pernyataan Keaslian ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iii
Halaman Motto v
Kata Pengantar vi
Abstrak viii
Abstract ix
Daftar Isi x
Daftar Tabel xii
Daftar Gambar xiii
Bab 1 Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Sistematika Penulisan 4
Bab 2 Tinjauan Pustaka 5
2.1 Kajian Pustaka 5
2.2 Dasar Teori 6
2.2.1 Disabilitas 6
2.2.2 Telapak kaki palsu 7
2.2.3 Karet silikon RTV 9
2.2.4 Tribologi 9
2.2.5 Metode Taguchi 12
2.2.6 Talc coating 16
2.2.7 Pengujian 16
Bab 3 Metode Penelitian 18
3.1 Alur Penelitian 18

3.2 Metodologi Penelitian 19
3.3 Objek Penelitian 23
3.4 Alat dan Bahan 23
3.4.1 Alat dan bahan spesimen tribometer 23
3.4.2 Alat dan bahan pembuatan *talc coating* 26
3.5 Proses Pembuatan Spesimen Tribometer 29
3.6 Proses Pembuatan *Talc Coating* 32
3.7 Pengujian 34
3.7.1 Pengujian tribologi 34
3.7.2 Pengujian tarik 37
3.7.3 Pengujian kuat sobek 38
3.7.4 Pengujian kekerasan 39
Bab 4 Hasil dan Pembahasan 40
4.1 Hasil Pengujian Sifat Tribologi 40
4.1.1 Keramik halus 40
4.1.2 Keramik kasar 44
4.1.3 Nilai kontribusi faktor 49
4.2 Hasil Penelitian *Talc Coating* 50
4.2.1 Pengujian tribometer dengan *talc coating* 50
4.3 Pengujian Sifat Mekanik 54
Bab 5 Penutup 59
5.1 Kesimpulan 59
5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya 59
Daftar Pustaka 61

DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Tabel *orthogonal array* untuk faktor dan level yang berbeda 13
Tabel 3- 1 Geometri tekstur pada penelitian ini (dalam satuan milimeter) 20
Tabel 3- 2 Jumlah parameter dan level dari peneltian ini 22
Tabel 3- 3 Matriks *orthogonal array* L9 22
Tabel 3- 4 Variabel komposisi percobaan *talc coating* 32
Tabel 3- 5 Variabel komposisi percobaan *talc coating (prehydrolize)* 33
Tabel 3- 6 Hasil uji kekerasan permukaan keramik 37
Tabel 4- 1 Hasil pengujian gaya gesek keramik halus 40
Tabel 4- 2 Hasil pengujian Massa keausan keramik halus 41
Tabel 4- 3 Rata-rata *S/N ratio* gaya gesek keramik halus 41
Tabel 4- 4 Rata-rata *S/N ratio* massa aus keramik halus 42
Tabel 4- 5 Nilai prediksi gaya gesek keramik halus 43
Tabel 4- 6 Nilai prediksi massa aus keramik halus 43
Tabel 4- 7 Hasil pengujian ulang gaya gesek keramik halus 44
Tabel 4- 8 Hasil pengujian ulang massa aus keramik halus 44
Tabel 4- 9 Hasil pengujian gaya gesek keramik kasar 44
Tabel 4- 10 Hasil pengujian Massa keausan keramik kasar 45
Tabel 4- 11 Rata-rata *S/N ratio* gaya gesek keramik kasar 46
Tabel 4- 12 Rata-rata *S/N ratio* massa aus keramik kasar 46
Tabel 4- 13 Nilai prediksi gaya gesek keramik kasar 48
Tabel 4- 14 Nilai prediksi massa aus keramik kasar 48
Tabel 4- 15 Pengujian ulang gaya gesek keramik kasar 48
Tabel 4- 16 Pengujian ulang massa aus keramik kasar 48
Tabel 4- 17 Kontribusi nilai pengujian gaya gesek keramik halus 49
Tabel 4- 18 Kontribusi nilai pengujian massa aus keramik halus 49
Tabel 4- 19 Kontribusi nilai pengujian gaya gesek keramik kasar 49
Tabel 4- 20 Kontribusi nilai pengujian massa aus keramik kasar 49
Tabel 4- 21 Hasil variasi komposisi dari *talc coating* 50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Telapak kaki palsu Jerman 8
Gambar 2- 2 Telapak kaki palsu Tiongkok 8
Gambar 2- 3 Telapak kaki Palsu lokal Indonesia 9
Gambar 2- 5 Proses perpindahan dari logam secara adhesi 11
Gambar 2- 6 Proses *cutting* 11
Gambar 2- 7 Perpindahan karena proses *galling* 12
Gambar 2- 8 Proses Pengujian Tarik 17
Gambar 2- 9 Pengujian kekerasan 17
Gambar 3- 1 Alur penelitian 19
Gambar 3- 2 Spesimen uji tribometer 23
Gambar 3- 3 Vakum udara 24
Gambar 3- 4 Karet silikon RTV 24
Gambar 3- 5 *Talc powder* 24
Gambar 3- 6 Katalis 25
Gambar 3- 7 Timbangan digital 25
Gambar 3- 8 Suntikan 26
Gambar 3- 9 Gelas plastik dan sumpit 26
Gambar 3- 10 *Talc powder* biasa 26
Gambar 3- 11 Ethanol 27
Gambar 3- 12 TESPT silane 27
Gambar 3- 13 Oven 28
Gambar 3- 14 *Mixer* 28
Gambar 3- 15 Gelas ukur 28
Gambar 3- 16 Desain cetakan spesimen 29
Gambar 3- 17 Cetakan spesimen dari *3d print* resin 29
Gambar 3- 18 Timbangan digital untuk menimbang tiap bahan material 30
Gambar 3- 19 Proses pengadukan karet silikon dan *talc powder* 30
Gambar 3- 20 Proses penuangan katalis 31
Gambar 3- 21 Proses penuangan adonan kedalam cetakan 31
Gambar 3- 22 Spesimen uji tribometer 32

Gambar 3- 23 Proses *floating test*.....34
Gambar 3- 24 Alat pengujian *pin on disc*.....35
Gambar 3- 25 Skema dari konfigurasi *pin on disc*.....35
Gambar 3- 26 Spesimen uji tribologi (*pin)*.....36
Gambar 3- 27 Keramik kasar dan halus (*disc*).....36
Gambar 3- 29 Bagian telapak kaki yang menerima gaya tarik.....38
Gambar 3- 30 Proses pengujian kuat tarik.....38
Gambar 4- 1 Grafik *S/N ratio larger better* gaya gesek keramik halus.....42
Gambar 4- 2 Grafik *S/N ratio smaller better* massa aus keramik halus.....43
Gambar 4- 3 Grafik *S/N ratio larger better* gaya gesek keramik kasar.....47
Gambar 4- 4 Grafik *S/N ratio smaller better* massa aus keramik kasar.....47
Gambar 4- 5 Grafik perbandingan massa aus keramik halus.....51
Gambar 4- 6 Grafik perbandingan massa aus keramik kasar.....52
Gambar 4- 7 Grafik perbandingan gaya gesek keramik halus.....52
Gambar 4- 8 Grafik perbandingan gaya gesek keramik kasar.....53
Gambar 4- 9 Grafik hasil uji tarik.....55
Gambar 4- 10 Grafik hasil uji perpanjangan putus.....56
Gambar 4- 11 Grafik hasil uji kuat sobek.....56
Gambar 4- 12 Grafik uji kekerasan.....57

Daftar Notasi

S/N	= Signal to noise
ISO	= International Organization for Standardization
RTV	= Room Temperature Vulcanizing
N	= Newton
Rpm	= Revolution per minute
C	= Celcius
Popt	= Rata-rata jumlah keseluruhan faktor dibagi rata-rata *S/N ratio*

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai jumlah penduduk yang besar. Dari data Dukcapil pada bulan Juni 2021 penduduk Indonesia sebanyak 272.229.372 jiwa, dengan jumlah penduduk pria sebanyak 137.521.557 jiwa dan wanita sebanyak 134.707.815 jiwa. Dari jumlah tersebut terdapat 22,5 juta penyandang disabilitas atau sekitar lima persen menurut data berjaan 2020 dari Biro Pusat Statistik (BPS). Menurut UU no. 8 tahun 2016 tentang penyandang disabilitas, disabilitas dibagi menjadi lima kategori, yaitu fisik, intelektual, mental, sensorik, dan ganda [1].

Penyandang disabilitas akan mengalami beberapa permasalahan antara lain dari sisi internal maupun eksternal. Permasalahan internal penyandang disabilitas yaitu gangguan fungsi fisik akibat kelainan atau kerusakan organ mengalami berbagai hambatan dalam menjalani kehidupan, selain itu gangguan pada aktivitas, penyesuaian diri, kepercayaan diri, keterampilan, dan pekerjaan. Permasalahan eksternal yang akan dialami penyandang disabilitas adalah stigma negatif dari masyarakat sekitar, kurangnya upaya pemenuhan hak penyandang disabilitas, masih banyaknya keluarga yang menutupi anggota keluaraga yang mengelami disabilitas [2].

Penyandang disabilitas dibagi menjadi 3 berdasarkan jenisnya yaitu disabilitas fisik, disabilitas mental, dan disabilitas ganda (fisik dan mental). Penyandang disabilitas fisik merupakan disabilitas yang sangat sulit untuk melakukan aktifitas sehari-hari, terlebih lagi penyandang disabilitas pada bagian kaki, hal ini akan menyulitkan mereka untuk bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya. Penyandang disabilitas pada bagian kaki disebabkan oleh beberapa faktor, bisa akibat dari kecelakaan maupun yang telah terlahir tanpa kaki. Disabilitas kaki ada yang mengalami cacat pada bagian lutut dan telapak kaki maupun seluruh kaki tidak lengkap atau putus.

Semakin banyaknya penduduk Indonesia yang mengalami disabilitas fisik pada kaki biasanya menggunakan alat bantu berupa kursi roda maupun tongkat bantu, namun ada pula yang menggunakan kaki palsu. Sehingga kebutuhan kaki palsu di Indonesia terus meningkat. Kaki palsu bisa menjadi satu kesatuan atau ada pula yang terpisah antara telapak kaki dengan bagian bawah lutut. Untuk kaki palsu bagian lutut kebawah banyak produk yang dijual dipasaran namun tidak dengan produk telapak kaki palsu.

Terdapat produk telapak kaki palsu buatan lokal Indonesia namun kualitasnya yang terbilang jauh dari produk impor membuat pengguna telapak kaki palsu belum merasa aman dan nyaman. Disisi lain produk impor telapak kaki palsu mempunyai harga yang sangat mahal dan sangat sulit dijangkau, apalagi dengan rata-rata pengguna telapak kaki palsu merupakan masyarakat dengan kelas ekonomi menegah kebawah. Maka dari hal tersebut, penulis ingin berusaha mendapatkan karakteristik optimum material karet pada telapak kaki palsu dengan menganalisis ilmu tribologi yaitu dengan memperhatikan keausan dan gaya gesek yang terjadi. Analisis tribologi ditambahakan kerena masih kurangnya penelitian telapak kaki palsu dengan pendekatan ilmu tribologi, selain itu penelitian ini juga melakukan pengujian sifat mekanis dari material karet dengan *talc coating* dan material karet dengan *talc powder.*

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan diatas, maka perlu dirumuskan masakah terkait telapak kaki palsu :

1. Bagaimana melakukan optimasi multi faktor material karet pada telapak kaki palsu terhadap gesekan menggunakan metode Taguchi ?
2. Bagaimana melakukan optimasi multi faktor material karet pada telapak kaki palsu terhadap aus menggunakan metode Taguchi ?
3. Bagaimana perbandingan sifat tribologi dan sifat mekanik dari *talc powder coating* dan *talc powder* tanpa *coating* pada material karet ?
4. Bagimana perbandingan sifat tribologi dan sifat mekanis pada produk telapak kaki palsu pasaran dengan material karet silikon hasil optimasi ?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian telapak kaki palsu ini agar mempermudah serta memfokuskan penelitian makan diberi batasan masalah yaitu :

1. Penelitian dilakukan fokus pada pengujian beberapa material yang akan dijadikan telapak kaki palsu, dengan material utama karet silikon
2. Variasi komposisi spesimen pengujian tribometer menggunakan metode Taguchi
3. Tidak membahas parameter *3d print* resin untuk membuat cetakan spesimen pengujian tribometer
4. Pengujian yang dilakukan merupakan pengujian tribologi dengan alat tribometer di Lab Teknik Mesin UII
5. Pengujian sifat mekanis yaitu kuat tarik, kuat sobek, dan kekerasan dilakukan di Balai Besar Kulit Karet, dan Plastik (BBKKP) Yogyakarta

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah yang ada maka tujuan penelitan ini adalah :

1. Melakukan optimasi multi faktor material karet pada telapak kaki palsu terhadap gesekan menggunakan metode Taguchi
2. Melakukan optimasi multi faktor material karet pada telapak kaki palsu terhadap aus menggunakan metode Taguchi
3. Membandingkan sifat tribologi dan sifat mekanik dari *talc powder coating* dan *talc powder* tanpa *coating* pada material karet
4. Membandingkan sifat tribologi dan sifat mekanis pada produk telapak kaki palsu pasaran dengan material karet silikon hasil optimasi

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat peneltian telapak kaki palsu ini adalah dapat memperkenalkan karakteristik dan menjadi bahan kajian pendekatan ilmu Tribologi pada telapak kaki palsu, serta diharapkan akan ada karakteristik yang lebih baik pada penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian telapak kaki palsu ini terdiri dari :

1. BAB I berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan.
2. BAB II berisi tentang kajian pustaka serta dasar teori yang akan digunakan dalam penelitian ini.
3. BAB III berisi tentang metodologi penelitian yang berisikan alur penelitian atau langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini.
4. BAB IV berisi tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan
5. BAB V berisi tentang penutup yang terdiri dari kesimpulan dan saran yang didapat dari penelitian ini.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka pertama yang digunakan sebagai dasar dalam meakukan penelitian ini berjudul "Pembuatan dan Analisis Material Karet Silikon yang Diperkuat dengan *Talc Powder* sebagai Kandidat Material Telapak Kaki Palsu" oleh [3]. Penelitian tersebut meneliti material yang akan digunakan dalam pembuatan telapak kaki palsu dengan menggabungkan material karet silikon RTV dengan *talc powder*. Penelitian tersebut juga melakukan beberapa pengujian antara lain yaitu kuat tarik, perpanjangan putus, kuat sobek, dan kekerasan. Hasil penelitian tersebut adalah komposisi A-80 yaitu RTV 683, katalis 4%, dan *talc* 80% dan komposisi M-100 yaitu RTV M4503, katalis 2%, dan *talc* 100% adalah spesimen yang paling mendekati hasil uji kekerasan produk impor Jerman. Namun disisi lain pada pengujian seperti kuat tarik, perpanjangan putus, dan kuat sobek mengalami tren menurun dari produk yang ada dipasaran.

Kajian pustaka yang kedua adalah peneltian yang berjudul "*Optimum Design of Brake Friction Composites"* oleh [4]. Pada jurnal tersebut meneliti tentang ilmu tribologi pada pengereman menggunakan material komposit, penelitian tersebut menguji sampel komposit yang divariasikan faktor dan level-nya menggunakan metode Taguchi untuk mencari nilai optimum dari *hardness* dan *densitas.* Pengujian ini menggunakan alat *tribometer* yaitu *pin on disc*. Pada penelitian ini didapatkan hasil terbaik variasi faktor pembuatan sampel komposit adalah dengan *pressure* 25.5 MPa, waktu pemanasan 35 menit, dan 10% *plasticizer.*

Kajian pustaka yang ketiga adalah penelitian berjudul *"The Von Mises Stress Distribution on the Surface of UHMWPE with Texture-Shaped Variation in the Presence of Normal Load and Dry Sliding Contact"* oleh [5]. Pada penelitian tersebut meneliti tentang pengaruh tekstur pada UHMWPE untuk mengetahui distribusi *von misses stress* pada kontak permukaan. Terdapat 5 jenis tekstur yang diteliti untuk mendapatkan nilai terbaik yaitu persegi, segitiga, lingkaran, elips, dan

chevron. Pada intinya penelitian ini pengaruh tekstur untuk mengurangi keausan dan meningkatkan kinerja tribologi.

Kajian pustaka yang keempat adalah penelitian berjudul *"Effects of Surface Modification of Talc on Mechanical Properties of Polypropylene/Talc Composites"* oleh [6]. Penelitian tersebut meneliti tentang memodifikasi *talc powder* agar meningkatkan struktur dan *mechanical properties* pada polimer yang akan digabungkan oleh *talc powder*. Proses tersebut dinamakan *talc coating*, yang artinya *talc powder* biasa akan dilapisi bahan kimia yaitu *silane*, terdapat 3 variasi *silane* untuk mendapatkan hasil terbaik, *silane* jenis *amino silane* lebih efektif untuk mempengaruhi hasil dari *impact strength* dari campuran *talc* dengan polimer.

Kajian pustaka yang kelima adalah penelitian berjudul "Rancang Bangun Telapak Kaki Palsu Jenis *Single Ankle Cushion Heel* (SACH)" oleh [7]. Penelitian tersebut berisi tetang rancang bangun kaki palsu yang sebelumnya menguji sifat tribologi dari produk kaki palsu yang ada dipasaran, seperti produk Jerman, produk Tiongkok, dan produk lokal.

2.2 Dasar Teori

Pada sub bab ini membahas tentang teori yang mendasari penelitian dan menjadi landasan dalam melakukan penelitian ini, diantaranya adalah.

2.2.1 Disabilitas

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), difabel adalah suatu kekurangan yang disebabkan oleh kecelakaan atau lainnya yang berakibat kurang sempurnanya atau keterbatasan dirinya secara fisik. Disabilitas sendiri mempunyai arti keterbatasan dalam melakukan fungsi atau aktivitas yang bisa dilakukan oleh orang normal biasa [8]. Terdapat beberapa jenis disabilitas menurut Undang-undang nomer 4 Tahun 1997 rentang penyandang cacat, dan disabilitas, seperti dibawah ini :

1. Cacat fisik : kecacatan yang mengakibatkan gangguan terhadap fungsi tubuh seperti penglihatan (tuna netra), pendengaran(tuna rungu), berjalan atau fungsi tubuh (tuna daksa). Cacat fisik dapat digolongkan

menjadi dua jenis, yang pertama menurut sebab kecacatanya seperti cacat dari lahir, disebabkan oleh penyakit yang diderita, kecelakaan, atau disebabkan oleh perang. Kedua cacat menurut jenisnya seperti amputasi, cacat tulang, cacat pada tubuh *orthopedi.*

2. Cacat mental : kelainan mental maupun tingkah laku yang dialami penderita baik karena bawaan maupun penyakit.
3. Cacat ganda : keadaan sesorang yang menyandang dua sekaligus kecacatan yaitu cacat mental dan cacat fisik.

2.2.2 Telapak kaki palsu

Telapak kaki manusia merupakan bagian tubuh yang berfungsi untuk membantu manusia berjalan. Penyandang disabilitas pada bagian kaki atau lebih tepatnya bagian kaki bawah dapat menggantikan kaki yang asli menggunakan kaki palsu atau *prosthetic foot* untuk membantu pasien tersebut berjalan. Pada *prosthetic foot* terdapat salah satu bagian telapak kaki palsu yang mempunyai peran penting dalam kegunaanya, terdapat beberapa jenis telapak kaki palsu yang ada diseluruh dunia seperti *Single Axis Cushion Heel* (SACH *foot*), *seattle foot,* dan *Jaipur foot*. SACH foot memiliki kemampuan terbaik dibandingkan dua jenis kaki palsu lainnya, dikarenakan sifatnya yang hampir sama dengan kaki normal [9] Selain itu telapak kaki palsu SACH ini memiliki perawatan dan penggunaan yang mudah. Biaya yang relatif leih murah dikarenakan tidak banyaknya bagian pada telapak kaki palsu SACH ini [10].

Terdapat beberapa jenis telapak kaki palsu yang berada dipasaran seperti berikut :

1. Telapak kaki palsu Jerman

   Telapak kaki palsu Jerman ini pertama kali dipasarkan pertama kali di Indonesia pada tahun 2015, produk tersebut bernama *Ottobock. Ottobock* sendiri produk yang menyediakan alat bantu tubuh pada bagian atas maupun bawah. Produk telapak kaki palsu Jerman tersebut dapat dilihat pada Gambar 2-1

Gambar 2- 1 Telapak kaki palsu Jerman

2. Telapak kaki palsu Tiongkok

   Telapak kaki palsu buatan Tiongkok biasa juga disebut dengan SACH *foot (Single Axis Cushion Heel)*, produk ini sama dengan produk dari Jerman dari segi warna dan bentuk, namun yang membedakan dari produk Jerman adalah dari segi ukuran, produk SACH memiliki ukuran lebih kedil dibanding produk Jerman. Produk telapak kaki palsu Tiongkok dapat dilihat pada Gambar 2-2.

Gambar 2- 2 Telapak kaki palsu Tiongkok

3. Telapak kaki palsu lokal Indonesia

Produk telapak kaki palsu lokal buatan Indonesia merupakan produk telapak kaki palsu yang paling banyak diminati oleh penderita disabilitas. Perbedaan mendasar dari produk telapak kaki palsu Indonesia dapat dilihat

secara kasat mata dibandingkan dari kedua produk telapak kaki palsu seperti Jerman dan Tiongkok, perbedaan tersebut mulai dari bentuk, warna dan kekasaran produk. Produk telapak kaki palsu Indonesia biasanya menggunakan material karet mentah yang dibuat dan dicetak secara manual [11], produk tersebut dapat ditujukan pada Gambar 2-3.

Gambar 2- 3 Telapak kaki Palsu lokal Indonesia

2.2.3 Karet silikon RTV

Karet silikon merupakan diferensiasi dari bahan karet dengan jenis polimer sintetik. Karet silikon memiliki banyak kelebihan dibanding dengan karet sintetik maupun karet alam. Karet silikon RTV adalah turunan dari karet silikon yang ada, sedangkan untuk RTV singkatan dari *room temperature vulcanization* atau bisa disebut dengan proses vulkanisasi berdasarkan tempratur ruangan. Silikon RTV terdiri dari beberapa material penyusun, seperti polimer silikon, pengisi, dan katalis. Silikon RTV banyak digunakan untuk beberapa industri maupun alat praga Kesehatan, selain itu terdapat beberapa jenis silikon RTV, diantara lain yaitu RTV 48, RTV 683, RTV M4503, dan masih banyak lainnya [3].

2.2.4 Tribologi

Ilmu tribologi muncul pada tahun 1966, pelopor tersebut adalah menteri pendidikan Inggris yaitu H.P. Jost yang menyampaikan laporan terhadap parlemen tentang pemborosan yang diakibatkan besarnya energi yang terbuang percuma karena pengaruh gesekan. Dari situ muncul lah isitilah tentang ilmu tribologi yang mempelajari gesekan dan bagaimana cara untuk menguranginya [11].

Tribologi sendiri berasal dari kata Yunani, *tribos* yang mempunyai arti menggaruk atau mendorong. Dengan kata lain ilmu tribologi adalah ilmu yang mempelajari tentang interaksi permukaan dalam gerak relatifnya. Tribologi juga bisa disebut dengan pengetahuan tentang pelumasan (*lubrication*), gesekan *(friction*), dan aus *(wear).*

1. Gesekan

   Diawali oleh da Vinci hukum fisika tentang gesekan dikembangkan lagi oleh dua ilmuwan secara terpisah yaitu Amontos (1699) dan Coulomb (1759), dan lebih kenal dengan hukum gesekan Amontos-Coulomb berisi tentang :

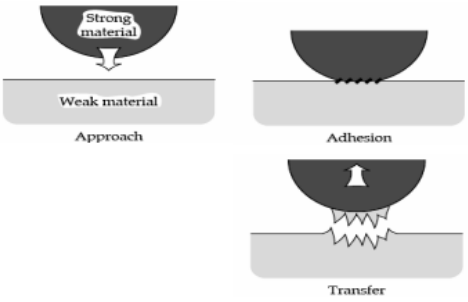
   - Gaya gesek yang terjadi pada permukaan yang bersentuhan berbanding lurus dengan gaya tegak lurus yang terjadi pada permukaan tersebut
   - Gaya gesekan tidak bergantung pada luas pada permukaan yang bersentuhan
   - Gaya gesekan tidak ada hubunganya dengan kecepatan dorong (*sliding*) permukaan
   - Gaya gesek statis lebih besar dibandingkan dengan gaya gesek dinamis

2. Aus

   Berdasarkan KBBI aus memiliki arti susut karena tergosok sehingga dapat disimpulkan bahwa keausan adalah ketika suatu material yang bersentuhan mengalami perubahan permukaan seperti terkikis, berkurangnya massa, dan adanya perubahan sifat material. Pada tribologi, keausan pasti akan terjadi dikarenakan dua permukaan yang saling bergesekan. Aus dibagi menurut jenis jenisnya seperti *adhesive wear, abrassive wear*, dan *tribo chemical wear* [12].

   a) Adhesive wear

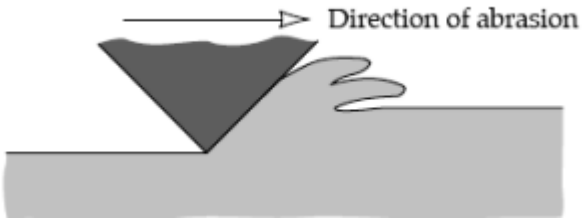
      Keausan jenis ini disebabkan oleh berpindahnya material yang lemah ke material yang memunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi, kemudian partikel yang bergesekan saling mengikat. *Adhesive wear* biasa disebut dengan *galling, scoring, seizing.*



Gambar 2- 4 Proses perpindahan dari logam secara adhesi [11]

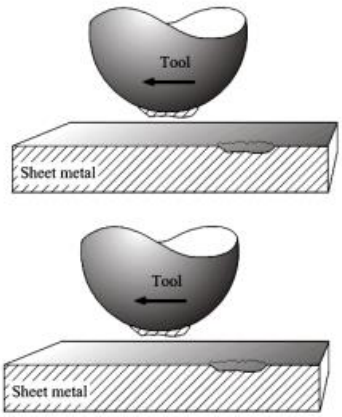
b) Abrasive wear

Keausan ini disebabkan oleh hilangnya material sebuah permukaan karena bersinggungan dengan material yang lebih keras. Terdapat dua jenis keausan ini yaitu *two body abrasion* dan *three body abrasion. Two body abrasion* diakibatkan dari proses *rubbing* atau penggarukan yang dilakukan oleh material yang lebih keras terhadap material yang lebih lunak, contoh keausan ini dapat ditemukan pada proses permesinan *cutting* dan *turning*, yang dapat dilihat pada Gambar 2-6.



Gambar 2- 5 Proses *cutting* [11]

Sedangkan untuk three body abrasion disebabkan oleh proses *galling* sehingga serpihan yang ditimbulkan akubat gesekan (debris) mengeras dan berperan dalam hilangnya material akibat proses gesekan yang terjadi terus menerus. Hal tersebut terlihat pada Gambar 2-7.



Gambar 2- 6 Perpindahan karena proses *galling* [11]

c) *Tribo chemical wear*

Keausan ini disebabkan oleh kondisi kimiawi seperti proses mekanis atau proses termal yang terjadi pada lingkunganya. Contoh proses keausan ini akibat proses oksidasi pada *sliding contact* antar logam. Perubahan suhu dan perubahan sifat mekanik pada asperiti merupakan akibat yang ditimbulkan dari keausan kimiawi.

2.2.5 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan metodologi yang terbilang baru, tujuan dari metode ini adalah teknik untuk meperbaiki kualitas suatu produk dan serta dapat menekan biaya dan waktu penelitian seminimal mungkin. Metode Taguchi banyak digunakan untuk berbagai macam penelitian seperti bidang pertanian, perternakan, tekhnologi, kesehatan, manufaktur dan masih banyak bidang laninnya yang menggunakan metode ini dalam penelitiannya. Metode ini ditemukan oleh ilmuwan jepang bernama Genichi Taguchi yang bertujuan mengukur kualitas berdasarkan dari karakteristik terhadap nilai targetnya [13].

Untuk membuat metode Taguchi ada beberapa Langkah yang harus dilakukan oleh seorang peneliti untuk melakukan penelitian. Berikut Langkah-langkah dalam membuat metode Taguchi menurut jurnal dari [14] :

1. Definisikan proses peneltian yang akan dilakukan, lebih spesifiknya seperti menentukan target yang akan dicapai. Seperti menentukan apakah target proses tersebut maksimal atau minimal, contohnya penelitian tentang pengujian tarik dengan hasil paling maksimal, atau

penelitian tentang kecacatan produk yang harus dikurangi, maka target dari peneltian tersebut adalah hasil dengan minimal kecacatan produk.

2. Tentukan parameter desain yang berpengaruh pada proses, parameter adalah variabel yang berpengaruh dan dapat diatur seperti suhu, kecepatan, tekanan dan lain sebagainya. Selain itu tentukan juga level tiap parameternya seperti untuk parameter suhu akan divariasikan dengan suhu 80 C, 90 C, dan 100 C. Tentukan pula parameter yang tidak dapat diatur atau disebut *noise*, seperti lingkungan, perbedaan tiap spesimen dan lain sebagainya.
3. Membuat *orthogonal array* untuk desain parameter yang mengindikasikan kondisi tiap penelitian. Pemilihan *orthogonal array* didasarkan dengan banyaknya jumlah parameter dan level yang digunakan pada saat melakukan penelitian. *Orthogonal array* merupakan matriks yang dibuat oleh Taguchi untuk memudahkan padaa saat penelitian sehingga dapat menghemat waktu dan biaya penelitian. Contoh *orthogonal array* dapat dilihat pada Tabel 2-1 dibawah ini

Tabel 2- 1 Tabel *orthogonal array* untuk faktor dan level yang berbeda [15]

Orthogonal Arrays (OA)	Number of factors	Levels of factors	Number of experiment for OA	Number of experiment for full factorial design
L4 (2^3)	3	2	4	8
L8 (2^7)	7	2	8	128
L9 (3^4)	4	3	9	81
L12 (2^{11})	11	2	12	2048
L16 (2^{15})	15	2	16	32768
L16 (4^5)	5	4	16	1024
L18 ($2^1 \times 3^7$)	1	2	18	4374
	7	3		

4. Lakukan pengujian dari setelah mendapatkan variasi dan level yang ditentukan sebelumnya. Contoh pada penelitian material komposit, lakukan pengujian Tarik untuk mengetahui besar maksimal pada tiap spesimen.
5. Melengkapi data analisis dari hasil pengujian yang didapatkan untuk mendapat parameter terbaik dari faktor dan level yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian bandingkan juga dengan kondisi lain seperti ekonomi, produk yang telah ada dipasaran, dan kondisi lainnya.

Pada metode Taguchi terdapat beberapa rumus dasar yang digunakan untuk melakukan perhitungan target yang akan dicapai atau biasa disebut dengan *S/N Ratio (Signal to Noise ratio).* Sebelum mencari nilai *S/N Ratio (Signal to Noise ratio)* perlu mencari rumus dasar perhitungan data sampel, berikut rumus yang digunakan dalam penelitian ini :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \qquad (2\text{- }1)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{N} \qquad (2\text{- }2)$$

Dimana :

$\bar{X}$ = Rata-rata

S^2 = Varians

$\sum X$ = Jumlah semua nilai data

n = Banyaknya data

X_i = data ke-i

Terdapat tiga karakteristik *S/N ratio* yaitu *Normal is better*, *larger is better*, dan *smaller is better*. Berikut penjelasan mengenai ketiga karakteristik tersebut :

a) *Normal is better*

Pada S/N ratio ini berkarekteristik nominal yang mendekati nilai target yang terbaik, atau bersifat kontinyu, rumus tersebut dapat dilihat pada (2-3).

$$SN_t = 10 \log \frac{y^2}{s^2} \qquad (2\text{- }3)$$

b) *Larger is better*

S/N ratio ini berkarakteristik yaitu semakin besar hasil maka semakin baik, atau nilai targetnya menjauhi nol, rumus tersebut dapat dilihat pada (2-4).

$$SN_L = -10 \log \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{y_i^2}\right) \qquad (2\text{- }4)$$

Dimana :

SNL = *Signal to noise ratio larger is better*

n = Jumlah total perulangan tiap pengujian

y_i = Hasil Pengujian

c) *Smaller is better*

S/N ratio ini berkarakteristik yaitu nilai target yang ingin dicapai adalah nol atau semakin kecil semakin baik, rumus tersebut dapat dilihat pada (2-5).

$$SN_s = -10 \log \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2\right) \quad (2\text{- }5)$$

Dimana :

SNs = *Signal to noise ratio smaller is better*

n = Jumlah total perulangan tiap pengujian

y_i = Hasil Pengujian

Metode Taguchi juga terdapat analisi yang bertujuan untuk mengetahui nilai kontribusi dari tiap parameter yang diteliti dari hasil pengujian. Analisis tersebut disebut ANOVA (Analisis Varians). Berikut model matematisnya untuk mencari nilai kontribusi tiap faktor (2-6) dan (2-7) :

$$SS = \frac{k}{N\ x\ n}\sum_{t=1}^{k} Tt^2 - \frac{T^2}{N\ x\ n} \quad (2\text{- }6)$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{n} y_{ij}^2 - \frac{T}{N\ x\ n} = SS_A + SS_B + \cdots + SS_H + SS_{error} \quad (2\text{- }7)$$

Dimana :

- SS = *The sum of squres*
- k = *number of level*
- N = *Number of run*
- n = *Number of noise*
- Tt = *The total sum of respons*

2.2.6 Talc coating

Kesesuaian yang rendah pada campuran polimer seperti silikon dan polimer lainya dengan *filler* dapat mempengaruhi tingkat kinerja dari polimer komposit tersebut menjadi rendah. Untuk meningkatkan komponen anatara matriks polimer dan sebuah partikel pengisi perlu dilakukan modifikasi dengan agen kopling. Dalam hal ini partikel pengisi atau biasa disebut *filler* adalah *talc powder*. Modifikasi pada *talc powder* sehingga membuat *talc powder* ter-*coating* oleh *coupling agent* berjenis *TESPT silane* dapat mempengaruhi penampilan dari struktur dan *mechanical properties* seperti kuat Tarik, dan *impact strength* pada campuran polimer dengan *filler*-nya [6].

2.2.7 Pengujian

Pengujian merupakan metode yang dilakukan dalam melakukan penelitian untuk mendapatkan nilai tiap-tiap produk sehingga bisa dibandingkan dengan produk satu dengan produk yang lain, kemudian bisa dilihat mana produk yang mempunyai nilai terbaik. Ada beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahu nilai dari material yang berbaan dasar karet, berikut beberapa pengujian yang dilakukan :

a) Pengujian Tarik

   Pengujian tarik merupakan pengujian tegangan-regangan mekanik yang terjadi pada material. Pada prosesnya bagaimana ketahanan suatu material menerima gaya tarik sampai material tersebut putus. Pada umumnya satuan yang digunakan untuk memuat nilai pengujian tarik adalah Mpa. Berikut merupakan contoh bagaimana proses pengujian Tarik berlangsung dapat dilihat pada Gambar 2-12

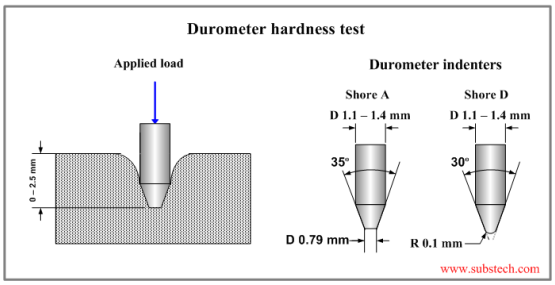
Gambar 2- 7 Proses Pengujian Tarik

b) Pengujian kuat sobek

Kuat sobek merupakan gaya yang diperlukan untuk menyobek suatu material. Peningkatan kekuatan tarik umumnya diikuti oleh penurunan kekuatan sobek [16].

c) Pengujian kekerasan

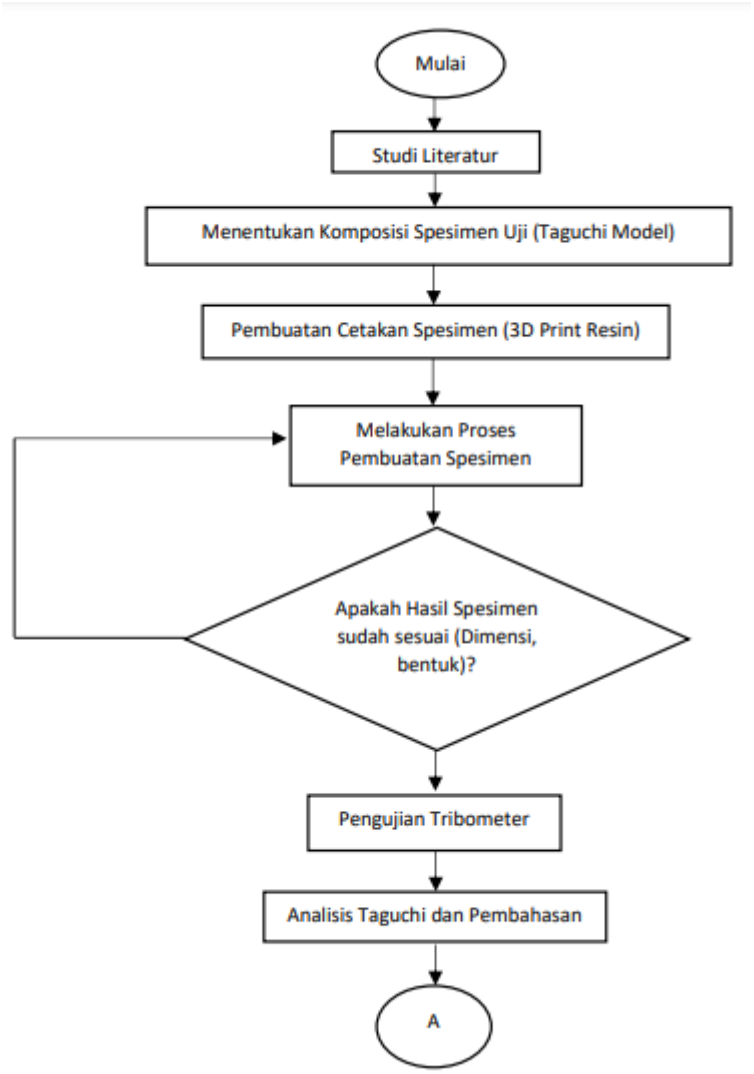
Pengujian kekerasan adalah ketahanan suatu material menerima penetrasi terhadap permukaanya. Hasil dari pengujian ini umumnya menggunakan skala shore, alat uji yang digunakan dalam melakukan pengujian kekerasan adalah durometer. Duromoeter adalah alat yang memiliki indentor yang terhubung oleh dial indikator untuk meilihat hasil dari nilai kekerasan suatu material [17].

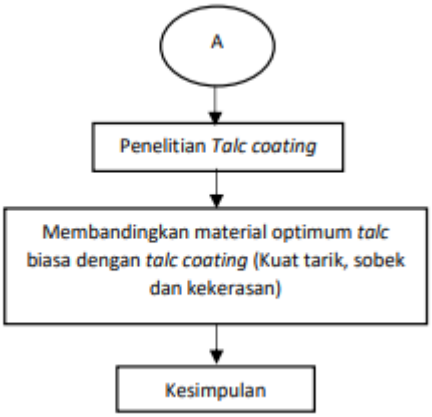


Gambar 2- 8 Pengujian kekerasan [18]

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian





Gambar 3- 1 Alur penelitian

3.2 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini metodelogi yang digunakan sebagai acuan dan digunakan untuk memudahkan proses penelitian adalah metode Taguchi. Metode Taguchi perlu dilakukanya penentuan faktor *noise* dan level faktor, sedangan untuk *S/N Ratio* atau desain toleransi berfungsi untuk menyempitkan toleransi parameter sehingga dapat mengurangi variasi [18] sehingga didapat langkah-langkah yang dilakukan dalam merencanakan penelitian tentang telapak kaki palsu sebagai berikut :

a) Pemilihan kualitas pengujian tribometer yang baik

   Hasil pengujian tribometer pada penelitian ini outputnya akan digunakan pada telapak kaki palsu, sehingga karakteristik yang diinginkan telapak kaki palsu pada pendekatan ilmu tribologi adalah tidak licin sehingga aman pada saat digunakan oleh pasien tersebut. Agar tidak licin unsur yang harus diperhatikan ada dua, yaitu keausan dan gaya gesek yang terjadi, nilai gaya gesek yang diinginkan agar telapak kaki palsu tidak licin adalah semakin besar semakin baik *(larger is better)* sedangkan untuk nilai keausan yang diinginkan adalah semakin kecil semakin baik *(smaller is better)*

b) Identifikasikan faktor – faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengujian untuk karakteristik telapak kaki palsu.

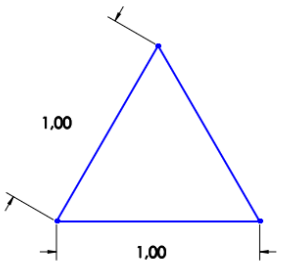
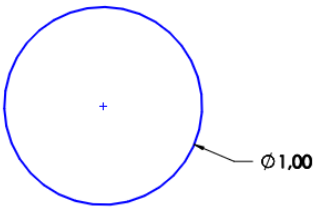
- Jenis Silikon *(silicone rubber)*

  Karet silikon atau *silicone rubber* merupakan bahan karet berjenis polimer sintetik. Karet silikon yang digunakan pada penelitian kali ini berjenis karet silikon RTV *(room temperature vulcanization)* artinya proses vulkanisasi berdasarkan suhu ruangan biasa [3]. Jenis karet silikon yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu RTV 48, RTV M4503, dan RTV 683.

- Tekstur permukaan

  Topografi permukaan salah satu bagian penting dari *surface engineering* untuk meningkatkan performa tribologi [5]. Pada jurnal tersebut meneliti pengaruh berbagai tekstur, sehingga pada penelitian ini ditambahkan faktor yaitu tekstur untuk mengetahui apakah mampu meningkatkan kualitas dari telapak kaki palsu dari segi performa tribologinya. Tekstur yang digunakan pada peneltian kali ini ada tiga level yaitu tekstur halus, segitiga, dan lingkaran.

Tabel 3- 1 Geometri tekstur pada penelitian ini (dalam satuan milimeter)

Tekstur	**Geometri**
Segitiga	
Lingkaran	

- Katalis

  Katalis merupakan suatu zat yang banyak digunakan untuk mempercepat reaksi kimia, namun zat ini tidak ikut bereaksi [19]. Pada penelitian ini kegunaan katalis yaitu untuk mengeraskan campuran dari polimer yaitu berupa karet silikon RTV dengan filler yaitu *talc powder*. Jumlah level katalis pada penelitian ini yaitu 2%, 3%, dan 4%. Nilai tersebut didasarkan pada penelitian sebelumnya yaitu [3] yang mempunya nilai 2% dan 4%, karena pada penelitian ini ingin melihat pengaruh level pada katalis untuk kualitas telapak kaki palsu maka ditambah nilai 3%. Semakin besar nilai katalis makan semakin cepat proses pengerasan campuran polimer.

- *Talc powder*

  Talc powder merupakan bedak magnesium silikat hidro yang terbentuk dari beberapa mineral alam. *Talc* jenis ini banyak digunakan pada produk kosmetik, namun bisa juga sebagai unsur tambahan pada campuran karet silikon. Menurut jurnal [20] *talc powder* berfungsi untuk meningkatkan kekerasan dari karet silikon sehingga dapat menghemat karet silikon serta katalis yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan *talc powder* berjumlah 60%, 80, dan 100%. Jumlah *talc powder* didasari pada penelitian sebelumnya yang dimana hasil terbaik untuk mendapatkan kualitas telapak kaki palsu bernilai 80% dan 100% [3].

c) Menentukan *orthogonal array*

Orthogonal array merupakan matriks dari susunan angka yang mempunyai makna khusus. Dalam menentukan matriks *orthogonal array* perlu memperhatikan jumlah faktor dan level yang digunakan dalam melakukan penelitian. Bentuk umum model matriks *orthogonal array* sebagai berikut :

La (b^c)

Dimana :

L = simbol latin dari matriks

a = Banyaknya jumlah percobaan

b = banyaknya level

c = banyaknya faktor

Tabel 3- 2 Jumlah parameter dan level dari peneltian ini

Faktor kontrol	**Variasi**		
	Level 1	**Level 2**	**Level 3**
Jenis Silikon	RTV 683	M4503	RTV 48
Tekstur	Halus	segitiga	Lingkaran
Katalis	2%	3%	4%
Talk	60%	80%	100%

Pada tabel 3-2 menenjukan *orthogonal array* yang digunakan dalam penelitian ini, dengan jumlah 4 faktor dan 3 level, sehingga menggunakan *orthogonal array* L9 (3^4). Setelah itu masukan tiap – tiap faktor kedalam matriks umum dari *orthogonal array* L9, dapat ditunjukan pada Tabel 3-3

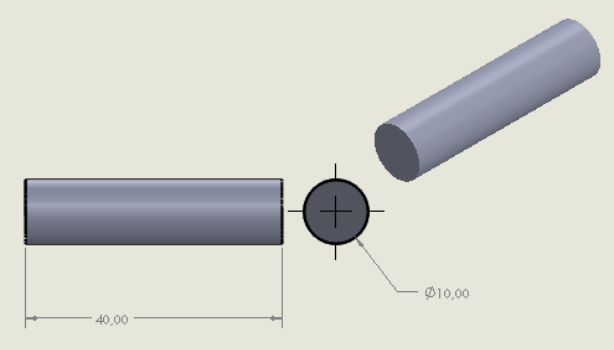
Tabel 3- 3 Matriks *orthogonal array* L9

	Faktor kontrol			
Run Number	**Jenis Silikon**	**Tekstur**	**Katalis**	**Talc**
1	RTV 683	Halus	2%	60%
2	RTV 683	segitiga	3%	80%
3	RTV 683	lingkaran	4%	100%
4	RTV 48	Halus	3%	100%
5	RTV 48	segitiga	4%	60%
6	RTV 48	lingkaran	2%	80%
7	M4503	Halus	4%	80%

8	M4503	segitiga	2%	100%
9	M4503	lingkaran	3%	60%

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah campuran karet silikon dengan material lainnya yang sebelumnya telah ditentukan dengan metode Taguchi, kemudian dibuat spesimen uji untuk mengetahui nilai tribologinya. Berikut bentuk dari spesimen yang akan diuji sifat tribologinya pada Gambar 3-2



Gambar 3- 2 Spesimen uji tribometer

3.4 Alat dan Bahan

Penelitian ini terdapat alat dan bahan yang dilakukan untuk melakukan penelitian, terdapat dua bagian alat dan bahan menurut jenis penelitiannya, pertama pembuatan spesimen triobometer, dan yang kedua pembuatan *talc coating.*

3.4.1 Alat dan bahan spesimen tribometer

1. Vakum udara

   Berfungsi untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap dicampuran karet silikon, vakum udara dapat dilihat pada Gambar 3-3.

Gambar 3- 3 Vakum udara [3]

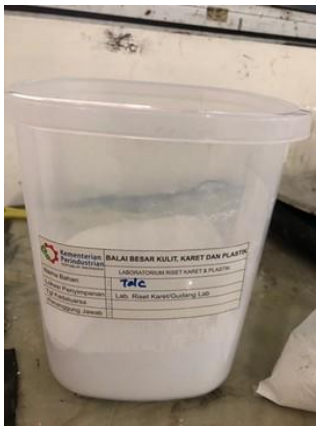
2. Karet silikon

   Sebagai material utama dalam pembuatan spesimen tribometer. Terdapat tiga jenis material karet silikon RTV yaitu 683, M4503, 48 yang ditunjukan pada Gambar 3-4

Gambar 3- 4 Karet silikon RTV

3. *Talc powder*

   Sebagai material tambahan atau pengisi campuran karet silikon yang ditunjukan pada Gambar 3-5.



Gambar 3- 5 *talc powder*

4. Katalis

   Berfungsi sebagai zat untuk mengeraskan campuran karet silikon dan *talc powder* yang ditunjukan pada Gambar 3-6.

Gambar 3- 6 Katalis

5. Timbangan digital

   Berfungsi untuk menimbang setiap material sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan sebelumnya yang ditunjukan pada Gambar 3-7.

Gambar 3- 7 Timbangan digital

6. Suntikan

   Berfungsi untuk menggukur jumlah katalis yang dimasukan kedalam campuran karet silikon dengan *talc powder* yang ditunjukan pada Gambar 3-8.

Gambar 3- 8 suntikan

7. Gelas plastik dan sumpit

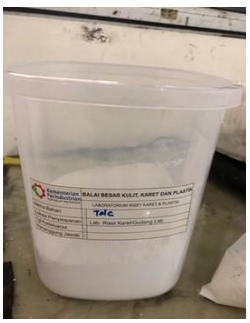
   Gelas plastik berguna sebagai wadah untuk mencampur tiap material, dan sumpit sebagai alat bantu pengaduknya yang ditunjukan pada Gambar 3-9.

Gambar 3- 9 gelas plastik dan sumpit

3.4.2 Alat dan bahan pembuatan *talc coating*

1. *Talc powder*

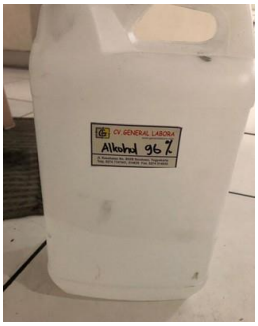
Berfungsi sebgai material utama yang akan dilapisi bahan kimia yang ditunjukan pada Gambar 3-10.



Gambar 3- 10 *talc powder* biasa

2. Ethanol dan air

   Sebagai zat pelarut, untuk melarutkan silane agar menjadi agen sehingga mampu melapisi *talc* yang ditunjukan pada Gambar 3-11.



Gambar 3- 11 Ethanol

3. TESPT (silane)

   Sebagai bahan kimia yang akan melapisi *talc powder* yang ditunjukan pada Gambar 3-12.

Gambar 3- 12 TESPT silane

4. Oven

   Sebagai media untuk mengeringkan campuran *talc powder* dengan bahan lainnya yang ditunjukan pada Gambar 3-13.

Gambar 3- 13 Oven

5. *Mixer*

   Sebagai alat bantu proses pengadukan campuran material yang ditunjukan pada Gambar 3-14.

Gambar 3- 14 *mixer*

6. Gelas ukur

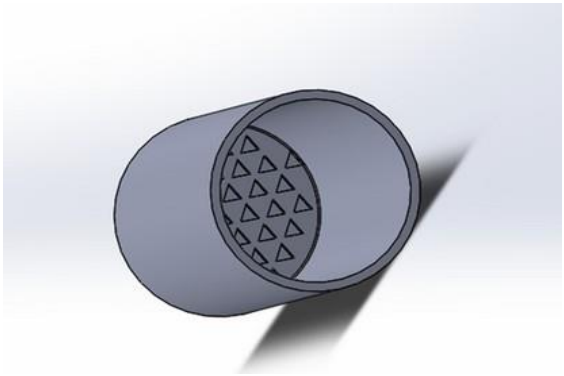
   Sebagai wadah dalam melakukan percobaan *talc coating* yang ditunjukan pada Gambar 3-15.

Gambar 3- 15 Gelas ukur [21]

3.5 Proses Pembuatan Spesimen Tribometer

Proses pembuatan spesimen tribometer bertujuan untuk mengetahui sifat tribologi pada campuran material berbahan dasar karet silikon RTV yang nantinya akan diaplikasikan pada produk telapak kaki palsu. Ada beberapa tahapan untuk pembuatan spesimen tribometer sebagai berikut :

1. Membuat desain cetakan untuk nantinya sebagai wadah spesimen menggunakan *software solidworks 2019* yang ditunjukan pada Gambar 3-16.



Gambar 3- 16 Desain cetakan spesimen

2. Mencetak desain cetakan spesimen dengan mesin *3d print* resin yang ditunjukan pada Gambar 3-17.

Gambar 3- 17 Cetakan spesimen dari *3d print* resin

3. Siapkan semua bahan yang akan dibuat spesimen sesuai dengan komposisi yang sebelumnya telah ditentukan pada Tabel 3-3. Lakukan penimbangan menggunakan timbangan digital yang ditunjukan pada Gambar 3-18 sesuai dengan berat yang telah ditentukan. Untuk jumlah katalis dan *talc*, maksud pembacaannya yaitu persen dari jumlah karet silikon yang digunakan dalam satu campuran. Sebagai contoh untuk katalis 2% dari 50 gram karet

silikon maka katalis yang digunakan yaitu 1 gram, selain itu untuk *talc* 60% dari 50 gram karet silikon maka *talc powder* yang digunakan yaitu 30 gram.

Gambar 3- 18 Timbangan digital untuk menimbang tiap bahan material

4. Campur karet silikon dengan *talc powder* kemudian aduk hingga merata sampai tidak ada gumpalan *talc powder* yang tersisa menggunakan gelas plastic saebagai wadah dan sumpit sebagai pengaduknya yang ditunjukan pada Gambar 3-19.

Gambar 3- 19 Proses pengadukan karet silikon dan *talc powder*

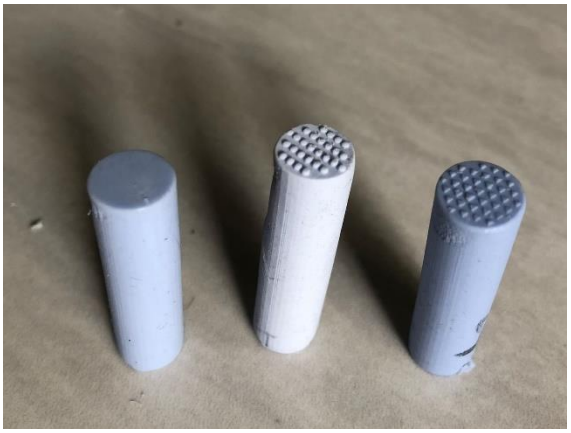
5. Campur katalis kedalam adonan karet silikon dan *talc powder* yang sebelumnya telah diaduk rata. Setelah itu aduk kembali adonan hingga katalis tercampur merata yang ditunjukan pada Gambar 3-20.

Gambar 3- 20 proses penuangan katalis

6. Masukan adonan yang telah tercampur merata kedalam cetakan *3d print* resin yang ditunjukan pada Gambar 3-21.

Gambar 3- 21 Proses penuangan adonan kedalam cetakan

7. Vakum adonan karet silikon agar mengeluarkan gelembung – gelembung udara yang terperangkap didalam cetakan.
8. Diamkan adonan selama kurang lebih sehari, agar adonan tersebut kering merata, lalu keluarkan adonan dari cetakan seperti pada Gambar 3-22.



Gambar 3- 22 Spesimen uji tribometer

3.6 Proses Pembuatan *Talc Coating*

Penelitian ini juga membahas bagaimana cara membuat *talc coating,* yang mana output yang dihasilkan yaitu mengetahui sifat karet silikon dengan *talc coating* apakah dapat mempengaruhi seperti dapat meningkatkan sifat tribologinya atau juga sifat mekaniknya dengan *talc powder* tanpa perlakuan *coating.* Terdapat beberapa variasi komposisi untuk mendapatkan *talc coating* dengan hasil terbaik seperti yang ditunjukan pada Tabel 3-4 dan Tabel 3-5.

Tabel 3- 4 Variabel komposisi percobaan *talc coating*

TESPT (Silane)	**Dispersi 30%**	
	Aqueous (TA1)	**Ethanol (TE1)**
1%	Talc 30 gram TESPT 0,7 gram Water 69,3 gram	Talc 30 gram TESPT 0,7 gram Ethanol 69,3 gram
	Aqueous (TA2)	**Ethanol (TE2)**
2%	Talc 30 gram TESPT 0,7 gram Water 68,6 gram	Talc 30 gram TESPT 1,4 gram Ethanol 68,6 gram

Tabel 3- 5 Variabel komposisi percobaan *talc coating (prehydrolize)*

TESPT (Silane)	**Dispersi 30%**
	Ethanol (TE1.1)
1%	Talc 30 gram TESPT 0,7 gram Ethanol 69,3 gram
	Ethanol (TE2.1)
2%	Talc 30 gram TESPT 1,4 gram Ethanol 68,6 gram

Untuk mendapatkan *talc* yang dimodifikasi perlu dilakukan penelitian untuk mencari variabel komposisi yang paling sesuai agar mendapat talc coating terbaik dapat ditunjukan pada Tabel 3-4 dan Tabel 3-5. Dispersi adalah sistem yang dijaga dari skala 100% total dari keseluruhan campuran, pada penelitian ini dispersi 30% digunakan dari 100 gram campuran, sehingga jumlah *talc powder* yang dipertahankan sebanyak 30 gram. Untuk Tabel 3-5 dilakukan perlakuan *prehydrolize* yang bertujuan untuk mengaktifkan grup pada *silane* dengan cara mendiamkan campuran Ethanol dan TESPT selama 5 menit.

Untuk membuat campuran *talc coating* terbaik perlu beberapa tahapan yag harus dilakukan, berikut tahapan-tahapan yang harus dilakukan :

1. Siapkan alat dan bahan
2. Timbang semua bahan sesuai dengan Tabel 3-4 dan Tabel 3-5
3. Masukan TESPT (*silane)* kedalam fluida yaitu Ethanol maupun air. Untuk Tabel 3-5 diamkan campuran tersebut selama 5 menit untuk tahap *prehydrolize*
4. Masukan campuran *silane* dan fluida kedalam *talc* yang sebelumnya telah ditimbang, lalu aduk selama 45 menit dengan kecepatan 500 Rpm. Untuk campuran dengan fluida air berikan perlakuan suhu sebesar 100 C pada saat pengadukan, sedangkan untuk fluida ethanol menggunakan suhu ruangan

5. Saring menggunakan kertas flter untuk campuran yang menggunakan fluida ethanol, untuk mengurangi kadar ethanol
6. Masukan campuran kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 80 C, hal ini bertujuan untuk menghilangkan kadar fluida
7. Keluarkan dari oven dan lakukan *floating test* seperti pada Gambar 3-23 untuk melihat apakah *talc* tersebut telah ter-*coating* apa belum dengan memasukan kewadah berisi air dan melihat apakah *talc* tersebut tercampur dengan air atau tidak. *Talc* yang baik adalah *talc* yang tidak tercampur dengan air dan akan mengapung diatas permukaan wadah.

Gambar 3- 23 Proses *floating test*

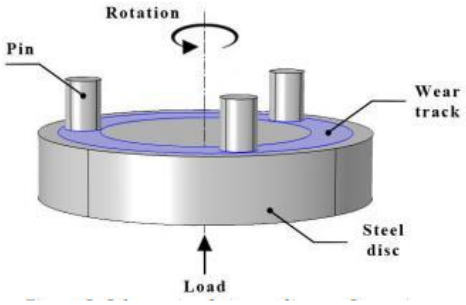
3.7 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai tiap-tiap spesimen dari masing-masing variabel komposisi. Setiap pengujian mempunyai parameter masing-masing sesuai dengan pengujiannya.

3.7.1 Pengujian tribologi

Pengujian tribologi pada penelitian ini menggunakan alat tribometer yaitu *pin on disc. Pin on disc* merupakan alat dari tribotester yang ditunjukan pada Gambar 3-24 yang digunakan untuk mengetahui gesekan dan keausan suatu bahan material yang saling bersentuhan, sistem atau skema alat ini adalah *disc* berupa piringan akan diputar oleh motor servo kemudian diletakan *pin* diatas *disc* dengan beban yang telah ditentukan seperti yang ditunjukan pada Gambar 3-25.

Gambar 3- 24 Alat pengujian *pin on disc*



Gambar 3- 25 Skema dari konfigurasi *pin on disc* [4]

Penilitan ini yang menjadi bagian *pin* yang ditunukan pada Gambar 3-26 adalah spesimen yang telah dibuat menggunakan material berbahan dasar karet silikon, dan yang menjadi *disc* adalah keramik kasar dan keramik halus yang ditunjukan pada Gambar 3-27. Ukuran spesimen disamakan dengan ukuran *pin* yang ada dengan diameter 10 mm dan tinggi 40 mm, sedangkan untuk ukuran *disc* berbentuk lingkaran dengan diameter 60 mm.

Gambar 3- 26 Spesimen uji tribologi (*pin)*

Gambar 3- 27 Keramik kasar dan halus (*disc*)

Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam melakukan pengujian *pin on disc*, seperti beban, kecepatan, *disc* untuk berputar, dan lama pengujian tersebut berlangsung. Untuk parameter tersebut didapatkan asumsi-asumsi yang akan digunakan sebagai landasan dalam melakukan penelitian. Berikut beberapa asumsi yang digunakan dalam melakukan pengujian :

1. Berat pengguna telapak kaki palsu adalah 100 kg
2. Beban yang digunakan Ketika kondisi *midfoot loading*
3. Kecepatan putar 200 Rpm
4. Lama pengujian 8 menit

Untuk asumsi perhitungan berat didapatkan bahwa pada kondisi *midfoot loading* berat yang diterima tiap kakinya adalah setengah dari berat tubuh [21]. Kemudian untuk luas telapak kaki kondisi *midfoot loading* adalah 54 $cm2$ [22].

$$P = \frac{F}{A} \qquad (3\text{- }1)$$

Berdasarkan rumus (3-1) yaitu rumus tekanan, dapat mencari tekanan yang terjadi dari gaya yang sudah tentukan sebelumnya yaitu setengah dari berat pengguna yaitu 50 kg atau 500 N, sedangkan untuk luas permukaan didapat dari asumsi *midfoot loading* yaitu 54 $cm2$.

$$P = \frac{500\ N}{54\ x\ 10^{-4} m^2}$$

$$P = 92592.59259\ N/m^2$$

$$F = P.A \qquad (3\text{- }2)$$

Setelah didapatkan nilai tekanan, dilanjutkan dengan menggunakan rumus gaya (3-2), hal tersebut digunakan untuk mengetahui beban yang diterima tiap spesimen dengan asumsi luas permukaan spesimen berbentuk lingkaran dengan diameter 10 mm atau 0.005 m.

$$F = 92592.59259 \frac{N}{m^2}\ x\ 3.14\ x\ 0.005^2\ m$$

$$F = 7.3\ N \sim 7N$$

Penelitian ini hanya menguji spesimen pada kondisi kering, tidak ada pengujian kondisi basah. Selain itu nilai kekasaran keramik halus dan kasar didapatkan dari penelitian [7] yang ditunjukan pada Tabel 3-6.

Tabel 3- 6 Hasil uji kekerasan permukaan keramik

Sampel	**Nilai kekasaran (Ra)**
Keramik Halus	0.045
Keramik Kasar	6.547

3.7.2 Pengujian tarik

Pengujian tarik yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan standar SNI ISO 37:2015 (*dumb-bell),* mesin yang digunakan pada pengujian ini adalah *zwick/roell Tensile testing machine,* mesin ini mampu melakukan pengujian kuat tarik dan perpanjangan putus. Pengujian tarik dilakukan untuk membandingkan

kekuatan tarik dari material terbaik berbahan *talc powder* biasa dari pengujian tribometer yang sebelumnya telah dilakukan dari beberapa variasi faktor dan level dari metode Taguchi dengan material terbaik berbahan *talc coating.* Pegujian kuat tarik akan mendapatkan data berupa kuat tarik maksimal yang dapat diterima sebuah material, selain itu juga terdapat data berupa persentase perpanjangan putus. Latar belakang pengujian ini adalah pada pengamatan yang dilakukan saat telapak kaki menerima gaya tarik dapat dilihat pada Gambar 3-29, untuk itu pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan material dari telapak kaki palsu, proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 3-30.

Gambar 3- 28 Bagian telapak kaki yang menerima gaya tarik

Gambar 3- 29 Proses pengujian kuat tarik

3.7.3 Pengujian kuat sobek

Pengujian kuat sobek menggunakan standar ISO 34-1 : 2015. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat yang sama dengan pengujian tarik. Tujuan pengujian ini dilakukan untuk membandingkan kekuatan tarik dari material terbaik berbahan *talc powder* biasa dari pengujian tribometer yang sebelumnya telah dilakukan dari beberapa variasi faktor dan level dari metode Taguchi dengan material terbaik

berbahan *talc coating.* Latar belakang pengujian sobek adalah pada saat telapak kaki digunakan berjalan dan menginjak benda asing yang tajam, sehingga akan mengalami sobek, untuk itu pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat material kaki palsu terhadap sobekan.

3.7.4 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan ini menggunakan standar ISO 7619-1 : 2010, dengan menggunakan skala kekerasan *durometer shore-A.* Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah *Digi-Test Gelomat* buatan *Bareiss.* Pengujian kekerasan dilakukan untuk membandingkan kekuatan tarik dari material terbaik berbahan *talc powder* biasa dari pengujian tribometer yang sebelumnya telah dilakukan dari beberapa variasi faktor dan level dari metode Taguchi dengan material terbaik berbahan *talc coating.* Latar belakang pengujian ini adalah ketika telapak kaki berjalan dan menginjak benda asing, telapak kaki akan meninggalkan bekas, sehingga pengujian ini dilakukan untuk menguji seberapa besar kekerasan material dari kaki palsu.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Sifat Tribologi

Setelah dilakukan pengujian maka didapatkan hasil dari pengujian sifat tribologi yaitu gaya gesek dan besar aus yang terjadi pada tiap variasi komposisi metode Taguchi. Berikut hasil pengujian sifat tribologi

4.1.1 Keramik halus

Pengujian dilakukan menggunakan keramik halus dengan kondisi kering. Pada setiap komposisi atau *running number* dilakukan pengulangan pengujian sebanyak tiga kali untuk mendapatkan rata-rata nilai gaya gesek dan massa ausnya. Hasil pengujian gaya gesek dan keausan dari keramik halus ditujukan pada Tabel 4-1 dan 4-2. Nilai mean (rata-rata) didapatkan dari rumus (2-1), niai *variance* didapatkan dari rumus (2-2), nilai *S/N ratio larger better* dari rumus (2-4), nilai *S/N ratio smaller better* dari rumus (2-5).

Tabel 4- 1 Hasil pengujian gaya gesek keramik halus

	Hasil Gaya Gesek (N)			Perhitungan		
Run Number	**Uji ke-1**	**Uji ke-2**	**Uji ke-3**	***Mean***	***Variance***	***S/N Larger Better***
1	5,4125	6,202524	6,056524476	5,890516317	0,1767037	15,35657333
2	4,69785258	4,988242	5,033288889	4,906461191	0,033145468	13,80307874
3	5,160020942	6,309526	5,243831579	5,571126279	0,410682016	14,81295891
4	5,564901754	5,780905	5,827873418	5,724560145	0,019669603	15,14954082
5	5,785568421	5,409559	6,740915493	5,978681118	0,47109662	15,42347524
6	3,91617284	3,946553	3,464789474	3,775838315	0,072794269	11,49335653
7	5,750354386	4,707106	5,295386111	5,250948684	0,273573044	14,31654614
8	4,526322222	3,913747	4,433378947	4,291149513	0,108983897	12,59707825
9	4,241242105	3,949853	4,265878947	4,152324561	0,030897905	12,34974532
					Rata-Rata S/N	13,9224837

Tabel 4- 2 Hasil pengujian Massa keausan keramik halus

Run Number	Hasil Massa Aus (gram)			Perhitungan		
	Uji ke-1	Uji ke-2	Uji ke-3	*Mean*	*Variance*	*S/N Smaller Better*
1	0,003	0,002	0,001	0,002	0,000001	53,30993219
2	0,003	0,003	0,003	0,003	2,82119E-37	50,45757491
3	0,003	0,004	0,006	0,004333333	2,33333E-06	46,9179142
4	0,005	0,009	0,01	0,008	0,000007	41,63254034
5	0,002	0,004	0,004	0,003333333	1,33333E-06	49,20818754
6	0,004	0,003	0,002	0,003	0,000001	50,14723257
7	0,004	0,004	0,004	0,004	0	47,95880017
8	0,004	0,004	0,006	0,004666667	1,33333E-06	46,44612342
9	0,004	0,004	0,003	0,003666667	3,33333E-07	48,64337398
					Rata-rata S/N	48,30240881

Nilai *S/N ratio larger better* dan *S/N ratio smaller better* yang telah diketahui kemudian dibuat rata rata setiap komposisinya menggunakan rumus (2-1) yang merujuk pada bab 2, sebagai contoh untuk kode A1 adalah jenis silikon RTV 683, sehingga setiap komposisi material yang terdapat jenis silikon RTV 683 hasil *signal to noise ratio larger better* maupun *smaller better* di rata-ratakan. Hal tersebut dilakukan agar mempermudah melihat nilai yang paling berpengaruh dalam meningkatkan gaya gesek maupun memperkecil massa aus. Pembuatan tabel bertujuan untuk memudahkan membuat grafik tiap-tiap komposisi, hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4-3 dan Tabel 4-4.

Tabel 4- 3 Rata-rata *S/N Ratio* gaya gesek keramik halus

	S/N LB Gaya gesek keramik halus
A1	14,65754
A2	14,02212
A3	13,08779
B1	14,94089
B2	13,94121
B3	12,88535
C1	13,149
C2	13,76745
C3	14,85099
D1	14,3766
D2	13,20433
D3	14,18653

Tabel 4- 4 Rata-rata *S/N ratio* massa aus keramik halus

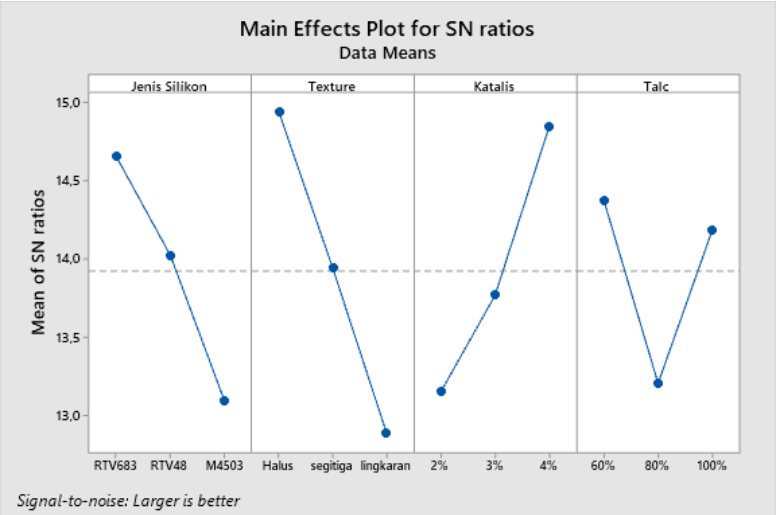
	S/N SB Massa aus keramik halus
A1	50,22847
A2	46,99599
A3	47,68277
B1	47,63376
B2	48,70396
B3	48,56951
C1	49,96776
C2	46,91116
C3	48,0283
D1	50,38716
D2	49,5212
D3	44,99886

Dimana :

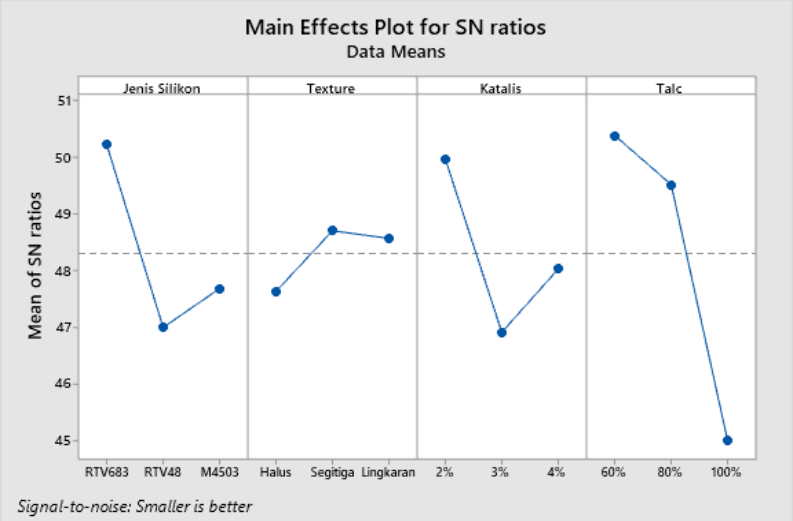
A = Jenis Silikon B = Tekstur C = Katalis D = *Talc powder*

Angka 1,2,3 = Level dari tiap faktor/parameter

Contoh : B3 = Tekstur lingkaran



Gambar 4- 1 Grafik *S/N ratio larger better* gaya gesek keramik halus



Gambar 4- 2 Grafik *S/N ratio smaller better* massa aus keramik halus

Pada Gambar 4-1 dan Gambar 4-2 dapat dilihat grafik yang menunjukan hasil level terbaik dari setiap faktor. Untuk grafik gaya gesek pada Gambar 4-1 RTV 683, tekstur halus, katalis 4%, dan *talc* 60% merupakan hasil level tertinggi dibanding level lainnya untuk memperbesar nilai gaya gesek, sedangkan untuk grafik massa aus pada Gambar 4-2 RTV 683, tekstur segitiga, katalis 2%, dan *talc* 60% merupakan level tertinggi dibanding level lainnya untuk memperkecil massa aus. Untuk mengetahui faktor dan level yang berpengaruh pada pengujian tribometer gaya gesek dan massa aus ditunjukan pada Tabel 4-5 dan Tabel 4-6.

Tabel 4- 5 Nilai prediksi gaya gesek keramik halus

Parameter	**S/N**
Average S/N	13,9224837
A1	14,65753699
B1	14,94088676
C3	14,85099343
D1	14,37659796
Popt	**17,05856406**

Tabel 4- 6 Nilai prediksi massa aus keramik halus

Parameter	**S/N**
Average S/N	48,30240881
A1	50,22847376
B2	48,70396196
C1	49,96776273
D1	50,38716457

Popt	54,38013658

Keterangan :

Popt : Rata-rata jumlah keseluruhan faktor dan level kemudian dibagi dengan rata-rata nilai *S/N ratio*

Dari hasil nilai terbaik tiap faktor dan level pada masing-masing pengujian gaya gesek maupun massa aus perlu dilakukan kembali pengujian ulang atau disebut dengan konfirmasi hasil. Hal ini bertujuan untuk memastikan apakah hasil terbaik tiap faktor dan level itu benar. Berikut hasil pengujian ulang yang dilakukan untuk mengetahui nilai gaya gesek dan massa aus.

Tabel 4- 7 Hasil pengujian ulang gaya gesek keramik halus

Nomer	**Gaya gesek Optimum (N)**
1	5,722451524
2	5,800428571
3	5,727026178
Rata-rata	5,749968758
S/N ratio	15,19280953

Tabel 4- 8 Hasil pengujian ulang massa aus keramik halus

Nomer	**Massa aus optimum (gram)**
1	0,003
2	0,004
3	0,005
Rata-rata	0,004
S/N ratio	47,7815125

Hasil pengujian ulang gaya gesek maupun massa aus yang ditujukan pada Tabel 4-7 dan Tabel 4-8 terdapat perbedaan nilai *S/N ratio* maupun masing-masing nilai gaya gesek dan massa ausnya pada pengujian sebelumnya, namun perbedaan nilai tersebut tidak terlalu signifikan, yang artinya hasil pengujian tersebut sudah benar.

4.1.2 Keramik kasar

Pada pengujian ini menggunakan keramik kasar sebagai salah satu parameter, berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menggunakan keramik halus dengan kondisi kering. Pada setiap komposisi atau *running number* dilakukan pengulangan pengujian sebanyak tiga kali untuk mendapatkan rata-rata nilai gaya gesek dan massa ausnya. Hasil pengujian gaya gesek dan keausan dari keramik halus ditujukan pada Tabel 4-9 dan 4-10, nilai mean (rata-rata) didapatkan

dari rumus (2-1), niai *variance* didapatkan dari rumus (2-2), nilai *S/N ratio larger better* dari rumus (2-4), nilai *S/N ratio smaller better* dari rumus (2-5).

Tabel 4- 9 Hasil pengujian gaya gesek keramik kasar

	Hasil Gaya Gesek (N)			Perhitungan		
Run Number	Uji ke-1	Uji ke-2	Uji ke-3	*Mean*	*Variance*	*S/N Larger Better*
1	9,657838	8,89235	10,334	9,62806267	0,520253608	19,62154601
2	7,889626	7,175245	8,675907	7,91359267	0,56342741	17,88933234
3	8,022885	6,891979	7,185614	7,366826	0,344365437	17,29271978
4	8,407765	7,91476	7,753853	8,02545933	0,116090983	18,07411008
5	8,725269	8,133878	9,054789	8,63797867	0,217733969	18,7023517
6	9,778963	8,64553	8,302208	8,90890033	0,597224282	18,93422278
7	7,177465	8,540361	8,05031	7,922712	0,476582314	17,90913442
8	7,411905	7,134246	7,527632	7,35792767	0,040873301	17,32846002
9	7,133435	7,868211	7,298449	7,433365	0,148625688	17,40104899
					Rata-rata S/N	18,1281029

Tabel 4- 10 Hasil pengujian Massa keausan keramik kasar

	Hasil Massa Aus (gram)			Perhitungan		
Run Number	Uji ke-1	Uji ke-2	Uji ke-3	*Mean*	*Variance*	*S/N Smaller Better*
1	0,21	0,177	0,164	0,183667	0,000562	14,67139501
2	0,292	0,152	0,289	0,244333	0,006396	11,94071175
3	0,155	0,123	0,143	0,140333	0,000261	17,01853135
4	0,299	0,321	0,325	0,315	0,000196	10,02807358
5	0,203	0,252	0,177	0,210667	0,00145	13,43448247
6	0,237	0,276	0,256	0,256333	0,00038	11,80717158
7	0,099	0,111	0,097	0,102333	5,73E-05	19,7838351
8	0,21	0,185	0,228	0,207667	0,000466	13,62146843
9	0,146	0,144	0,151	0,147	0,000013	16,65191184
					Rata-rata S/N	14,32862012

Setelah mendapatkan nilai *S/N ratio larger better* dan *S/N ratio smaller better* kemudian dibuat rata rata setiap komposisinya menggunakan rumus (2-1) yang merujuk pada bab 2, sebagai contoh untuk kode A1 adalah jenis silikon RTV 683, sehingga setiap komposisi material yang terdapat jenis silikon RTV 683 hasil *signal to noise ratio larger better* maupun *smaller better* di rata-ratakan. Hal tersebut dilakukan agar mempermudah melihat nilai yang paling berpengaruh dalam meningkatkan gaya gesek maupun memperkecil massa aus. Pembuatan tabel

bertujuan untuk memudahkan membuat grafik tiap-tiap komposisi, hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4-11 dan Tabel 4-12.

Tabel 4- 11 Rata-rata *S/N Ratio* gaya gesek keramik kasar

	S/N LB Gaya gesek keramik kasar
A1	18,26787
A2	18,57023
A3	17,54621
B1	18,53493
B2	17,97338
B3	17,876
C1	18,62808
C2	17,78816
C3	17,96807
D1	18,57498
D2	18,24423
D3	17,5651

Tabel 4- 12 Rata-rata *S/N ratio* massa aus keramik kasar

	S/N SB Massa aus keramik kasar
A1	14,54355
A2	11,75658
A3	16,68574
B1	14,82777
B2	12,99889
B3	15,1592
C1	13,36668
C2	12,87357
C3	16,74562
D1	14,91926
D2	14,51057
D3	13,55602

Dimana :

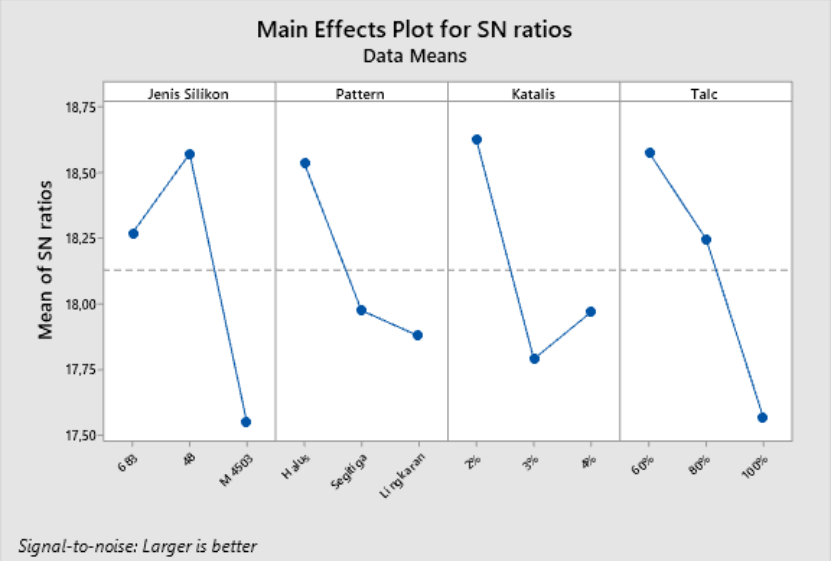
A = Jenis Silikom

B = Tekstur

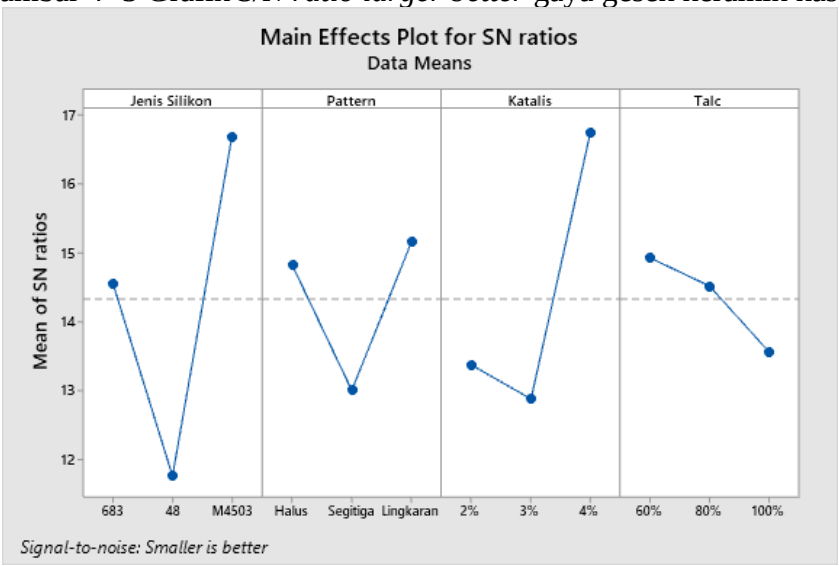
C = Katalis

D = *Talc powder*

Angka 1,2,3 = Level dari tiap faktor/parameter



Gambar 4- 3 Grafik *S/N ratio larger better* gaya gesek keramik kasar



Gambar 4- 4 Grafik *S/N ratio smaller better* massa aus keramik kasar

Pada Gambar 4-3 dan Gambar 4-4 dapat dilihat grafik yang menunjukan hasil level terbaik dari setiap faktor. Untuk grafik gaya gesek pada Gambar 4-3 RTV 48, tekstur halus, katalis 2%, dan *talc* 60% merupakan hasil level tertinggi dibanding level lainnya untuk memperbesar nilai gaya gesek, sedangkan untuk grafik massa aus pada Gambar 4-4 RTV M4503, tekstur lingkaran, katalis 4%, dan *talc* 60% merupakan level tertinggi dibanding level lainnya untuk memperkecil massa aus. Untuk mengetahui faktor dan level yang berpengaruh pada pengujian tribometer gaya gesek dan massa aus ditunjukan pada Tabel 4-13 dan Tabel 4-14.

Tabel 4- 13 Nilai prediksi gaya gesek keramik kasar

Parameter	**S/N**
Average S/N	18,1281029
A2	18,57022819
B1	18,53493017
C1	18,62807627
D1	18,57498223
Popt	**19,92390815**

Tabel 4- 14 Nilai prediksi massa aus keramik kasar

Parameter	**S/N**
Average S/N	14,32862012
A3	16,68573846
B3	15,15920492
C3	16,74561631
D1	14,91926311
Popt	**20,52396242**

Dari hasil nilai terbaik tiap faktor dan level pada masing-masing pengujian gaya gesek maupun massa aus perlu dilakukan kembali pengujian ulang atau disebut dengan konfirmasi hasil. Hal ini bertujuan untuk memastikan apakah hasil terbaik tiap faktor dan level itu benar. Berikut hasil pengujian ulang yang dilakukan untuk mengetahui nilai gaya gesek dan massa aus.

Tabel 4- 15 Pengujian ulang gaya gesek keramik kasar

Nomer	**Gaya gesek Optimum (N)**
1	10,74408
2	10,72946
3	9,01639
Rata-rata	10,16331
S/N ratio	20,05093781

Tabel 4- 16 Pengujian ulang massa aus keramik kasar

Nomer	**Massa aus optimum (gram)**
1	0,139
2	0,114
3	0,111
Rata-rata	0,121333333
S/N ratio	18,27416527

Hasil pengujian ulang gaya gesek maupun massa aus yang ditujukan pada Tabel 4-15 dan Tabel 4-16 terdapat perbedaan nilai *S/N ratio* maupun masing-masing nilai

gaya gesek dan massa ausnya pada pengujian sebelumnya, namun perbedaan nilai tersebut tidak terlalu signifikan, yang artinya hasil pengujian tersebut sudah benar.

4.1.3 Nilai kontribusi faktor

Nilai kontribusi faktor pada tiap pengujian memiliki nilai yang berbeda-beda, tergantung pada pengaruh yang dihasilkan dari faktor tersebut. Berikut hasil nilai kontribusi faktor menggunakan analisis *variance* atau ANOVA dengan menggunakan rumus merujuk pada bab 2 yaitu (2-6) dan (2-7) :

Tabel 4- 17 Kontribusi nilai pengujian gaya gesek keramik halus

Faktor	Kontribusi %
Jenis Silikon	22,12%
Tekstur	37,49%
Katalis	26,34%
Talc	14,05%

Tabel 4- 18 Kontribusi nilai pengujian massa aus keramik halus

Faktor	Kontribusi %
Jenis Silikon	20,71%
Tekstur	2,43%
Katalis	17,08%
Talc	59,78%

Tabel 4- 19 Kontribusi nilai pengujian gaya gesek keramik kasar

Faktor	Kontribusi %
Jenis Silikon	32,04%
Tekstur	14,64%
Katalis	22,64%
Talc	30,68%

Tabel 4- 20 Kontribusi nilai pengujian massa aus keramik kasar

Faktor	Kontribusi %
Jenis Silikon	49,29%
Tekstur	10,92%
Katalis	35,84%
Talc	3,95%

Hasil nilai kontribusi faktor pada tiap pengujian gaya gesek dapat dilihat pada Tabel 4-17 dan Tabel 4-19, faktor tekstur paling tinggi nilainya pada pengujian gaya gesek keramik halus, sedangkan pada pengujian gaya gesek keramik kasar faktor jenis silikon mempunyai nilai yang lebih tinggi. Pada pengujian massa aus yang dapat dilihat pada Tabel 4-18 dan 4-20, faktor *talc powder* mempunyai nilai yang tinggi pada pengujian massa aus keramik halus, sedangkan faktor jenis silikon pada pengujian massa aus keramik kasar mempunyai nilai yang lebih tinggi.

4.2 Hasil Penelitian *Talc Coating*

Penelitian *talc powder* yang dilakukan untuk memodifikasi *talc* tersebut menjadi *talc coating* terdapat beberapa variasi komposisi, setelah dilakukan pengujian *floating test* yang bertujuan untuk mengetahui *talc* tersebut telah ter-*coating* maka didapatkan hasil variasi yang terbaik yang ditunjukan pada Tabel 4-21.

Tabel 4- 21 Hasil variasi komposisi dari *talc coating*

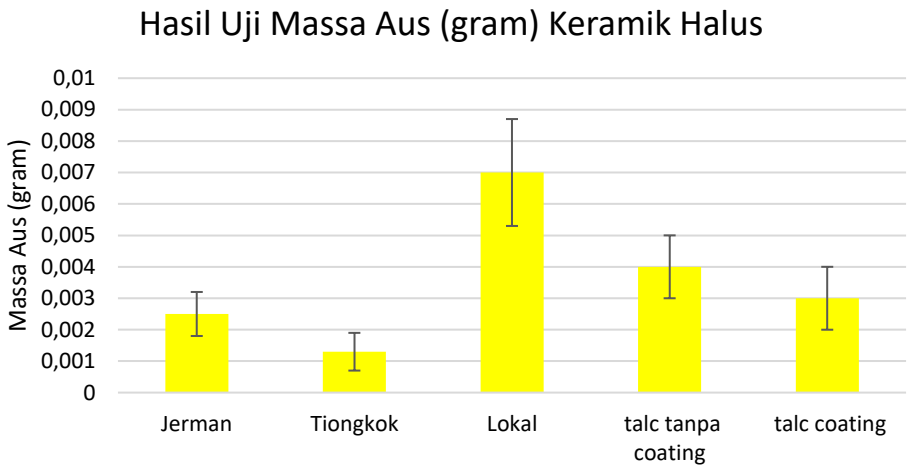
Dispersi 30%	
TESPT (Silane)	**Ethanol (TE2.1)**
2%	Talc 30 gram TESP 1,4 gram Ethanol 68,6 gram

4.2.1 Pengujian tribometer

Campuran karet silikon yang mempunyai nilai optimum dari masing-masing pengujian gaya gesek maupun massa aus dari keramik kasar dan keramik halus, kemudian material penyusun campuran karet silikon yaitu *talc powder* diganti oleh *talc coating* untuk melihat perbedaan yang terjadi pada sifat tribologinya. Berikut hasil pengujian yang dilakukan untuk melihat nilai gaya gesek dan kausan pada keramik kasar maupun keramik halus. Hasil pengujian *talc coating* didapatkan bahwa, penggunaan *talc coating* berpengaruh pada nilai massa aus dan gaya gesek. *Talc coating* dapat mengurangi massa aus dan juga mengurangi nilai dari gaya gesek. Sehingga untuk nilai keausan penggunaan

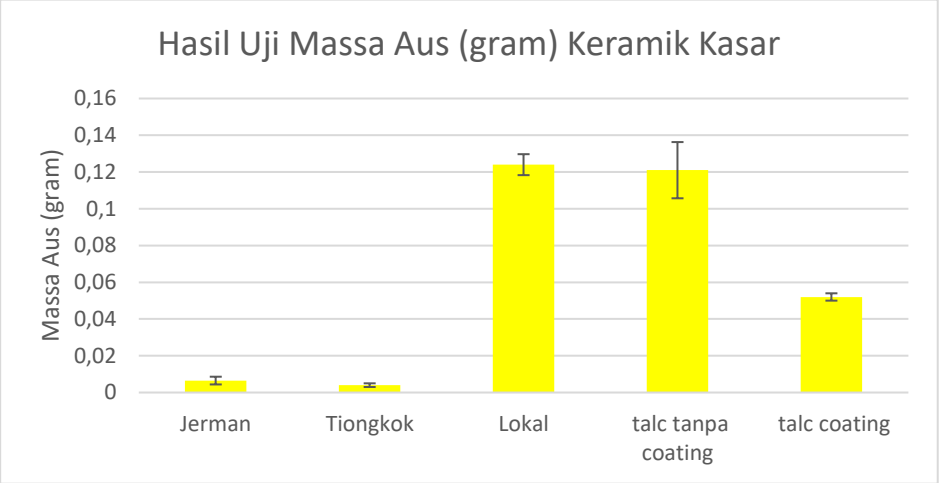
material *talc coating* dapat mengoptimalkan produk yang ingin nilai keausannya kecil, sedangkan untuk nilai gaya gesek berbanding terbalik dari nilai keausan.

Pengujian sifat tribologi dilakukan untuk mengetahui gesekan dan keausan agar telapak kaki tersebut tidak licin pada saat digunakaan penyandnag disabilitas. Pengujian sifat tribologi dengan alat tribometer pada produk telapak kaki palsu yang berada dipasaran, telah dilakukan penelitian sebelumnya oleh [7]. Hasil penelitian sebelumnya tersebut akan dibandingkan dengan hasil yang dilakukan pada penelitian ini, berikut hasil perbandingan sifat tribologi



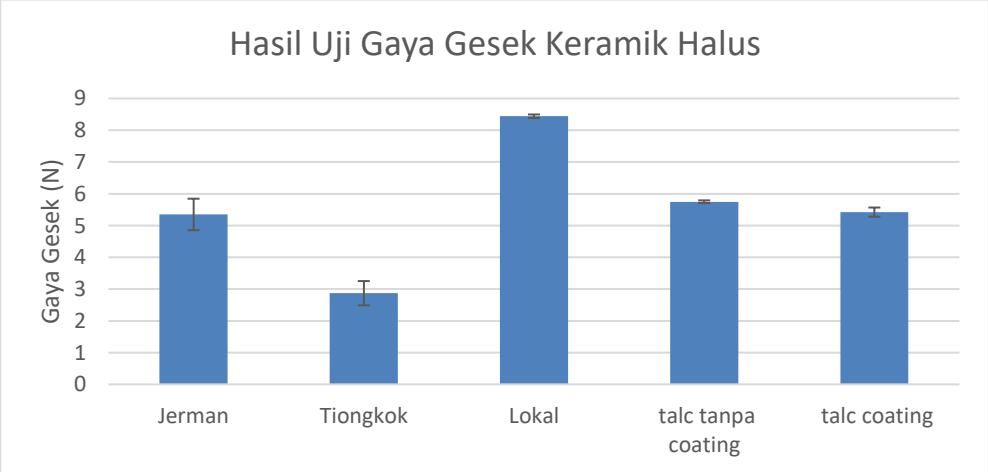
Gambar 4- 5 Grafik perbandingan massa aus keramik halus menggunakan formula optimum

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan *disc* keramik halus pada Gambar 4-5, didapat hasil massa aus produk Jerman 0,0025 ± 0,0007 gram, produk Tiongkok sebesar 0,0013 ± 0,0006 gram, produk lokal sebesar 0,007 ± 0,0017 gram, produk *talc* tanpa *coating* sebesar 0,004 ± 0,001 gram, dan produk *talc coating* sebesar 0,003 ± 0,001 gram.



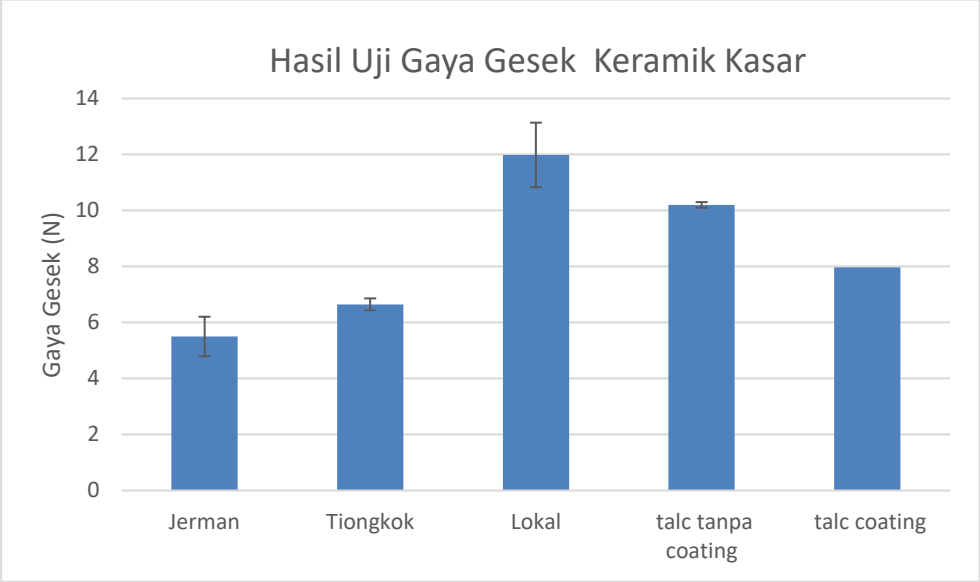
Gambar 4- 6 Grafik perbandingan massa aus keramik kasar menggunakan formula optimum

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan *disc* keramik kasar pada Gambar 4-6, didapat hasil massa aus produk Jerman 0,0065 ± 0,0021 gram, produk Tiongkok sebesar 0,004 ± 0,001 gram, produk lokal sebesar 0,124 ± 0,0057 gram, produk *talc* tanpa *coating* sebesar 0,121 ±0,0153 gram, dan produk *talc coating* sebesar 0,052 ± 0,002 gram.



Gambar 4- 7 Grafik perbandingan gaya gesek keramik halus menggunakan formula optimum

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan *disc* keramik halus pada Gambar 4-7, didapat hasil gaya gesek produk Jerman 5,35 ± 0,495 N, produk Tiongkok sebesar 2,87 ± 0,382 N, produk lokal sebesar 8,44 ± 0,057 N, produk *talc* tanpa *coating* sebesar 5,749 ±0,04 N, dan produk *talc coating* sebesar 5,422 ± 0,145 N.



Gambar 4- 8 Grafik perbandingan gaya gesek keramik kasar menggunakan formula opimum

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan *disc* keramik kasar pada Gambar 4-8, didapat hasil gaya gesek produk Jerman 5,5 ± 0,707 N, produk Tiongkok sebesar 6,65 ± 0,212 N, produk lokal sebesar 11,985 ± 1,153 N, produk *talc* tanpa *coating* sebesar 10,2 ±0,1 N, dan produk *talc coating* sebesar 7,97 ± 0,775 N.

Hasil grafik perbandingan sifat tribologi pada Gambar 4-5 dan Gambar 4-6 yang menunjukan nilai massa aus pada material optimasi *talc coating*. Gambar 4-5 menunjukan bahwa nilai produk *talc coating* persenatse 16,8% sedangkan untuk produk lokal sebesar 39%, untuk produk *talc* tanpa *coating* 22,4% untuk nilai persentase dari produk Jerman sebesar 14% dan Tingkok sebesar 7,3%. Gambar 4-6 menunjukan massa aus keramik halus, nilai produk *talc coating* sebesar 16,9% produk *talc* tanpa *coating* 39% sedangkan produk lokal 40%, untuk nilai produk lainnya yaitu Jerman sebesar 2,1% dan Tiongkok 1,3%.

Hasil nilai gaya gesek yang ditunjukan pada Gambar 4-7 dan Gambar 4-8, Gambar 4-7 menunjukan hasil gaya gesek keramik halus, dengan nilai produk *talc coating* sebesar 19% dan produk *talc* tanpa *coating* 20,6% sedangkan produk lokal 30% produk Jerman 19,2% dan produk Tiongkok 10,3%. Gambar 4-8 menunjukan hasil gaya gesek keramik kasar dengan nilai produk *talc coating* 18% dan produk

talc tanpa *coating* 24,11% sedangkan untuk produk lainnya yaitu produk lokal 28% produk Jerman 13% produk Tiongkok 15%.

Nilai ideal atau standar pada pengujian sifat tribologi ialah yang mempunyai nilai tertinggi pada masing-masing pengujian baik gaya gesek dan massa aus. Produk yang mempunyai nilai ideal pada massa aus ialah produk tiongkok dikarenakan mempunyai massa aus yang lebih kecil dibandingkan dengan produk lainnya, sedangkan nilai ideal pada gaya gesek ialah produk lokal dikarenakan mempunyai nilai gaya gesek yang tinggi.

4.3 Pengujian Sifat Mekanik

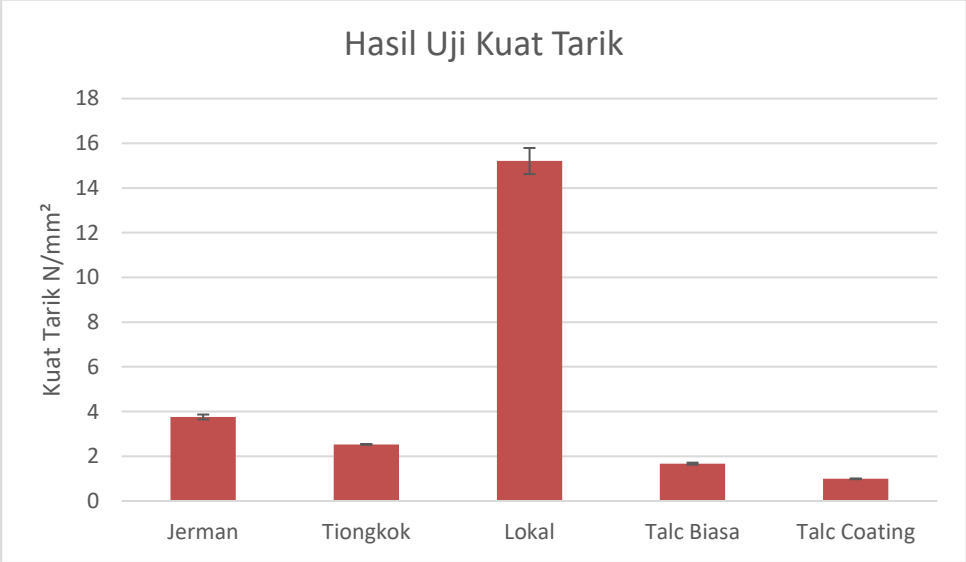
Penelitan material *talc coating* pada telapak kaki palsu juga dilakukan beberapa pengujian, seperti pengujian kuat tarik, kuat sobek, dan kekerasan. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan antara *talc coating* dengan *talc powder* tanpa modifikasi. Material optimum dari pengujian sifat tribologi yang mempunyai nilai S/N ratio meningkat signifikan yang dapat mengurangi nilai keausan digunakan sebagai komposisi pembuatan spesimen uji dari tiap-tiap pengujian sifat mekanik. Komposisi jenis silikon RTV M4503, tekstur lingkaran, katalis 4%, dan *talc* 60%, digunakan sebagai bahan baku pembuatan spesimen uji, yang membedakan hanya pada material *talc*, dengan *coating* atau tanpa *coating.*

Hasil pengujian yang dilakukan untuk mengetahui perbedaan *talc powder* tanpa *coating* dengan *talc powder coating* dapat disimpulkan bahwa *talc powder* tanpa *coating* mempunyai sifat kuat tarik , perpanjangan putus, dan kuat sobek yang lebih baik daripada *talc coating*, namun *talc coating* memiliki sifat kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *talc powder* tanpa *coating*. Hasil pengujian kuat tarik, perpanjangan putus, kuat sobek, dan uji kekerasan merupakan hasil maksimal yang diterima sperimen dalam pengujian, sebagai contoh untuk pengujian kuat tarik hasil tersebut adalah hasil maksimal dimana material dapat menerima kuat tarik dan setelahnya akan putus.

Pengujian sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tarik, perpanjangan putus, kuat sobek, dan kekerasan. Hal itu dilakukan untuk mengetahui gaya tarik yang terjadi pada saat telapak kaki palsu menerima gaya tarik dan seberapa besar perpanjangan putus yang terjadi, untuk pengujian kuat

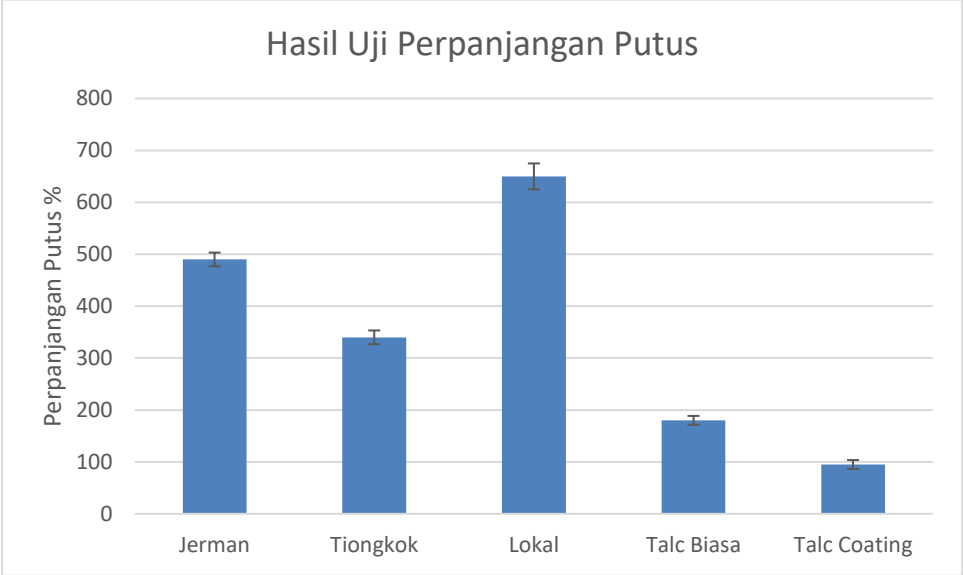
sobek dilakukan karena untuk mengetahui seberapa besar ketahanan sobek telapak kaki palsu pada saat terkena benda asing, sedangkan untuk kekerasan dilakukan untuk mengetahui kekerasan telapak kaki palsu meninggalkan bekas pada saat terkena benda asing.

Penelitian tentang pengujian sifat mekanik dari produk telapak kaki palsu yang sebelumnya telah dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh [21]. akan dibandingkan dengan hasil pada penelitian ini. Berikut merupakan grafik yang menunjukan perbandingan sifat mekanik tiap-tiap produk pasaran dengan material karet silikon hasil dari penelitian ini



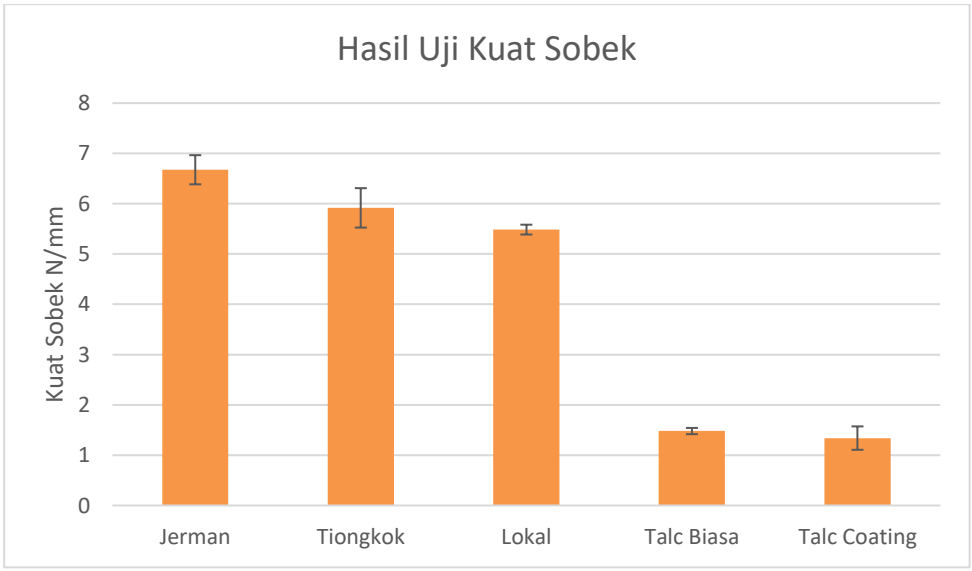
Gambar 4- 9 Grafik hasil uji tarik

Berdasarkan pengujian kuat tarik yang dilakukan pada Gambar 4-9, didapat hasil kuat tarik maskimal yang dapat diterima produk, berikut hasil kuat tarik produk Jerman 3,758 ± 0,11 N/mm², produk Tiongkok sebesar 2,531 ± 0,005 N/mm², produk lokal sebesar 15,206 ± 0,585 N/mm², produk *talc* biasa sebesar 1,67 ±0,045 N/mm², dan produk *talc coating* sebesar 0,99 ± 0,017 N/mm².



Gambar 4- 10 Grafik hasil uji perpanjangan putus

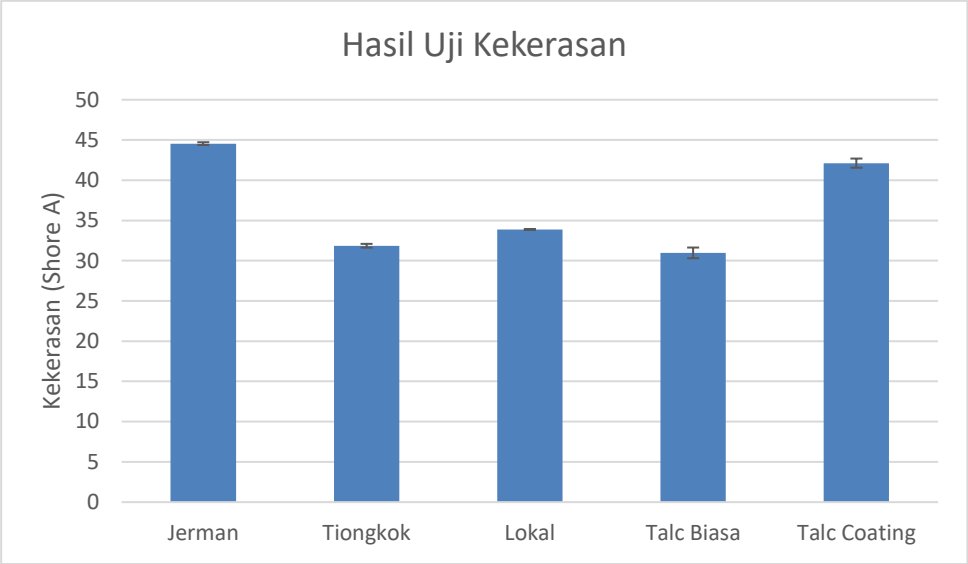
Berdasarkan pengujian perpanjangan putus yang dilakukan pada Gambar 4-10, didapat hasil perpanjangan putus maskimal yang dapat diterima produk, berikut hasil perpanjangan putus produk Jerman 490 ± 13,23 %, produk Tiongkok sebesar 340 ± 13,23 %, produk lokal sebesar 650 ± 25 %, produk *talc* biasa sebesar 180 ±8,6 % dan produk *talc coating* sebesar 95 ± 8,6 %.



Gambar 4- 11 Grafik hasil uji kuat sobek

Berdasarkan pengujian kuat sobek yang dilakukan pada Gambar 4-11, didapat hasil kuat sobek maskimal yang dapat diterima produk, berikut hasil kuat sobek produk Jerman 6,675 ± 0,29 N/mm, produk Tiongkok sebesar 5,917 ± 0,392

N/mm, produk lokal sebesar 5,485 ± 0,098 N/mm, produk *talc* biasa sebesar 1,48 ± 0,062 N/mm, dan produk *talc coating* sebesar 1,34 ± 0,233 N/mm.



Gambar 4- 12 Grafik uji kekerasan

Berdasarkan pengujian kekerasan yang dilakukan pada Gambar 4-12, didapat hasil kekerasan pada produk, berikut hasil kekerasan produk Jerman 44,547 ± 0,173 Shore A, produk Tiongkok sebesar 31,853 ± 0,237 Shore A, produk lokal sebesar 33,88 ± 0,058 Shore A, produk *talc* biasa sebesar 30,97 ± 0,665 Shore A, dan produk *talc coating* sebesar 42,12 ± 0,571 Shore A.

Dari hasil pengujian kuat tarik pada Gambar 4-9 bahwa produk lokal mempunyai sifat kuat tarik yang tinggi dengan persentase 62,9% sedangkan untuk material karet silikon dengan *talc coating* mempunyai nilai kuat tarik yang paling kecil diantara produk lainnya yaitu sebesar 4,09%, untuk produk Jerman sebesar 15,5% dan produk Tiongkok 10,4%. Pada pengujian perpanjangan putus yang ditunjukan pada Gambar 4-10 bahwa material karet silikon dengan *talc coating* mempunyai nilai yang paling kecil diantara produk lainnya yaitu 95%. Pada pengujian kuat sobek yang ditunjukan pada Gambar 4-11 bahwa material karet silikon dengan *talc coating* ataupun *talc* biasa mempunyai nilai kuat sobek yang masih jauh dibawah nilai kuat sobek produk pasaran, dengan persentase *talc coating* 6,4% *talc* biasa 7,08%. Produk pasaran lainnya mempunyai persentase Jerman 31,9% dan Tiongkok 28,3%. Pengujian kekerasan yang ditunjukan pada Gambar 4-12 bahwa material karet silikon dengan *talc powder* biasa nilai

kekerasanya dengan persentase 16,8% hampir mendekati produk Tiongkok sebesar 17,3% sedangkan untuk material karet silikon dengan *talc coating* nilai kekerasannya dengan persentase 22,97% mendekati nilai produk Jerman 24,29% dan diatas produk lokal sebesar 18,47%.

Nilai ideal atau standar sifat mekanik pada telapak kaki palsu pada penelitian ini berdasarkan nilai sifat mekanik dari tiap pengujian produk pasaran yang ada, sehingga yang dimaksud nilai ideal adalah nilai pengujian yang mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan produk pasaran yang ada. Hasil pengujian sifat mekanik dari formula optimal penelitian ini masih dibawah nilai ideal atau nilai pasaran tertinggi pada pengujian kuat tarik, kuat sobek, dan perpanjangan putus, namun pada pengujian kekerasan formula optimum dengan *talc powder coating* mempunyai nilai yang hampir menyamai nilai ideal atau nilai pasaran tertinggi.

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dari tahap studi literatur hingga tahap pengujian dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil optimasi multi faktor material karet pada telapak kaki palsu terhadap gesekan didapatkan formula jenis karet silikon RTV 48, tekstur halus, katalis 2%, dan *talc powder* 60% dengan menggunakan metode Taguchi.
2. Hasil optimasi multi faktor material karet pada telapak kaki palsu terhadap aus didapatkan formula jenis karet silikon RTV M4503, tekstur lingkaran, katalis 4%, dan *talc powder* 60% dengan menggunakan metode Taguchi.
3. Nilai pengujian sifat tribologi dari formula menggunakan material *talc coating* dapat mengurangi keausan namun juga mengurangi besar gaya gesek yang terjadi dibandingkan dengan *talc powder* tanpa *coating*. Nilai pengujian sifat mekanik didapatkan bahwa *talc coating* memiliki nilai dibawah dari *talc powder* tanpa *coating* pada pengujian kuat tarik, perpanjangan putus, dan kuat sobek namun nilai kekerasan *talc coating* lebih tinggi daripada *talc* tanpa *coating.*
4. Hasil pengujian tribometer material campuran *talc coating* mempunyai nilai keausan lebih baik daripada poruduk lokal, namun masih dibawah produk Jerman dan Tiongkok. Pengujian kuat tarik, perpanjangan putus dan kuat sobek material campuran *talc powder* tanpa *coating* maupun *talc coating* memiliki nilai dibawah dari produk pasaran, sedangkan pada pengujian kekerasan material campuran *talc coating* mendekati nilai tertinggi yaitu produk Jerman.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Pada penelitian ini terdapat beberapa saran agar penelitian ini lebih baik kedepannya, berikut saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Penelitian yang akan dilakukan selanjutnya, yang harus diparhatikan adalah pada material katalis, peneliti menyarankan untuk menggunakan katalis berwarna dibanding dengan warna bening, hal ini karena untuk mengetahui apakah campuran tersebut telah tercampur sempurna pada saat proses pengadukan antara campuran karet silikon dan *talc powder* dengan katalis.
2. Pada proses vakum, peneliti menyarankan untuk melakukan dua kali, yang pertama pada saat keseluruhan campuran material masih dalam wadah, kemudian yang kedua pada saat campuran material telah dimasukan kedalam cetakan.
3. Pada penelitian *talc coating* maupun pembuatan campuran material diharapkan untuk menggunakan masker, sarung tangan medis dan alat pelindung diri lainnya, dikarenakan terdapat beberapa bahan kimia dan alat yang berbahaya bagi tubuh.
4. Penelitian selanjutnya dapat membandingkan karakteristik dari sol sepatu dengan telapak kaki palsu

DAFTAR PUSTAKA

[1] Dukcapil, "Distribusi Penduduk Indonesia Per Juni 2021: Jabar Terbanyak, Kaltara Paling Sedikit," 07 Agust 2021. [Online].

[2] A. Diono, "Program Rehabilitasi Sosial Penyandang Disabilitas dan Pergeseran Pradigma Penanganan Penyandang Disabilitas," *Situasi Penyandang Disabilitas,* 2014.

[3] B. A. Santoso, "Pembuatan dan Analisis Material Karet Silikon yang Diperkuat dengan Talc Powder sebagai Kandidat Material Telapak Kaki Palsu," Yogyakarta, 2021.

[4] F. Yusubov, "Optimum Design of Brake Friction Composites," *Jurnal Tribologi,* pp. 133-148, 2021.

[5] J. J. A. P. B. W D Lestari, "The von Mises stress distribution on the surface of UHMWPE with texture-shaped," *Department of Mechanical Engineering, University of Diponegoro,* 2017.

[6] W. S. G. Z. C. P. a. C. B. Keyan Liu, "Effects of Surface Modification of Talc on Mechanical Properties of Polyproplyene/Talc Composites," 2016.

[7] D. A. P. Anggaraksa, "RANCANG BANGUN TELAPAK KAKI PALSU JENIS SINGLE," Teknik Mesin UII, Yogyakarta, 2022.

[8] I. A. R. Sugiono, "Klasterisasi Mahasiswa Difabel Indonesia Berdasarkan Backround Histories and Studying Performance," *Indonesian Journal of Disability Studies,* pp. 20-26, 2014.

[9] A. L. H. C. N. L. K. A P Arya, "A biomechanical comparison of the SACH, Seattle and Jaipur feet using ground reaction forces," *Prosthetics and Orthotics International,* pp. 37-45, 1995.

[10] C. H. D. R. Morgan Carpenter, "Testing and Analysis of Low Cost Prosthetic Feet," WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 2008.

[11] JOP, "Jenis telapak kaki palsu Madiun," Kaki palsu, Tangan Palsu dan Alat Rehabiltasi Medik, 2014. [Online]. Available: http://jop.co.id/. [Accessed 09 05 2022].

[12] I. Syafaat, "Tribologi, Daerah Pelumasan dan Keausan," *Sejarah Tribologi*, pp. 21-26, 2008.

[13] P. Carlsson, "Surface Engineering in Sheet Metal Forming," *Digital Comrehensive summaries of Uppsala Dessertation*, 2005.

[14] M. T. W. Purnowo Sidi, "Aplikasi Metoda Taguchi untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan Pada Proses Bubut CNC," *Jurnal Rekayasa Mesin*, pp. 101-108, 2013.

[15] M. O. B. T. J. Z. Stephanie Fraley, "Design of Experiments via Taguchi Methods - Orthogonal Arrays," *(Chemical Engineering) at University of Michigan*, 2021.

[16] Yyimaz, Cevrim dypy (off-line) kalite kontroiu taguchi yontemi ve uygulamasy, Turkey: Ega University, 1999.

[17] N. A. I. Hulu, "PEMANFAATAN SERAT DAUN SINGKUT (CURCULIGO LATIFOLIA SP.) SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN KERTAS," Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019.

[18] A. Yulianto, "PENGARUH STEARIC ACID PADA KARET ANGKATAN SEPEDA MOTOR TERHADAP KEKERASAN DAN PENGUJIAN TARIK DENGAN KOMPOSISI 3Phr, 4Phr, 6Phr," Universitas Muhamadiyah Surakarta, 2017.

[19] D. Kopeliovich, "substech," 2 july 2013. [Online]. Available: http://www.substech.com/. [Accessed 5 february 2022].

[20] b. Sugeng, "DISAIN EKSPERIMEN TAGUCHI UNTUK PENINGKATAN MUTU HASIL PENGELASAN PIPA STEAM COIL TANGKI TIMBUN CRUDE OIL," Dspace UII, Yogyakarta, 2011.

[21] Fadilah, "pengertian katalis," Polsri, 2017.

[22] A. P. R. Jeni Setiawan, "PENGARUH PENAMBAHAN TALC TERHADAP PENINGKATAN NILAI KEKERASAN CETAKAN RTV

SILICONE RUBBER PADA PROSES SPIN CASTING," Balai Besar Kerajinan Batik, 2017.

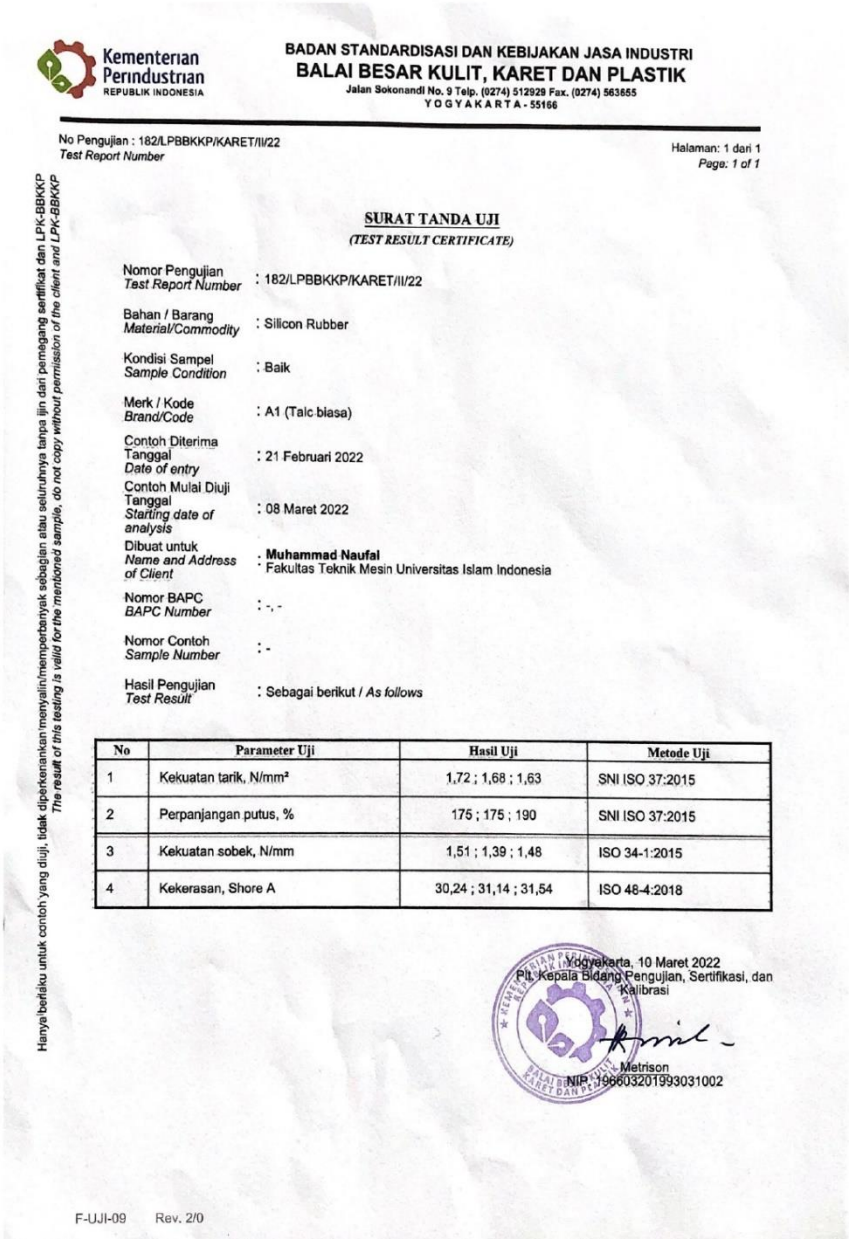
[23] A. Oktaviani, "Seputar Lampung," 11 January 2022. [Online]. Available: https://seputarlampung.pikiran-rakyat.com/pendidikan/pr-973446152/apa-saja-kegunaan-alat-alat-ukur-jawaban-tema-5-kelas-2-halaman-147-148-subtema-3-pembelajaran-4. [Accessed 28 March 2022].

[24] G. V. B. Cochran, Primer of Orthopaedic Biomechanics, Churchill Livingstone, 1982.

[25] D. Lidstone, Calculating The Area of Compressed Plantar Tissue During Gait, Las Vegas, USA: University of Nevada, 2017.

[26] P. A. Marwa, "Analisis Sifat Mekanik Material Karet pada Telapak Kaki Palsu Lokal dan Impor," *Tugas Akhir Teknik Mesin UII,* 2021.

LAMPIRAN



Kementerian Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
BALAI BESAR KULIT, KARET DAN PLASTIK
Jalan Sokonandi No. 9 Telp. (0274) 512929 Fax. (0274) 563655
YOGYAKARTA - 55166

No Pengujian : 182/LPBBKKP/KARET/II/22
Test Report Number

Halaman: 1 dari 1
Page: 1 of 1

Hanya berlaku untuk contoh yang diuji, tidak diperkenankan menyalin/memperbanyak sebagian atau seluruhnya tanpa ijin dari pemegang sertifikat dan LPK-BBKKP
The result of this testing is valid for the mentioned sample, do not copy without permission of the client and LPK-BBKKP

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian *Test Report Number*	: 182/LPBBKKP/KARET/II/22
Bahan / Barang *Material/Commodity*	: Silicon Rubber
Kondisi Sampel *Sample Condition*	: Baik
Merk / Kode *Brand/Code*	: A1 (Talc biasa)
Contoh Diterima Tanggal *Date of entry*	: 21 Februari 2022
Contoh Mulai Diuji Tanggal *Starting date of analysis*	: 08 Maret 2022
Dibuat untuk *Name and Address of Client*	: **Muhammad Naufal** Fakultas Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia
Nomor BAPC *BAPC Number*	: -. -
Nomor Contoh *Sample Number*	: -
Hasil Pengujian *Test Result*	: Sebagai berikut / *As follows*

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekuatan tarik, N/mm²	1,72 ; 1,68 ; 1,63	SNI ISO 37:2015
2	Perpanjangan putus, %	175 ; 175 ; 190	SNI ISO 37:2015
3	Kekuatan sobek, N/mm	1,51 ; 1,39 ; 1,48	ISO 34-1:2015
4	Kekerasan, Shore A	30,24 ; 31,14 ; 31,54	ISO 48-4:2018

Yogyakarta, 10 Maret 2022
PLt. Kepala Bidang Pengujian, Sertifikasi, dan Kalibrasi

Metrison
NIP. 196603201993031002

F-UJI-09 Rev. 2/0

Kementerian Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
BALAI BESAR KULIT, KARET DAN PLASTIK
Jalan Sokonandi No. 9 Telp. (0274) 512929 Fax. (0274) 563655
YOGYAKARTA - 55166

No Pengujian : 183/LPBBKKP/KARET/II/22
Test Report Number

Hanya berlaku untuk contoh yang diuji, tidak diperkenankan menyalin/memperbanyak sebagian atau seluruhnya tanpa ijin dari pemegang sertifikat dan LPK-BBKKP
The result of this testing is valid for the mentioned sample, do not copy without permission of the client and LPK-BBKKP

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian *Test Report Number*	: 183/LPBBKKP/KARET/II/22
Bahan / Barang *Material/Commodity*	: Silicon Rubber
Kondisi Sampel *Sample Condition*	: Baik
Merk / Kode *Brand/Code*	: B1 (Talc coating)
Contoh Diterima Tanggal *Date of entry*	: 21 Februari 2022
Contoh Mulai Diuji Tanggal *Starting date of analysis*	: 08 Maret 2022
Dibuat untuk *Name and Address of Client*	: **Muhammad Naufal** Fakultas Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia
Nomor BAPC *BAPC Number*	: -, -
Nomor Contoh *Sample Number*	: -
Hasil Pengujian *Test Result*	: Sebagai berikut / *As follows*

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekuatan tarik, N/mm²	1,01 ; 0,98 ; 0,98	SNI ISO 37:2015
2	Perpanjangan putus, %	100 ; 100 ; 85	SNI ISO 37:2015
3	Kekuatan sobek, N/mm	1,61 ; 1,20 ; 1,21	ISO 34-1:2015
4	Kekerasan, Shore A	41,85 ; 41,74 ; 42,78	ISO 48-4:2018

Yogyakarta, 10 Maret 2022
Plt. Kepala Bidang Pengujian, Sertifikasi, dan Kalibrasi

Metrison
NIP. 196603201993031002

F-UJI-09 Rev. 2/0