

**ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN TRIBOLOGI PADA
MATERIAL POLYURETHANE SEBAGAI BAHAN
TELAPAK KAKI PALSU**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

**Nama : Putra Bagas Veryanto
No. Mahasiswa : 19525147
NIU : 1905170058**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN TRIBOLOGI PADA
MATERIAL POLYURETHANE SEBAGAI BAHAN
TELAPAK KAKI PALSU**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Putra Bagas Veryanto

No. Mahasiswa : 19525147

NIRM : 1905170058

Yogyakarta, Januari 2024

Dosen Pembimbing,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN TRIBOLOGI PADA
MATERIAL POLYURETHANE SEBAGAI BAHAN
TELAPAK KAKI PALSU**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Putra Bagas Veryanto

No. Mahasiswa : 19525147

NIU : 1905170058

Tim Penguji

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

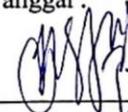
Ketua



Tanggal :

Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng.

Anggota I



Tanggal : 09/03/2024

Donny Suryawan, S.T., M.Eng.

Anggota II



Tanggal :

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik Mesin




KHAFIDH S.T., M.T.

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 yang tertulis jelas sumbernya. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pengakuan saya tidak benar serta melanggar peraturan yang sah dalam hak kekayaan intelektual maka saya bersedia menerima sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 7 Maret 2024



Putra Bagas Veryanto

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah 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 Subyantoro dan Ibu Vivit Verdina yang selama ini selalu memberikan doa yang tulus, dukungan, perhatian serta kasih sayang yang tak terhingga. Abang saya Bimo Firmansyah yang selalu menjadi penyemangat dalam mengerjakan tugas akhir ini

HALAMAN MOTTO

“Masa depan adalah milik mereka yang menyiapkannya hari ini”

“Warisan paling Istimewa untuk generasi berikutnya adalah lingkungan yang Lestari dan terjaga”

“Yakinlah kepada Allah, bermimpilah yang besar, kerja keraslah , maka kesuksesan akan datang kepadamu”

KATA PENGANTAR

Assalamua'laikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah *rabbi' 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 “Analisis Resin Polyurethane Sebagai 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. Saudara kandung penulis yaitu Bimo Firmansyah selalu mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Muhammad Khafidh S.T., M.T. Selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia dan Selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan banyak bantuan, arahan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah banyak memberikan penulis ilmu pengetahuan yang baik selama perkuliahan.
6. Seluruh teman-teman Teknik Mesin 2019 yang telah memberikan warna pada kehidupan penulis.
7. Seluruh teman-teman yang telah banyak memberi dukungan moril.

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 terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat terkhusus bagi penulis kedepannya dan umumnya bagi pembaca.

Amiin.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 13 Januari 2024



Putra Bagas Vervanto

ABSTRAK

Penyandang disabilitas fisik mempunyai keterbatasan yang sangat menyulitkan dalam melakukan aktivitas sehari-hari, terutama penyandang disabilitas pada kaki. Untuk membantu keterbatasan, penyandang disabilitas pada kaki dapat menggunakan 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. Salah satu material terpenting pada telapak kaki palsu adalah material elastomer. Penelitian ini fokus pada pengembangan material elastomer untuk produk telapak kaki palsu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan sifat mekanik dan tribologi bahan *polyurethane* A80 dan A70 dengan komposisi yang divariasikan. Hasil pengujian dibandingkan dengan produk telapak kaki palsu pasaran dari penelitian sebelumnya. Metode yang digunakan untuk penelitian adalah dengan memvariasikan rasio pencampuran resin *polyurethane* yang telah ditentukan. Material yang diproduksi dilakukan uji tribometer untuk mengetahui nilai gaya gesek dan massa aus. Pengujian mekanik yang dilakukan meliputi uji tarik, sobek dan kekerasan. Semua pengujian dilakukan dengan standar ISO yang ditentukan disetiap pengujian. Untuk hasil variasi rasio resin *polyurethane* yang paling mendekati produk pasaran adalah produk A70 1,2 : 1. Untuk pengujian mekanik, rasio tersebut memiliki keunggulan dibandingkan produk import Jerman dan Tiongkok. Sedangkan untuk pengujian tribologi rasio tersebut memiliki gaya gesek yang tinggi dan massa aus yang kecil dibandingkan dengan karet alam. Hasil uji kuat tarik menunjukkan bahwa material *polyurethane* A70 dan A80 semuanya memiliki nilai uji tarik paling tinggi dibandingkan produk impor Jerman dan Tiongkok, meskipun nilainya paling tinggi untuk produk lokal. Hasil uji tribologi pada material *polyurethane* A70 dan A80 menunjukkan bahwa *polyurethane* A70 memiliki nilai gesekan yang lebih tinggi dibandingkan A80, namun lebih banyak keausan.

Kata kunci : Disabilitas Fisik, Telapak Kaki Palsu, *Polyurethane*, Sifat Mekanik, Sifat Tribologi

ABSTRACT

People with physical disabilities have limitations that make it very difficult to carry out daily activities, especially people with disabilities in the feet. To help with limitations, people with disabilities in the feet can use prosthetic feet. There are locally made prosthetic foot products in Indonesia, but the quality is far from imported products, making users of prosthetic feet do not feel safe and comfortable. One of the most important materials in the sole of a prosthetic foot is elastomeric material. This research focuses on the development of elastomeric materials for prosthetic foot products. The purpose of this research is to determine the comparison of mechanical and tribological properties of polyurethane materials A80 and A70 with varied compositions. The test results were compared with market prosthetic foot products from previous research. The method used for research is to vary the mixing ratio of polyurethane resins that have been determined. The produced material was subjected to tribometer test to determine the value of friction force and wear mass. Mechanical tests carried out include tensile, tear and hardness tests. All tests are carried out with ISO standards specified in each test. For the results of the polyurethane resin ratio variation that is closest to the market product is the A70 1.2 product: 1. For mechanical testing, this ratio has an advantage over imported German and Chinese products. As for tribological testing, the ratio has high friction force and small wear mass compared to natural rubber. The tensile strength test results show that polyurethane A70 and A80 materials all have the highest tensile test values compared to imported German and Chinese products, although the value is the highest for local products. The tribological test results on A70 and A80 polyurethane materials show that A70 polyurethane has a higher friction value than A80, but more wear.

Keywords: *Disability, Physical, False Foot, Polyurethane, Mechanical Properties, Tribological Properties*

DAFTAR ISI

Halam Judul.....	i
Halaman Pengesahan Dosen Pembimbing.....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto.....	vi
Kata Pengantar	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Isi.....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Bab 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
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 / Protesik Kaki.....	7
2.2.3 Polyurethane.....	9
2.2.4 Karet Alam	11
2.2.5 Pengujian.....	11
Bab 3 Metode Penelitian	16
3.1 Alur Penelitian.....	16
3.2 Variasi Rasio Pecampuran Resin Polyurethane.....	17
3.3 Objek Penelitian	18

3.4	Alat dan Bahan	19
3.5	Proses Pembuatan Spesimen	22
3.6	Pengujian Sifat Mekanik	25
3.6.1	Pengujian Tarik	25
3.6.2	Pengujian Sobek	26
3.6.3	Pengujian Kekerasan	26
3.7	Pengujian Sifat Tribologi.....	27
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	30
4.1	Hasil Pengujian Mekanik.....	30
4.1.1	Uji Tarik	30
4.1.2	Uji Sobek.....	35
4.1.1	Uji Kekerasan	37
4.2	Hasil Pengujian Tribologi.....	38
4.2.1	Uji Gaya Gesek	38
4.2.2	Uji Massa Aus	39
Bab 5	Penutup	41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	42
Daftar Pustaka	43
Lampiran	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Variasi Perbandingan Material PU.....	18
Tabel 4.1. Modulus elastisitas A80 1,1 : 1.	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Telapak kaki Jerman [3].	8
Gambar 2. 2. Telapak kaki Tiongkok [3].	9
Gambar 2.3. Telapak kaki Local [3].	9
Gambar 2.4. Proses pengujian Tarik.	12
Gambar 2.5. Pengujian kekerasan [18].	13
Gambar 2.6. Pin On Disk [21].	15
Gambar 3.1. Alur penelitian.	16
Gambar 3.2. Spesimen uji tarik.	18
Gambar 3.3. Spesimen uji sobek.	19
Gambar 3.4. Spesimen uji tribometer [5].	19
Gambar 3.5. Pompa Vakum.	19
Gambar 3.6. Timbangan digital.	20
Gambar 3.7. Gelas plastik dan stik kayu.	20
Gambar 3.8. Kuas.	21
Gambar 3.9. Jangka sorong.	21
Gambar 3.10. Resin polyurethane A80.	21
Gambar 3.11. <i>Release agent</i> .	22
Gambar 3.12. Desain cetakan spesimen.	22
Gambar 3.13. Cetakan spesimen.	23
Gambar 3.14. Contoh penimbangan bahan.	23
Gambar 3.15. Proses pengandukan.	24
Gambar 3.16. Proses pengvakuman.	24
Gambar 3.17. Hasil spesimen.	25
Gambar 3.18. Bagian telapak kaki yang menerima gaya Tarik [4].	25
Gambar 3.19. Alat pengujian Tarik.	26
Gambar 3. 20. Alat pengujian kekerasan [18].	27
Gambar 3. 21. Tribometer <i>Pin on disc</i> .	27
Gambar 3.22. Pengujian Pin on disc.	28
Gambar 4. 1 Hasil uji tarik Polyurethane.	30
Gambar 4.2. Hasil uji kuat Tarik.	31
Gambar 4.3. Hasil uji perpanjangan putus.	32
Gambar 4.4. Penentuan modulus elastisitas.	33
Gambar 4.5. Hasil modulus elastisitas 1-10%.	34
Gambar 4.6. Hasil uji kuat sobek.	36
Gambar 4.7. Hasil uji kekerasan.	37
Gambar 4.8. Hasil uji gaya gesek.	38
Gambar 4.9. Hasil uji massa aus.	39

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2023, dari keseluruhan jumlah penduduk di Indonesia dengan penyandang disabilitas mencapai 22,97 juta jiwa atau sekitar 8,5% dari jumlah penduduk Indonesia, dengan jumlah disabilitas terbanyak pada usia lanjut [1]. Disabilitas tersebut meliputi disabilitas fisik (keterbatasan fisik), disabilitas sensorik, disabilitas intelektual, dan disabilitas mental.

Disabilitas fisik atau cacat fisik merupakan istilah yang merujuk pada penyandang cacat tubuh. Penyandang disabilitas fisik adalah disabilitas yang mempunyai kekurangan pada beberapa bagian tubuh yang mempengaruhi fungsi tubuh seperti gerakan. Oleh karena itu, penyandang disabilitas fisik mempunyai keterbatasan gerak karena hilangnya anggota gerak tubuh seperti tangan dan kaki. Kondisi ini dapat disebabkan oleh cacat sejak lahir, penyakit, dan kecelakaan.

Dengan adanya keterbatasan yang ada, penyandang disabilitas fisik selalu mengalami kesulitan dalam melakukan aktivitas atau pekerjaan secara normal. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi beban penyandang disabilitas fisik seperti kaki palsu.

Saat ini kebutuhan kaki palsu di Indonesia cukup tinggi, namun tingkat produksi kaki palsu di Indonesia masih sangat rendah. Salah satu bagian kaki palsu yang memiliki peran penting untuk membantu penggunanya agar dapat berjalan dengan nyaman adalah telapak kaki. [2]

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 menengah kebawah. [3].

Dengan itu, penulis ingin berusaha mendapatkan material elastomer untuk kaki palsu yang menyerupai produk telapak kaki palsu di pasaran, dari material resin polyurethane shore A70 dan A80 dengan variasi komposisi berbeda, membandingkannya dengan produk telapak kaki palsu pasaran ditinjau dari hasil sifat mekaniknya, dan dengan optimum material karet alam ditinjau dari hasil sifat tribologi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu dirumuskan permasalahan terkait telapak kaki palsu?

1. Bagaimana sifat mekanik material polyurethane shore A70 dan A80 ?
2. Bagaimana sifat tribologi material polyurethane shore A70 dan A80 ?
3. Bagaimana perbandingan sifat mekanik dan tribologi polyurethane A70 dan A80 dengan material yang sudah ada ?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Penelitian difokuskan pada pengujian beberapa material yang akan dijadikan telapak kaki palsu, dengan material utama resin polyurethane.
2. Penelitian dilakukan dengan membandingkan beberapa material yang dibuat secara mandiri dengan jenis telapak kaki palsu yang tersedia dipasaran,
3. Tidak membahas parameter mesin CNC untuk membuat cetakan specimen pengujian tarik dan sobek.
4. Pengujian sifat tribologi yaitu uji gesek dan uji massa aus dengan alat tribometer di Lab Teknik Mesin UII.

5. Pengujian sifat mekanik yaitu kuat tarik, kuat sobek dan kekerasan yang dilakukan di Balai Besar Karet, Kulit dan Plastik (BBKPP) Yogyakarta.

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui sifat mekanik material polyurethane shore A70 dan A80.
2. Mengetahui sifat tribologi material polyurethane shore A70 dan A80.
3. Mengetahui perbandingan sifat mekanik dan sifat tribologi polyurethane A70 dan A80 dengan material yang sudah ada.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sifat mekanik dan sifat tribologi dari material polyurethane.
2. Mengetahui hasil nilai pengujian sifat mekanik dan tribologi antara perbandingan dengan telapak kaki palsu pasaran dan karet alam.
3. Penelitian pada material ini dapat dianggap sebagai potensi bahan baku untuk mengembangkan telapak kaki palsu yang bersaing di pasaran.

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.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka awal yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian ini berjudul “Analisis Sifat Mekanik Material Karet Pada Telapak Kaki Palsu Lokal dan Import” oleh [4]. Penelitian tersebut meneliti material yang digunakan pada telapak kaki palsu yang tersedia dipasaran, seperti produk Jerman, produk Tiongkok, dan produk lokal. Penelitian ini bertujuan mengetahui perbandingan sifat mekanik produk telapak kaki dipasaran, dengan melakukan pengujian kekuatan tarik, pengujian sobek, pengujian tekan, dan pengujian density. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil produk Jerman unggul pada kekuatan sobek dan density, produk Tiongkok unggul pada kekuatan tekan, dan produk lokal unggul pada ketahanan tarik.

Kajian pustaka yang kedua adalah penelitian yang berjudul “Optimasi Multi Faktor pada Pembuatan Material Elastomer untuk Telapak Kaki Prostetik dari Karet Alam” oleh [5]. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik terbaik material karet alam pada telapak kaki palsu dengan melakukan pembuatan specimen dengan komposisi yang divariasikan kemudian dilakukan analisis ilmu tribologi dengan memperhatikan gaya gesek dan keausan yang terjadi pada material telapak kaki palsu.

Kajian Pustaka yang ketiga adalah penelitian berjudul “Pembuatan dan Analisis Material Karet Silikon yang Diperkuat dengan *Talc Powder* sebagai Kandidat Material Telapak Kaki Palsu” oleh [6]. Penelitian ini bertujuan untuk membuat material telapak kaki palsu yang berbahan dasar karet silikon, menambahkan variasi *talc powder* untuk mengetahui sifat mekaniknya, lalu membandingkan material karet silikon dan variasi *talc powder* dengan telapak kaki yang berada di pasaran saat ini dengan melakukan pengujian kuat tarik, pengujian perpanjangan putus, pengujian kuat sobek, dan pengujian kekerasan. Dari pengujian tersebut, spesimen karet

silikon RTV A-80 dan M-100 merupakan spesimen yang mempunyai nilai hasil pengujian yang mendekati nilai hasil pengujian produk impor dari Jerman, yang merupakan salah satu produk terbaik di pasaran Indonesia.

Kajian pustaka yang keempat adalah penelitian berjudul “Sifat Fisik Vulkanisat Karet dengan Bahan Pengisi Variasi Tanah Liat Di Berbagai Lapisan Area Tamban PT. Bukit Asam (PERSERO) TBK oleh [7]. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat fisik karet vukkanisasi dengan menggunakan berbagai bahan pengisi tanah liat lapisan di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Karet alam yang digunakan adalah RSS-1 kemudian karet tersebut dimodifikasi dan divulkanisasi dengan bahan proses lainnya di pabrik terbuka. Berdasarkan hasil penelitian kompon karet nomor 4 menggunakan JH-S69 lebih baik dibandingkan kompon karet lainnya. Dari hasil analisis sifat fisik, senyawa tersebut memenuhi SNI standar 0778:2009 untuk digunakan produk sol sepatu,

Kajian Pustaka yang kelima adalah penelitian berjudul “Studi Sifat Mekanik Vulkanisat Karet Nitril Pada Berbagai Sistem Vulkanisat Karet dan Dosis Silika Djoksida” oleh [8]. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat mekanik vulkanisat karet nitril pada berbagai dosis silika dioksida dan sistem vulkanisasi sulfur yang ditetapkan dengan mengatur rasio sulfur dengan bahan pencepat. Sifat mekanik vulkanisat karet nitril yang diuji antara lain kekerasan, kuat tarik, kemuluran, kuat sobek, dan indeks abrasi.

2.2 Dasar Teori

Dalam bagaian ini, akan dibahas beberapa konsep dasar yang menjadi dasar teori yang digunakan oleh penulis dalam melakukan penelitian, termasuk sebagai berikut.

2.2.1 Disabilitas

Menurut peraturan Undang-Undang Nomor 8 tahun 2016, penyandang disabilitas didefinisikan sebagai individu yang mengalami pembatasan fisik, intelektual, mental, dan/atau sensorik dalam waktu yang

lama. Mereka cenderung menghadapi hambatan dan kesulitan berpartisipasi sepenuhnya dan efektif dalam interaksi dengan warga negara lainnya berdasarkan prinsip kesetaraan hak. [9]. Disabilitas dibagi menjadi 5 kategori yaitu :

- Disabilitas fisik: Merujuk kepada individu yang menghadapi keterbatasan dalam mobilitas atau stamina fisik yang memengaruhi sistem otot, pernapasan, atau gangguan pada fungsi gerak.
- Disabilitas sensorik: Menunjukkan individu yang mengalami pembatasan dalam fungsi indra seperti penglihatan dan pendengaran.
- Disabilitas mental: Mengacu pada individu yang mengalami gangguan dalam fungsi pikiran, emosi, dan perilaku, sehingga terjadi keterbatasan dalam menjalankan aktivitas.
- Disabilitas intelektual: Menyiratkan individu yang mengalami gangguan dalam fungsi kognitif karena tingkat kecerdasannya berada di bawah rata-rata.
- Disabilitas multi/ganda: Merupakan kondisi di mana individu mengalami dua atau lebih jenis disabilitas secara bersamaan.

2.2.2 Telapak Kaki Palsu / Protesis Kaki

Telapak kaki palsu adalah alat pengganti pada seseorang yang mengalami kehilangan pada bagian tubuh tersebut [10]. Protesis ini dirancang khusus untuk meniru bentuk dan fungsi telapak kaki manusia dan membantu se-orang yang kehilangan sebagian atau seluruh bagian kakinya untuk bergerak dan berfungsi lebih normal.

Ada berbagai jenis bahan dasar telapak kaki palsu, dan pilihan jenis bahan protesis ini sering tergantung pada penggunaan atau kebutuhan aktivitas sehari-hari, preferensi pengguna dan teknologi produsen. Beberapa bahan dasar yang digunakan kaki palsu seperti kayu, karet, uretan, titanium, fiber glass, dan serat karbon [11]. Bahan-bahan ini biasanya digabungkan untuk mencapai kombinasi yang optimal antara kekuatan, ringan, dan kemampuan meniru gerakan dan sensasi alami kaki manusia. Setiap produsen kaki palsu mungkin mengadopsi pendekatan dan menggunakan

bahan yang berbeda-beda sesuai dengan desain dan tujuan khusus produk mereka.

Di dalam industri prostetik, telapak kaki buatan memiliki berbagai kriteria yang bervariasi. Ada berbagai jenis produk telapak kaki buatan yang tersedia, baik yang diproduksi secara lokal maupun internasional, seperti:

1. Telapak Kaki Palsu Jerman

Telapak kaki buatan dari Jerman yang dikenal dengan nama Ottobock adalah salah satu jenis kaki palsu yang banyak diperkenalkan di Indonesia. Produk kaki palsu ini mulai diperkenalkan di Indonesia pada tahun 2015. *Ottobock* menawarkan beragam produk untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang melibatkan area tubuh bagian bawah dan atas. Produk telapak kaki Jerman tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Telapak kaki Jerman [3].

2. Telapak Kaki Palsu Tiongkok

Kaki palsu buatan Tiongkok yang umumnya dikenal sebagai kaki SACH (*Single Axis Cushion Heel*) sering kali memiliki kesamaan dalam hal warna dan bentuk dengan produk dari Jerman. Namun, perbedaan utama antara produk Tiongkok dan produk Jerman terletak pada ukuran, di mana produk SACH cenderung memiliki dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan produk dari Jerman. Produk telapak kaki Tiongkok tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2. Telapak kaki Tiongkok [3].

3. Telapak Kaki Lokal

Produk telapak kaki yang diproduksi di Indonesia merupakan salah satu pilihan populer bagi konsumen yang mencari produk telapak kaki palsu. Meskipun diminati oleh banyak pelanggan sebagai produk lokal, telapak kaki ini memiliki kekurangan, seperti kekasaran pada permukaannya. Produk telapak kaki Lokal dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3. Telapak kaki Local [3].

2.2.3 Polyurethane

Polyurethane merupakan bahan *polimer* terbentuk dari reaksi antara *isocyanate* dan *polyol* yang dibuat secara sintesis dan membentuk cairan yang memiliki sifat *flexible* dan pengapliannya [12]. Jenis *Isocyanate* dan juga *Polyol* akan mempengaruhi kecepatan reaksi dan sifat dari produk akhir yang akan dihasilkan. *Polyol* memberikan fleksibilitas tinggi pada struktur polyurethane sehingga *Polyol* disebut sebagai segmen lunak dari

polyurethane. Disisi lain, *Isocyanate* akan memberikan kekakuan dan rigiditas dalam struktur polyurethane sehingga disebut segmen keras [13].

Polyurethane dapat ditemukan dalam berbagai bentuk, termasuk busa, karet, dan plastik keras. Sifat-sifatnya dapat diatur dan disesuaikan selama pembuatan, sehingga polyurethane digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk peredam suara dan pelapis, serta dalam pembuatan bahan-bahan seperti sepatu sol, rol atau roda dan selang. Kelebihan polyurethane dibandingkan dengan bahan lainnya (karet, logam, kayu, dan plastik) adalah sebagai berikut:

Kontrol Kekerasan yang Lebih Baik: Tingkat kekerasan suatu komponen sangat krusial dalam penggunaan mesin. Polyurethane memungkinkan pengaturan kekerasan dari 10 shore A hingga 95 shore A, memberikan fleksibilitas yang besar sesuai dengan persyaratan spesifik.

1. Tingkat abrasi yang tinggi: Kehadiran tingkat abrasi yang tinggi pada polyurethane menjadikan komponen yang terbuat dari bahan ini lebih tahan terhadap keausan, meningkatkan umur pakai dan ketahanan terhadap gesekan.
2. Fleksibilitas pada suhu rendah: Komponen yang terbuat dari polyurethane menunjukkan fleksibilitas yang baik pada suhu rendah (*low temperature*), memungkinkan operasionalitas pada suhu di bawah 0°C.
3. Tahan Terhadap Sobekan: Polyurethane menunjukkan kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan karet, sehingga komponen yang terbuat dari bahan ini cenderung lebih tahan terhadap sobekan, memberikan keandalan struktural yang lebih baik daripada bahan karet.

Polyurethane adalah bahan plastik yang ada dalam berbagai bentuk. Bahan ini dapat disesuaikan menjadi kaku atau fleksibel, dan merupakan bahan pilihan untuk berbagai aplikasi pengguna akhir seperti:

1. Aplikasi utama polyurethane adalah dalam produksi busa. Busa ini digunakan dalam berbagai bahan seperti kain pelapis, perabot rumah tangga, dan lembaran lemari es.

2. Polyurethane juga digunakan dalam beberapa peralatan olahraga dan pakaian.
3. Busa Polyurethane berdensitas rendah yang menunjukkan fleksibilitas banyak digunakan di kasur dan bentuk tempat tidur lainnya. Bahan ini juga digunakan di kursi mobil dan pelapis.
4. Polyurethane fleksibel juga digunakan dalam pembuatan tali dan pita elastis sebagian.
5. *Elastomer* Polyurethane berdensitas rendah banyak digunakan dalam industri alas kaki [14].

2.2.4 Karet Alam

Karet alam adalah suatu jenis elastomer yang pada asalnya berasal dari lateks yang memiliki tampilan menyerupai susu dan ditemukan dalam getah tanaman. Bentuk yang telah dimurnikan dari karet alam adalah poliisoprena kimia, yang juga dapat diproduksi secara buatan. Karet alam memiliki berbagai aplikasi dan digunakan secara luas dalam berbagai produk, serupa dengan karet sintetis. Karet alam dianggap sebagai polimer yang ideal untuk penggunaan dalam aplikasi teknik, baik yang bersifat dinamis maupun statis dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa sifat karet alam yaitu [15] :

1. Tahan terhadap suhu rendah
2. Dapat menempel pada logam
3. Memiliki daya tahan gesek dan robek yang tinggi

2.2.5 Pengujian

Pengujian adalah suatu metode yang dilakukan dalam rangka melakukan penelitian dengan tujuan memperoleh nilai dari setiap produk. Nilai tersebut dapat dibandingkan antara satu produk dengan produk lainnya, sehingga memungkinkan untuk menentukan produk mana yang memiliki nilai terbaik. Tujuan dari pengujian dalam penelitian adalah untuk mengevaluasi, menganalisis, dan menguji kebenaran pada bidang yang sudah ada sebelumnya. Berdasarkan hal diatas dilakukan beberapa pengujian .

Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

2.2.5.1 Pengujian Sifat Mekanik

Material memiliki sifat diantaranya sifat mekanik yaitu sifat yang menyatakan kemampuan suatu material / komponen untuk menerima beban, gaya dan energi. Sifat mekanik adalah kemampuan bahan untuk menerima pembebanan atau untuk menahan beban yang diterimanya baik beban statis maupun beban dinamis. [16]. Sifat ini berhubungan dengan sifat elastis, plastis, kekuatan dan kekakuan, suatu material terhadap pembebanan yang diberikan.

Pada pengujian sifat mekanik dilakukan untuk memahami karakteristik mekanik suatu material. Metode ini melibatkan pemberian beban mekanik pada bahan sampai terjadi perubahan bentuk atau deformasi plastis pada spesimen, menyebabkan perubahan bentuk dari bentuk asalnya. Berikut beberapa pengujian yang dilakukan:

1. Pengujian Tarik

Pengujian Tarik suatu metode pengujian mekanik yang mengukur respons material terhadap gaya tarik. Proses ini mencakup penilaian seberapa tahan suatu material terhadap beban tarik hingga mencapai titik putus. Berikut merupakan contoh bagaimana proses pengujian tarik berlangsung dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4. Proses pengujian Tarik.

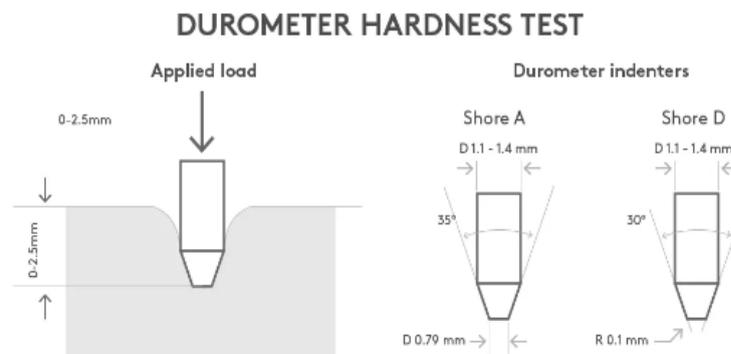
2. Pengujian Kuat Sobek

Pengujian kuat sobek adalah besarnya tenaga yang dibutuhkan

untuk menarik material sampai terputus. Dengan demikian berarti semakin besar nilai ketahanan sobek maka semakin besar tenaga yang dibutuhkan untuk menarik material hingga putus [17]

3. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah ketahanan suatu material menerima penetrasi terhadap permukaannya. Hasil dari pengujian ini umumnya menggunakan skala shore, alat uji yang digunakan dalam melakukan pengujian kekerasan adalah durometer. Durometer adalah alat yang memiliki indenter yang terhubung oleh dial indikator untuk melihat hasil dari nilai kekerasan suatu material [18]. Berikut merupakan pengujian kekerasan Durometer dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Pengujian kekerasan [18].

2.2.5.2 Pengujian Sifat Tribologi

Tribologi adalah ilmu dan teknologi interaksi permukaan padat dalam gerak relatif. Kata tribologi berasal dari kata Yunani tribos yang berarti menggosok, Walaupun istilah "tribologi" baru diakui pada tahun 1964, konsep-konsep tribologi sudah muncul sejak zaman Mesir kuno. Pada masa tersebut, para ahli tribologi menggunakan minyak untuk mempermudah pergeseran patung-patung besar. [19].

Sifat tribologi adalah sifat yang mengatur gesekan (*friction*), pelumasan (*lubrication*), dan aus (*wear*) pada suatu material. Tribologi adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat-sifat ini, dan pemborosan energi dapat dihemat dengan memahami sifat tribologi. Berikut adalah beberapa sifat yang terkait dengan tribologi:

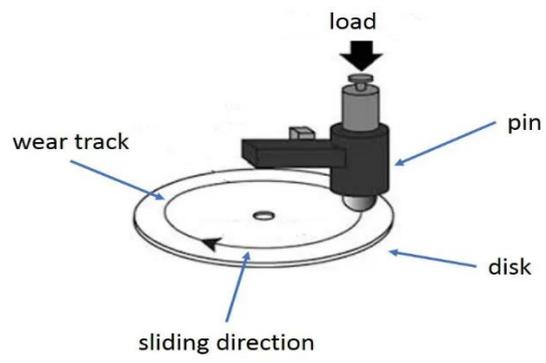
1. Gesekan

Gaya gesek adalah gaya yang berarah melawan gerak benda atau arah kecenderungan benda akan bergerak. Gaya gesek muncul apabila dua buah benda bersentuhan. Gaya gesek antara dua buah benda padat misalnya gaya gesek statis dan kinetis. Gaya gesek dapat merugikan dan juga dapat bermanfaat. Bila permukaan suatu benda saling kontak, maka permukaan bergerak terhadap benda lainnya dan menimbulkan gaya tangensial disebut gaya gesek [20].

2. Keausan

Keausan, atau yang dikenal sebagai "*wear*," merujuk pada penghilangan materi dari permukaan benda padat sebagai hasil dari gerakan mekanik. Umumnya, keausan diibaratkan sebagai kehilangan materi yang disebabkan oleh interaksi mekanik antara dua permukaan yang bergerak dalam pola geser dan terbebani. Ini adalah suatu kejadian normal ketika dua benda dengan permukaan yang bersentuhan bergesekan, menyebabkan terjadinya keausan atau perpindahan materi di antara kedua permukaan tersebut.

Alat yang sering digunakan dalam pengujian tribologi adalah Tribometer *pin on disc*. Tribometer ini terdiri dari sebuah pin yang berbentuk silinder dan *disc* dengan berbentuk piringan berdiameter. Pin on disc adalah alat dari tribotester yang digunakan untuk mengetahui gaya gesek dan aus suatu material yang saling bersentuhan [21]. Kemudian, spesimen uji dapat berbentuk *pin* atau *disc* yang terbuat dari material yang ditentukan dengan kebutuhan pengujian.3 Skematik pin on disk dapat dilihat pada Gambar 2.6 .

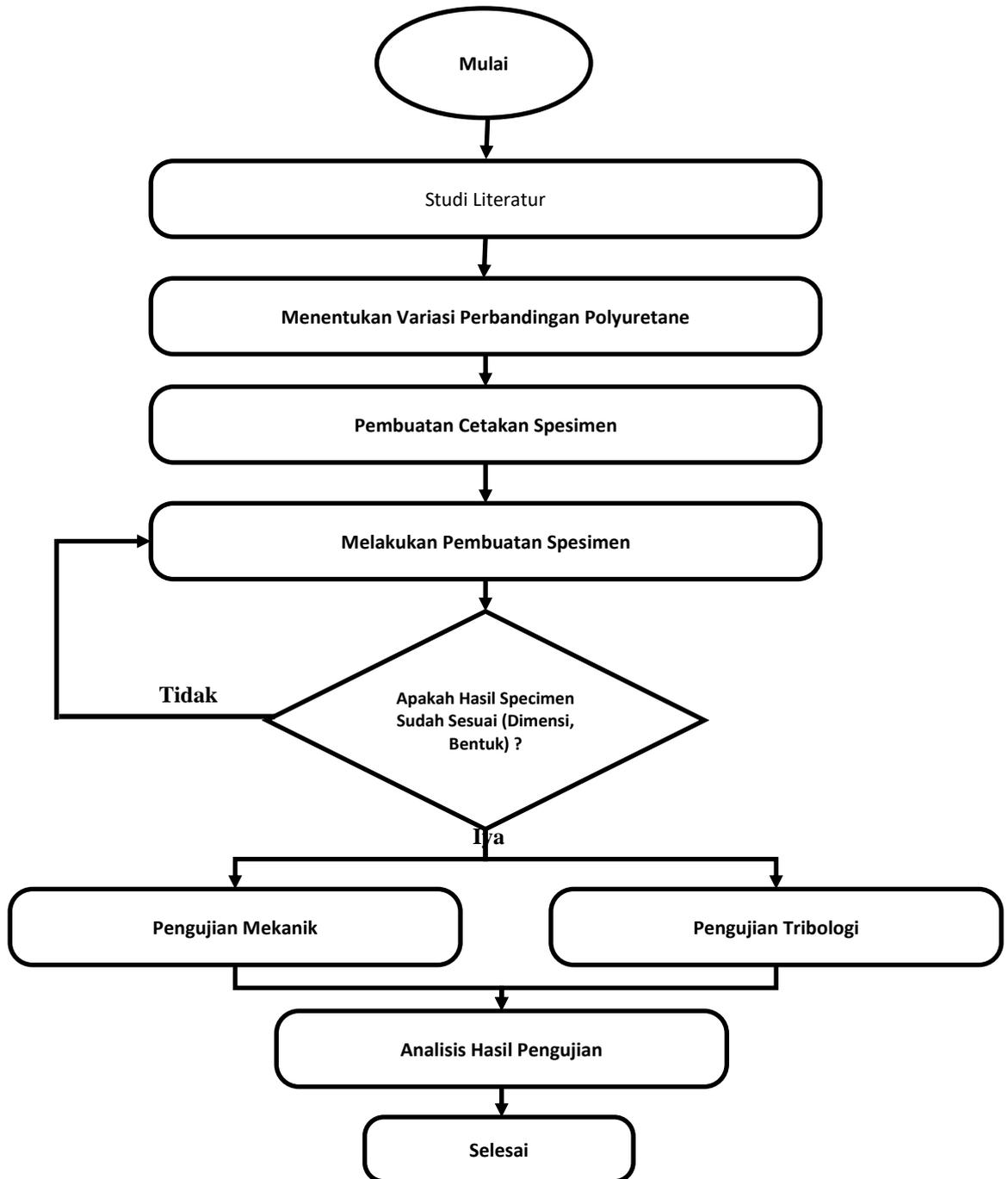


Gambar 2.6. *Pin On Disk* [21].

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1. Alur penelitian.

Penelitian dilakukan diawali dengan studi literatur terkait materi dan teori yang akan digunakan dalam penelitian ini seperti halnya materi yang menyangkut tentang resin polurethane, sifat mekanik dan sifat tribologi. Setelah mendapat pengetahuan terkait teori yang dibutuhkan maka selanjutnya dapat dilakukan penentuan variasi perbandingan polyurethane untuk pembuatan spesimen uji.

Pada penelitian ini specimen uji dibuat dari material resin polyurethane, material ini dipesan melalui toko online. Ketika proses pengerasan material resin polyurethane akan menghasilkan panas. Suhu panas tersebut sekitar 80°C, maka dari itu dibutuhkan cetakan specimen uji yang tahan terhadap panas. Cetakan specimen uji dibuat menggunakan material plat aluminium dengan ketebalan 9 mm dengan proses permesinan CNC.

Cetakan digunakan sebagai wadah resin Polyurethane yang bentuknya menyesuaikan dimensi *standart* uji sifat mekanik dan alat uji tribometer. Jika specimen yang dibuat sudah sesuai dimensi dan bentuknya maka dapat dilanjutkan ke tahapan pengujian sifat mekanik dan sifat tribologi.

Pengujian sifat mekanik dilakukan untuk mendapatkan nilai uji tarik, uji sobek, dan uji kekerasan. Pada pengujian sifat tribologi didapatkan hasil nilai gaya gesek dan massa aus. Data nilai hasil pengujian tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui variasi yang terbaik dengan dibandingkan dengan produk pasaran untuk sifat mekanik dan karet alam untuk sifat tribologi.

3.2 Variasi Rasio Pecampuran Resin Polyurethane

Dalam penelitian ini, terdapat dua varian resin Polyurethane yang berbeda, yakni resin polyurethane shore A70 dan resin polyurethane shore A80. Kedua jenis Polyurethane ini memiliki dua komponen utama, yaitu komponen Polyurethane (A) dan pengeras (B), atau disingkat sebagai A:B. Pemilihan rasio pencampuran dibuat berbeda untuk masing-masing jenis,

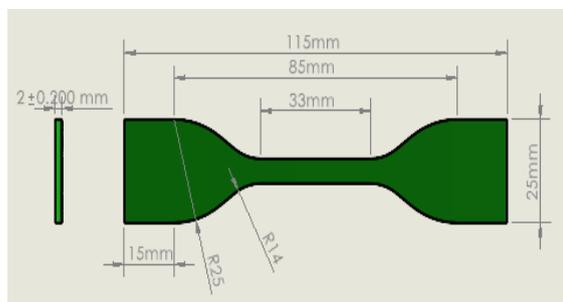
dengan tujuan mencapai rasio pencampuran yang menghasilkan nilai terbaik (Rasio campuran *standart* yang dianjurkan oleh toko adalah 1:1). Variasi perbandingan komposisi material polyurethane yang digunakan, ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Variasi Perbandigan Material PU.

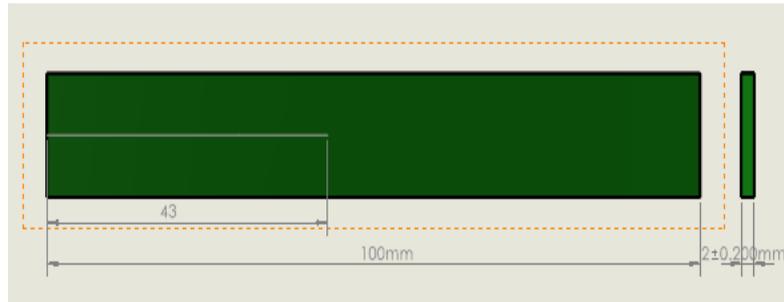
Resin Polyurethane	Perbandingan	Keterangan
Shore A70 (A:B)	1,1 : 1	11 : 10 gram
	1,2 : 1	12 : 10 gram
	1,3 : 1	13 : 10 gram
Shore A80 (A:B)	0,9 : 1	9 : 10 gram
	1 : 1	10 : 10 gram
	1,1 : 1	11 : 10 gram

3.3 Objek Penelitian

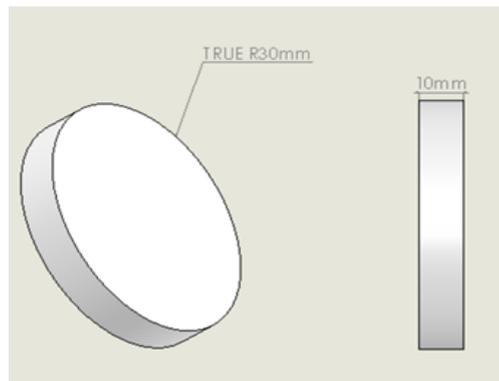
Objek penelitian ini adalah resin polyurethane shore A70 dan A80 dengan variasi komposisi yang telah ditentukan, kemudian dibuat specimen uji untuk mengetahui nilai hasil sifat mekaniknya dan sifat tribiloginya. Adapaun bentuk specimen yang akan diuji dapat dilihat. Adapun bentuk spesimen yang akan diuji dapat dilihat pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, dan Gambar 3.4 .



Gambar 3.2. Spesimen uji tarik.



Gambar 3.3. Spesimen uji sobek.



Gambar 3.4. Spesimen uji tribometer [5].

3.4 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini terdapat alat dan bahan yang digunakan pada proses penelitian. Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan.

1. Pompa Vakum

Berfungsi sebagai alat penyedot udara dengan tujuan untuk menghilangkan gelembung yang terdapat dalam campuran material. Vakum udara dapat dilihat pada Gambar 3.5 .



Gambar 3.5. Pompa Vakum.

2. Timbangan

Befungsi untuk menimbang atau mengukur setiap material sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan sebelumnya yang ditunjukkan pada Gambar 3.6 .



Gambar 3.6. Timbangan digital.

3. Gelas Plastik dan Stik Kayu

Gelas plastik befungsi sebagai wadah untuk mencampur tiap material dan stik kayu sebagai alat bantu pengadukanya. Ditunjukkan pada Gambar 3.7 .



Gambar 3.7. Gelas plastik dan stik kayu.

4. Kuas

Kuas merupakan alat yang digunakan untuk memudahkan mengoles release agent pada cetakan yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 .



Gambar 3.8. Kuas.

5. *Venier Calipper*

Alat pada gambar 3.9 ini digunakan untuk mengukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi dari spesimen yang digunakan.



Gambar 3.9. Jangka sorong.

6. Resin Polyurethane Shore A70 dan A80

Sebagai material utama dalam pembuatan specimen. Terdapat dua jenis material resin Polyurethane yaitu *shore A70* dan *A80*. Ditunjukkan pada Gambar 3.10



Gambar 3.10. Resin polyurethane A80.

7. *Release Agent*

Pada gambar 3.11 release agent berfungsi untuk pelumas cetakan agar tidak lengket. Cairan formula khusus yang berfungsi untuk melumasi moulding dan mencegah agar cetakan tidak menempel pada *mould*.

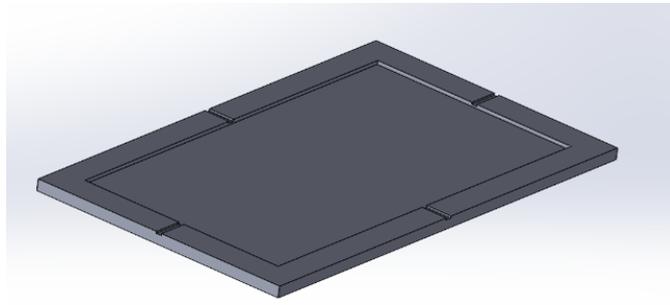


Gambar 3.11. *Release agent.*

3.5 Proses Pembuatan Spesimen

Pembuatan specimen uji dilakukan dengan maksud untuk mengidentifikasi sifat mekanik dan tribologi dari material penelitian ini, yang berasal dari polyurethane, untuk aplikasi selanjutnya pada pembuatan produk telapak kaki prostetik. Berikut merupakan langkah-langkah dalam proses pembuatan specimen uji:

1. Membuat desain cetakan specimen uji menggunakan *software Solidworks*.



Gambar 3.12. Desain cetakan specimen.

2. Membuat cetakan specimen. Dikarenakan resin polyurethane saat proses mengeras akan menghasilkan suhu panas maka cetakan dibuat dengan bahan aluminium dengan proses permesinan CNC. Cetakan specimen dapat dilihat pada Gambar 3.13



Gambar 3.13. Cetakan spesimen.

- Persiapkan seluruh peralatan dan bahan yang diperlukan dalam proses pembuatan specimen. Siapkan bahan dengan perbandingan komposisi yang telah ditentukan sebelumnya sesuai dengan Tabel 3.1 . Pengukuran perbandingan komposisi bahan yang telah ditentukan menggunakan timbangan digital yang ditunjukkan pada Gambar 3.14. Sebagai contoh resin polyurethane shore A80 variasi 1,1 : 1 berarti resin A yang digunakan 22 gram maka resin B yang digunakan sebanyak 20 gram.



Gambar 3.14. Contoh penimbangan bahan.

- Campurkan resin A dan resin B di gelas plastic yang sudah disiapkan kemudian aduk hingga merata menggunakan stik kayu. Ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15. Proses pengandukan.

9. Pengaplikasian release agent pada cetakan spesimen menggunakan kuas.
10. Masukkan resin polyurethane kedalam cetakan specimen.
11. Masukkan resin polyurethane yang sudah didalam cetakan specimen kedalam vakum udara yang bertujuan untuk menghilangkan gelembung udara pada resin polyurethane. Seperti yang ditunjukkan Gambar 3.16 .



Gambar 3.16. Proses pengvakuman.

12. Keluarkan cetakan dari mesin vakum udara kemudian diamkan selama 4-6 jam untuk proses pengerasan. Setelah resin polyurethane keras secara merata, lalu lepaskan resin polyurethane dari cetakan. Hasil spesimen yang telah mengeras ditunjukkan pada Gambar 3.17 .



Gambar 3.17. Hasil spesimen.

3.6 Pengujian Sifat Mekanik

3.6.1 Pengujian Tarik

Pengujian Tarik yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat Tinius Olsen H25K dapat dilihat pada Gambar 3.19 . Pengujian Tarik ini dilakukan untuk mengetahui hasil nilai kekuatan uji Tarik pada material polyurethane *shore* A70 dan A80. Pengujian tarik ini menggunakan standar SNI ISO 37:2015 (*dumb-bell*). Pengujian Tarik menghasilkan informasi mengenai kekuatan Tarik maskimal yang dapat ditanggung oleh material, selain itu juga mencakup persentase perpanjangan putus. Latar belakang pengujian ini adalah terletak pada pengamatan terhadap respon telapak kaki terhadap gaya tarik sebagaimana dapat terlihat dalam Gambar 3.18 .



Gambar 3.18. Bagian telapak kaki yang menerima gaya Tarik [4].



Gambar 3.19. Alat pengujian Tarik.

3.6.2 Pengujian Sobek

Pengujian sobek yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat Tinius Olsen H25K dapat dilihat pada Gambar 3.19 . Tujuan pengujian sobek ini untuk mendapatkan hasil nilai kekuatan uji sobek pada material polyurethane *shore* A70 dan A80. Pengujian sobek ini menggunakan standar SNI ISO 34-1 :2015. Pengujian sobek dilatarbelakangi oleh penggunaan telapak kaki saat berjalan dan kemungkinan terpapar pada benda tajam yang dapat menyebabkan sobekan. Oleh karna itu, pengujian ini bertujuan untuk menilai ketahanan material terhadap sobekan, terutama dalam konteks paparan terhadap benda tajam.

3.6.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat Bareis Durometer. Pengujian kekerasan ini menggunakan standar ISO 48-4 :2018. Pengujian ini dilatarbelakangi oleh peristiwa ketika telapak kaki berjalan dan terpapar pada benda asing, menyebabkan terbentuknya bekas pada material. Oleh karena itu, tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi Tingkat kekerasan material pada kaki palsu, khususnya dalam konteks interaksi dengan berbagai permukaan dan benda asing. Pada Gambar 3.19 adalah alat khusus untuk menguji kekerasan karet.



Gambar 3. 20. Alat pengujian kekerasan [18].

3.7 Pengujian Sifat Tribologi

Pengujian sifat tribologi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat Tribometer *Pin On Disk* Ducom. Alat ini digunakan untuk mengukur kuantitas tribologi yang terdiri dari koefisien gesek, gaya gesek dan volume dari keausan antara dua material yang saling kontak. *Pin on disk* merupakan suatu jenis alat uji tribology, Dimana gesekan yang terjadi antara disk dengan pin. Pin dalam keadaan diam dan disk berputar dengan kecepatan tertentu sehingga menimbulkan gesekan [22]. Alat uji tribometer *pin on disc* dapat dilihat pada Gambar 3.21 dan proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.22 .



Gambar 3. 21. Tribometer *Pin on disc*.



Gambar 3.22. Pengujian *Pin on disc*.

Spesimen uji yang digunakan dalam pengujian ini memiliki bentuk disk dengan diameter 60mm dan tinggi 10mm, sebagaimana. Selama proses pengujian, disc akan diputar oleh motor servo, dan di atasnya akan ditempatkan sebuah pin dengan beban yang telah ditentukan sebelumnya. Pin yang digunakan dalam pengujian ini berbentuk bola dengan diameter 10mm. Pada pengujian ini, beberapa parameter perlu diatur, termasuk:

1. Kecepatan putar : 200 Rpm
2. Waktu pengujian : 8 menit
3. Wear track : 30 mm
4. Beban (*Load*) : 5 N

Pemilihan beban didasarkan pada penelitian sebelumnya [23], yang menggunakan bentuk pin silinder berdiameter 10mm dengan beban besar sebesar 7N. Asumsi-asumsi tertentu digunakan, di antaranya adalah bahwa pada kondisi *midfoot loading*, berat yang ditumpu pada kaki adalah setengah dari berat tubuh [24]. Luas permukaan kaki yang bersentuhan pada kondisi *midfoot loading* diperkirakan sebesar 54 cm² [25]. Selanjutnya, beban yang diaplikasikan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$P = \frac{F}{A}$$

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

$$P = 92592.59259 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$F = P \cdot A$$

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

$$F = 7.3 \text{ N} \sim 7 \text{ N}$$

Dalam penelitian ini, digunakan pin berbentuk bola. Oleh karena itu, luas permukaan yang akan berkontak dengan disk selama pengujian dapat dihitung dengan menggunakan *Hertz Theory*. Namun, disadari bahwa persamaan *Hertz Theory* memerlukan nilai gaya, yang sulit untuk dihitung dalam konteks ini. Jika perhitungan dilakukan, nilai beban yang diperoleh akan sangat kecil karena hanya ujung bola yang akan bersentuhan dengan disc selama pengujian.

Selain itu, terdapat kendala bahwa jika beban terlalu kecil, data pengujian akan menjadi tidak *valid* karena material yang diuji bersifat elastis, sehingga dapat menyebabkan pantulan pada pin bola. Oleh karena itu, dipilih beban sebesar 5 N agar pengujian yang dilakukan tetap *valid* dan relevan, mengingat luas permukaan yang berkontak hanya pada ujung bola pin [5].

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Mekanik

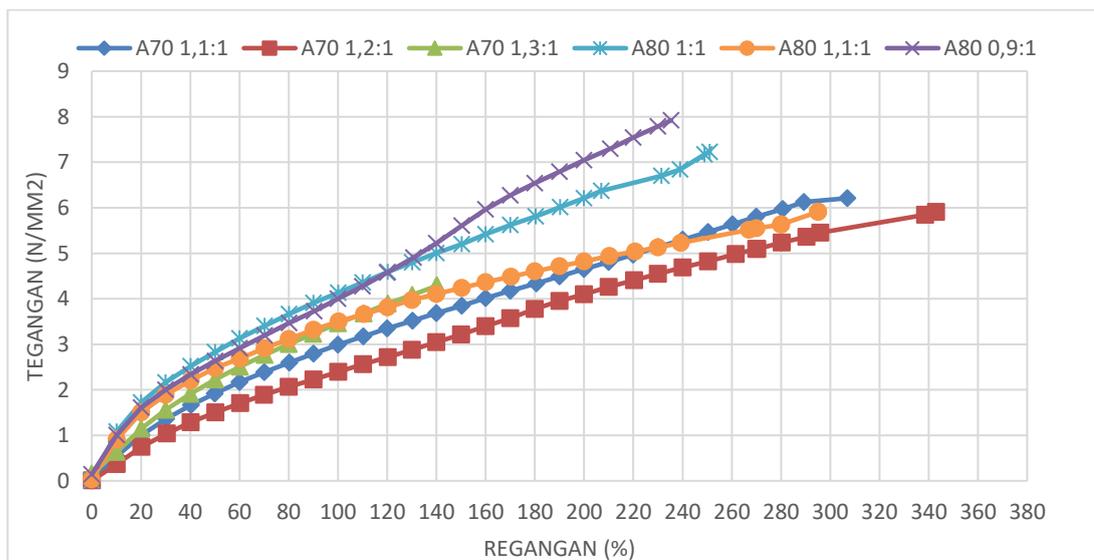
Setelah dilakukan pengujian maka didapatkan hasil dari pengujian sifat mekanik yaitu uji tarik, uji sobek, dan kekerasan yang terjadi pada tiap variasi komposisi yang ditentukan. Pada hasil pengujian mekanik Berikut hasil pengujian sifat mekanik dari produk telapak kaki palsu pasaran yang sebelumnya telah dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh [4] akan dibandingkan dengan hasil pada penelitian ini. Sehingga didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

4.1.1 Uji Tarik

Pengujian tarik digunakan untuk mendapatkan tiga hasil parameter yaitu kekuatan material menahan beban maksimal, yang kedua adalah kemampuan material dalam merenggang sampai material mengalami perpanjangan putus, dan ketiga adalah modulus elastisitas 1-10%. Berdasarkan hal tersebut didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Hasil Pengujian Uji Tarik Material

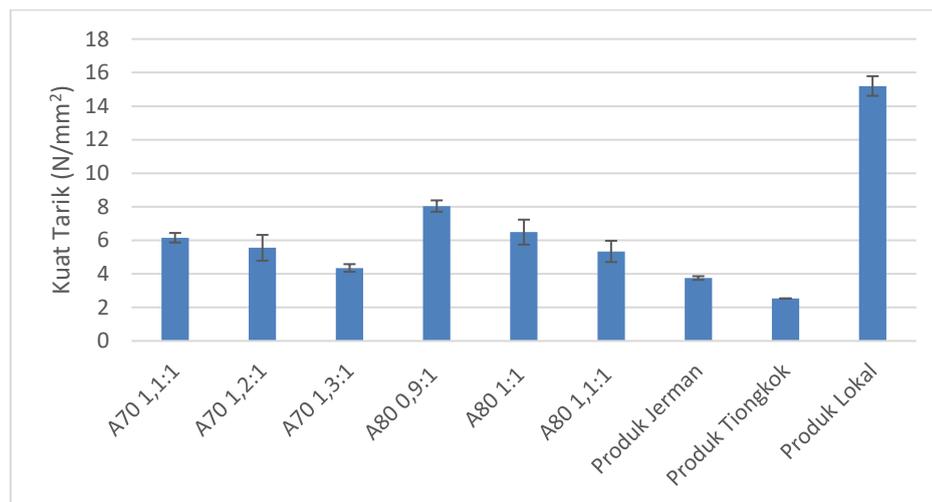
a) Hasil Uji Tarik Polyurethane



Gambar 4.1. Hasil uji tarik Polyurethane

Setelah dilakukan pengujian uji tarik material Polyurethane A70 dan A80 didapatkan hasil rata-rata tegangan regangan putus dari 3 pengulangan yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berikut hasil pada produk A70 1,1 : 1 didapatkan tegangan regangan putus dengan nilai rata-rata $6,209 \pm 0,26$ N/mm² dan $307\% \pm 39\%$, produk A70 1,2 : 1 dengan nilai rata-rata sebesar $6,023 \pm 0,72$ N/mm² dan $379 \pm 83\%$, produk A70 1,3 : 1 dengan nilai rata-rata sebesar $4,29 \pm 0,23$ N/mm² dan $140 \pm 48\%$, produk A80 0,9 : 1 dengan nilai rata-rata sebesar $8,33 \pm 0,34$ N/mm² dan $256 \pm 14\%$, produk A80 1 : 1 dengan nilai rata-rata sebesar $7,23 \pm 0,75$ N/mm² dan $251 \pm 49\%$, dan produk A80 1,1 : 1 dengan nilai rata-rata sebesar $5,915 \pm 0,63$ N/mm² dan $295 \pm 59\%$,

b) Perbandingan Hasil Uji Kuat Tarik

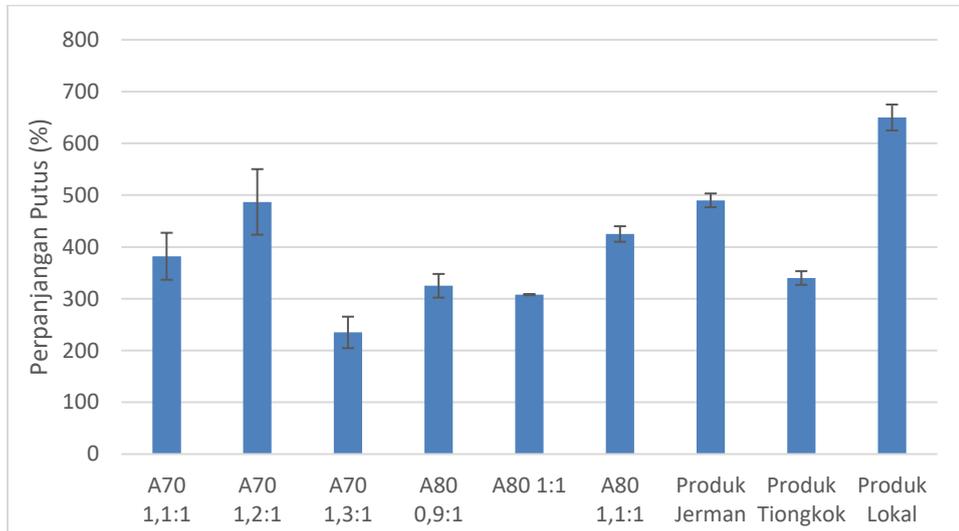


Gambar 4.2. Hasil uji kuat Tarik.

Bedasarkan pengujian kuat tarik yang dilakukan pada gambar 4.7 , didapat hasil kuat tarik maksimal yang dapat diterima produk, berikut hasil kuat tarik A70 1,1:1 $6,153 \pm 0,284$ N/mm², produk A70 1,2:1 sebesar $5,553 \pm 0,768$ N/mm², produk A70 1,3:1 sebesar $4,351 \pm 0,227$ N/mm², produk A80 0,9:1 sebesar $8,04 \pm 0,340$ N/mm², produk A80 1:1 sebesar $6,487 \pm 0,745$ N/mm², produk A80 1,1:1 sebesar $5,338 \pm 0,633$ N/mm², produk Jerman sebesar $3,75 \pm 0,11$ N/mm², produk Tiongkok sebesar $2,53 \pm 0,005$ N/mm², dan produk lokal sebesar $15,2 \pm 0,585$ N/mm².

2. Kemampuan Uji Perpanjangan Putus

Perpanjangan putus adalah penambahan panjang suatu potongan uji bila diregangkan sampai putus dinyatakan dengan % dari panjang potongan uji sebelum diregangkan.



Gambar 4.3. Hasil uji perpanjangan putus.

Bedasarkan pengujian perpanjangan putus yang dilakukan pada gambar 4.8 , didapat hasil perpanjangan putus maksimal yang dapat diterima produk, berikut hasil perpanjangan putus produk A70 1,1:1 sebesar $382 \pm 45,36\%$. Sementara itu, produk A70 1,2:1 sebesar $487 \pm 63,31\%$, produk A70 1,3:1 sebesar $235 \pm 30,41\%$, produk A80 0,9:1 sebesar $325 \pm 22,91\%$, produk A80 1:1 sebesar $308 \pm 27,53\%$, produk A80 1,1:1 sebesar $425 \pm 15\%$, produk Jerman sebesar $490 \pm 13,22\%$, produk Tiongkok sebesar $340 \pm 13,22\%$, dan produk lokal sebesar $650 \pm 25\%$.

3. Modulus Elastisitas 1-10%

Modulus elastisitas adalah ukuran ketahanan bahan terhadap deformasi elastis [26]. Hasil uji tegangan tarik (modulus 1-10%) terhadap material bertujuan untuk mengetahui besarnya beban yang diperlukan untuk merengangkan material sampai perpanjangan tarik tertentu. Dari kurva Polyurethane A80 1,1:1 pengulangan 1 hasil tegangan-regangan dapat digunakan untuk menentukan modulus elastisitas seperti dilihat pada Gambar 4.9 dan Persamaan 4.1 .

(4.1)

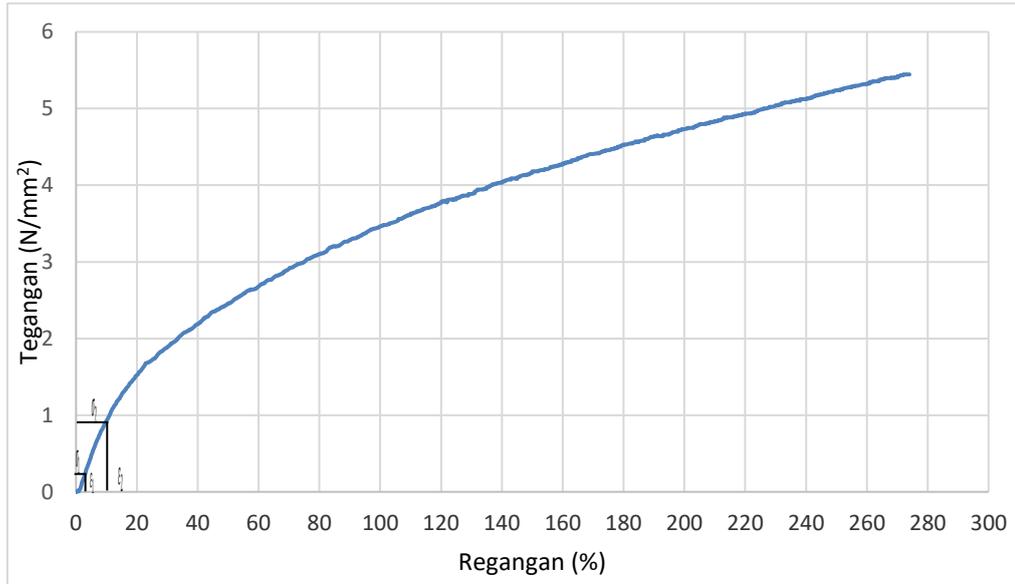
$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

Dimana :

E = Modulus Elastisitas (MPa)

σ = Tegangan (N/mm²)

ε = Regangan (%)



Gambar 4.4. Penentuan modulus elastisitas.

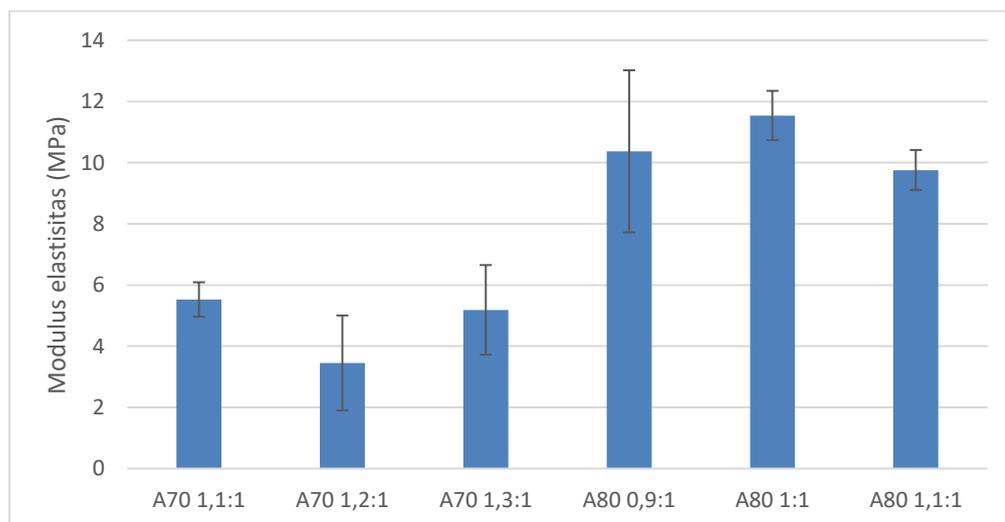
$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas : } E &= \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \\ &= \frac{(0,93195 - 0,0271737)}{(10,1 - 1,14)\%} \\ &= \frac{0,9047763}{0,0896} \\ &= 10,09 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya nilai modulus elastisitas spesimen polyurethane A80 1,1 : 1 dapat dilihat pada Tabel 4.1 .

Tabel 4.1. Modulus elastisitas A80 1,1 : 1.

E (A80 1,1 : 1)	Rata-Rata	Standar Deviasi
Pengulangan 1 $E = 10,09$	9,759	0,65
Pengulangan 2 $E = 9,004$		
Pengulangan 3 $E = 10,17$		

Dari perhitungan yang telah dilakukan, maka didapatkan data hasil Modulus elastisitas pada material Polyurethane seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.10 .



Gambar 4.5. Hasil modulus elastisitas 1-10%.

Dari Gambar 4.5 , dapat disimpulkan bahwa rasio yang menunjukkan sifat elastomer adalah A70 1,2:1, dengan nilai rata-rata sebesar $3,454 \pm 1,55$ MPa. Sementara itu, A70 1,1:1 memiliki nilai sebesar $5,528 \pm 0,56$ MPa, A70 1,3:1 sebesar $5,188 \pm 1,46$ MPa, A80 0,9:1 sebesar $10,370 \pm 2,65$ MPa, A80 1:1 sebesar $11,54 \pm 0,80$ MPa, dan A80 1,1:1 sebesar $9,759 \pm 0,65$ MPa.

Bedasarkan hasil pengujian kuat tarik pada Gambar 4.2 bahwa

material Polyurethane A70 dan A80, memiliki tren nilai menurun seiring penambahan komposisi komponen A. Pengaruh penambahan Komponen A pada perbandingan komposisi menghasilkan nilai kuat tarik lebih rendah dibandingkan dengan perbandingan komposisi komponen A yang lebih sedikit. Dari hasil ini, terlihat bahwa material produk lokal menunjukkan kuat tarik tertinggi. Sedangkan itu, pada Polyurethane, Material polyurethane A80 dengan perbandingan 0,9 : 1 memiliki kuat tarik yang cukup tinggi.

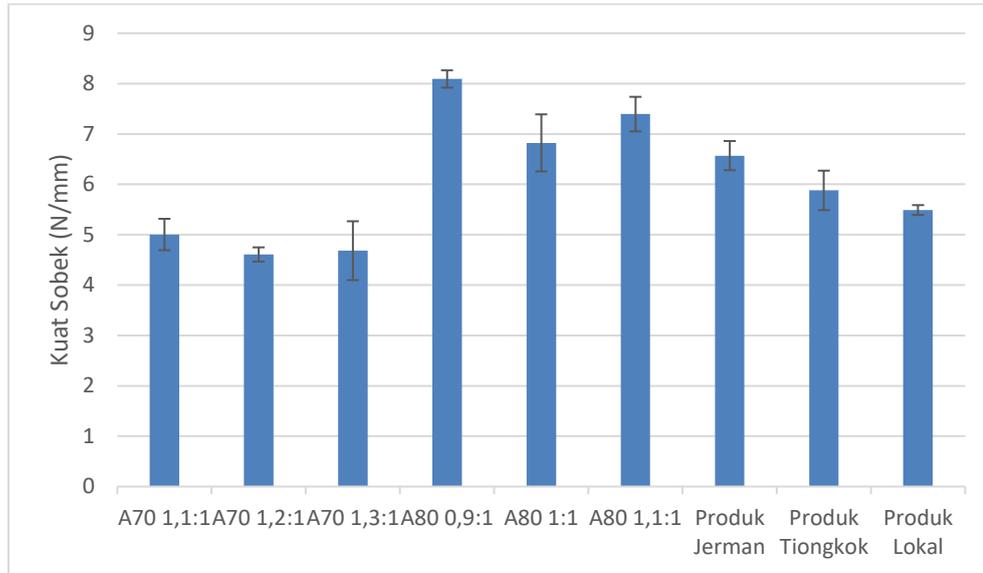
Dari hasil pengujian perpanjangan putus pada Gambar 4.3 , terlihat bahwa material Polyurethane A70 dengan perbandingan 1,2 : 1 memiliki nilai tertinggi diantara produk Polyurethane lainnya, yakni sebesar 487%, nilai tersebut hampir mendekati produk Jerman sebesar 490%.

Berdasarkan hasil modulus elastisitas pada Gambar 4.5 bahwa yang menunjukkan sifat elastomer terbaik adalah material Polyurethane A70 dengan perbandingan 1,2 : 1 dengan nilai-rata 3,454. Dalam konteks ini, semakin rendah nilai modulus elastisitas, semakin elastis material tersebut.

Produk Jerman merupakan salah satu produk terbaik yang ada pada pasaran saat ini, maka nilai hasil pengujian dijadikan sebagai patokan. Pada material buatan mandiri yang nilai hasil uji kuat tarik dan perpanjangan putus paling mendekati adalah A70 dengan perbandingan 1,2 : 1 dan 1,3 : 1

4.1.2 Uji Sobek

Ketahanan sobek adalah parameter untuk mengetahui sejauh mana ketahanan material terhadap sobekan atau kerusakan. Tingkat ketahanan sobek yang tinggi menunjukkan kemampuan untuk menciptakan telapak kaki palsu yang semakin baik. Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.6. Hasil uji kuat sobek.

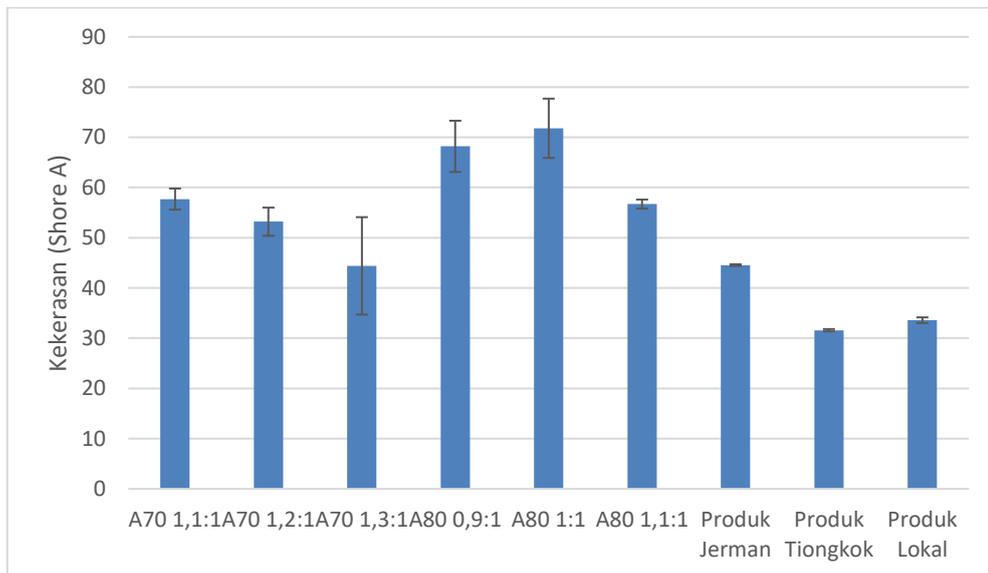
Bedasarkan pengujian kuat sobek yang dilakukan pada gambar 4.6, diperoleh hasil kuat sobek maksimal yang dapat diterima produk, berikut hasil uji kuat produk A70 1,1:1 sebesar $5,004 \pm 0,312\text{N/mm}^2$, produk A70 1,2:1 sebesar $4,608 \pm 0,141\text{N/mm}^2$, produk A70 1,3:1 sebesar $4,684 \pm 0,584\text{N/mm}^2$, produk A80 0,9:1 sebesar $8,092 \pm 0,172\text{N/mm}^2$, produk A80 1:1 sebesar $6,823 \pm 0,567\text{N/mm}^2$, produk A80 1,1:1 sebesar $7,39 \pm 0,343\text{N/mm}^2$, produk Jerman sebesar $6,57 \pm 0,29\text{N/mm}^2$, produk Tiongkok sebesar $5,88 \pm 0,392\text{N/mm}^2$, dan produk lokal memiliki ketahanan sobek sebesar $5,49 \pm 0,098\text{N/mm}^2$.

Dari hasil pengujian uji kuat sobek pada Gambar 4.6, bahwa Polyurethane A80 dengan perbandingan 0,9 : 1 menunjukkan kuat sobek tertinggi, sementara produk A70 dengan perbandingan 1,2 : 1 menunjukkan kuat sobek terendah diantara produk-produk A70 yang diuji. Produk dari Jerman juga menunjukkan kuat sobek signifikan, sedangkan produk lokal menunjukkan kuat sobek yang lebih rendah dibandingkan dengan produk pasaran lain yang diuji. Variasi dalam hasil ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor seperti komposisi material, proses pembuatan, dan kondisi pengujian.

Produk Jerman merupakan salah satu produk terbaik yang ada pada pasaran saat ini, maka nilai hasil pengujianya dijadikan sebagai patokan. Pada material buatan mandiri yang nilai hasil uji kuat sobek paling mendekati

adalah A80 dengan perbandingan 1 : 1 dan 1,1 : 1.

4.1.1 Uji Kekerasan



Gambar 4.7. Hasil uji kekerasan.

Dari hasil pengujian pengujian kekerasan yang dilakukan pada gambar 4.7 , didapatkan hasil uji kekerasan maksimal yang dapat diterima produk, berikut hasil uji kekerasan produk A70 1,1:1 sebesar $57,7 \pm 2,1$ Shore A, produk A70 1,2:1 sebesar $53,2 \pm 2,8$ Shore A, produk A70 1,3:1 sebesar $44,4 \pm 9,7$ Shore A, produk A80 0,9:1 sebesar $68,2 \pm 5,1$ Shore A, produk A80 1:1 sebesar $71,8 \pm 5,9$ Shore A, produk A80 1,1:1 sebesar $56,7 \pm 0,9$ shore A, produk Jerman sebesar $44,547 \pm 0,173$ Shore A, produk Tiongkok sebesar $31,583 \pm 0,237$ Shore A, dan produk lokal sebesar $33,58 \pm 0,571$ Shore A.

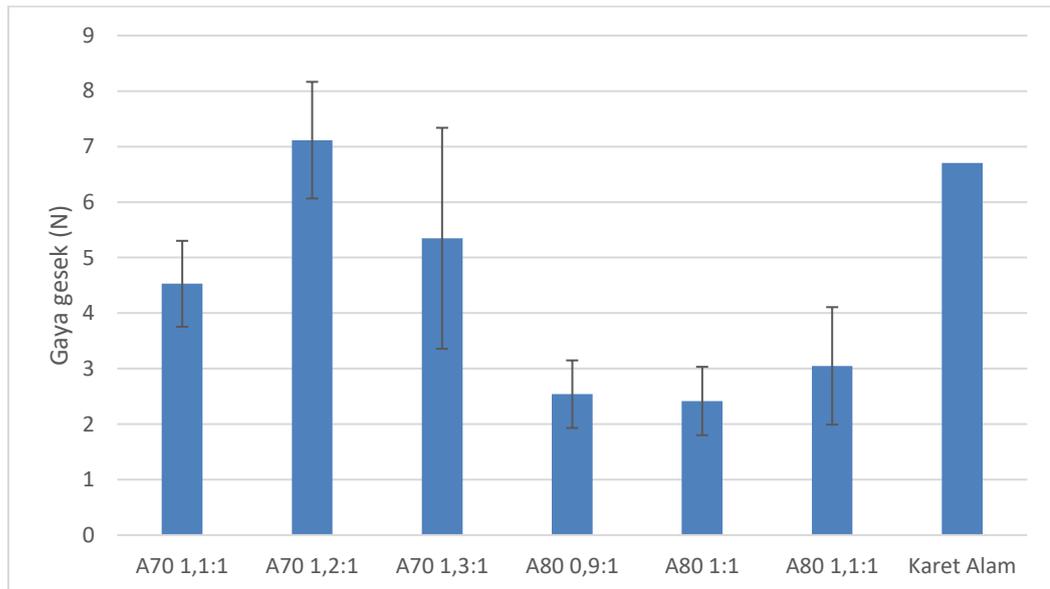
Berdasarkan hasil uji kekerasan pada Gambar 4.7 , bahwa Polyurethane A70 dan A80 memiliki rentang kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan produk dari Jerman, Tiongkok, dan lokal. Pada Polyurethane, material A80 dengan perbandingan 1 : 1 memiliki kekerasan tertinggi, sedangkan material A70 dengan perbandingan 1,3 : 1 memiliki kekerasan terendah. Produk dari Tiongkok memiliki kekerasan paling rendah dari produk pasaran, sedangkan produk lokal memiliki kekerasan yang sedikit lebih tinggi daripada produk Tiongkok, tetapi masih di bawah Polyurethane A70 dan A80.

Produk Jerman merupakan salah satu produk terbaik yang ada pada pasaran saat ini, maka nilai hasil pengujianya dijadikan sebagai patokan. Pada material buatan mandiri yang nilai hasil uji kekerasan paling mendekati adalah A70 dengan perbandingan 1,3 : 1 dan 1,2 : 1.

4.2 Hasil Pengujian Tribologi

Pengujian sifat tribologi dengan alat tribometer pada produk telapak kaki palsu yang berada dipasaran, telah dilakukan penelitian sebelumnya oleh [5]. Hasil penelitian sebelumnya tersebut akan dibandingkan dengan hasil yang dilakukan pada penelitian ini. Sehingga didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

4.2.1 Uji Gaya Gesek



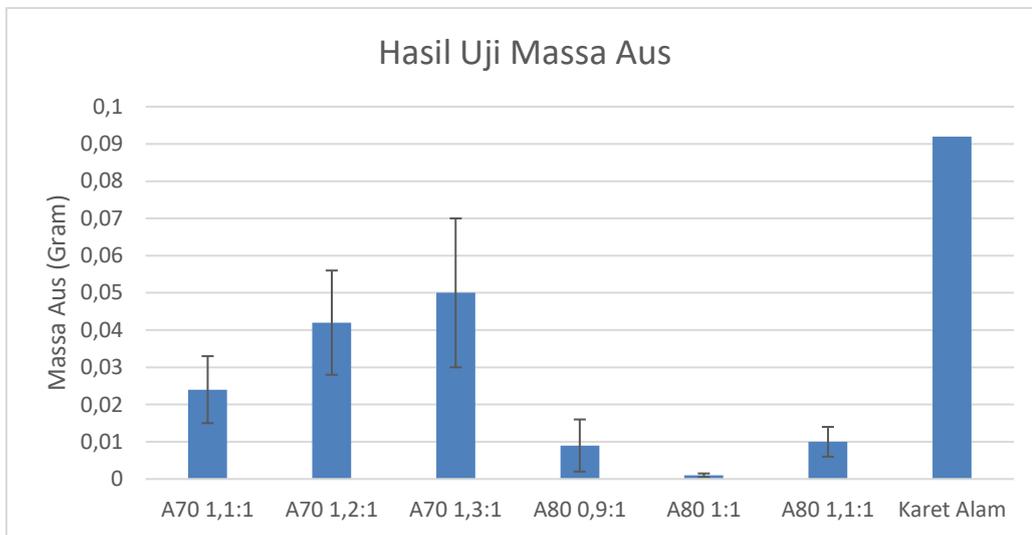
Gambar 4.8. Hasil uji gaya gesek.

Bedasarkan pengujian gaya gesek metode *pin on disc* pada gambar 4.8 , didapat hasil gaya gesek produk A70 $4,528 \pm 0,744$ N, produk A70 1,2:1 sebesar $7,115 \pm 1,05$ N, produk A70 1,3:1 sebesar $5,347 \pm 1,991$ N, produk A80 0,9:1 sebesar $2,539 \pm 0,609$ N, produk A80 1:1 sebesar $2,416 \pm 0,616$ N, produk A80 1,1:1 sebesar $3,049 \pm 1,058$ N, dan produk karet alam sebesar 6,703 N.

Bedasarkan hasil gaya gesek pada gambar 4.8 , bahwa material

Polyurethane A70 dan A80 tampaknya memiliki gaya gesek bervariasi tergantung pada rasio campuran. Semakin tinggi rasio campurannya, maka semakin tinggi gaya geseknya, meskipun tidak konsisten dalam semua kasus. Ini menunjukkan bahwa komposisi atau perbandingan bahan dalam material A70 dan A80 mempengaruhi kinerja geseknya. Dari analisis diatas, dapat disimpulkan bahwa material A70 dengan perbandingan 1,2 : 1 memiliki nilai gaya gesek tertinggi, diikuti oleh produk karet alam. Polyurethane A80 memiliki gaya gesek lebih rendah dari pada material A70.

4.2.2 Uji Massa Aus



Gambar 4.9. Hasil uji massa aus.

Bedasarkan pengujian pada gambar 4.9 , didapat hasil massa aus produk A70 1,1:1 sebesar $0,024 \pm 0,009$ g, produk A70 1,2:1 sebesar $0,042 \pm 0,014$ g, produk A70 1,3:1 sebesar $0,050 \pm 0,020$ g, produk A80 0,9:1 sebesar $0,009 \pm 0,007$ g, produk A80 1:1 sebesar $0,001 \pm 0,0005$ g, produk A80 1,1:1 sebesar $0,010 \pm 0,004$ g, dan produk karet alam sebesar 0,092 g.

Bedasarkan hasil massa aus pada gambar 4.9 , bahwa Polyurethane A70 memiliki nilai tren menaik seiring penambahan komposisi komponen A. Dengan hasil ini menunjukkan bahwa material Polyurethane A70 dengan perbandingan 1,3 : 1 memiliki massa aus tertinggi, diikuti oleh material A70 dengan perbandingan 1,2 : 1. Material Polyurethane A80 dengan perbandingan 1 : 1 memiliki massa aus yang paling rendah diantara semua produk yang diuji . Selain itu, produk karet alam memiliki massa aus yang

cukup besar dibandingkan dengan kedua jenis Polyurethane A70 dan A80. Ini menunjukkan bahwa karet alam mungkin memiliki kekuatan aus lebih rendah dibandingkan material polyurethane A70 dan A80.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan sifat mekanik (kuat tarik, kuat sobek, dan kekerasan) hasil uji menunjukkan bahwa material polyurethane A80 memiliki nilai uji tertinggi. Sedangkan itu, polyurethane A70 untuk hasil uji perpanjangan putus khususnya A70 1,1:1 dan A70 1,2:1 memiliki nilai tertinggi dan untuk modulus elastisitas polyurethane A70 memiliki nilai terkecil yang berarti material bersifat elastis.
2. Hasil uji tribologi pada material polyurethane A70 dan A80 menunjukkan bahwa Polyurethane A70 memiliki nilai gesekan yang lebih tinggi dibandingkan A80, namun lebih banyak keausan. Sebaliknya, hal sebaliknya berlaku untuk Polyurethane A80.
3. Berdasarkan sifat mekanik, Hasil uji kuat tarik menunjukkan bahwa material Polyurethane A70 dan A80 semuanya memiliki nilai uji tarik paling tinggi dibandingkan produk impor A dan B, meskipun nilainya paling tinggi untuk produk lokal . Selain itu, perpanjangan putus Material Polyurethane A70 varian 1,2: 1 lebih tinggi dibandingkan Material Polyurethane lain dan produk impor, namun produk lokal masih memiliki perpanjangan putus tertinggi. Hasil uji sobek menunjukkan bahwa material Polyurethane A80 varian 0,9 : 1 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan produk pasaran dan Material Polyurethane lainnya. Sedangkan, Nilai uji kekerasan nilai tertinggi adalah Polyurethane A80 1 : 1 dan untuk nilai terendah adalah produk kaki import B. Sedangkan itu, sifat tribologi material Polyurethane A70 varian 1,2: 1 memiliki gesekan lebih tinggi dan aus lebih sedikit dibandingkan karet alam.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Dari penelitian yang telah dilakukan penulis memiliki saran agar penelitian selanjutnya dapat lebih baik. Adapun saranya adalah sebagai berikut :

1. Dalam tahap vakum, disarankan agar gelembung pada sampel resin hilang sepenuhnya atau mencapai kondisi tanpa gelembung (zero bubble). Hal ini penting karena keberadaan gelembung dapat menghambat hasil uji, sehingga diperlukan perhatian khusus terhadap proses vakum untuk memastikan hasil pengujian optimal.
2. Dalam pengujian tribologi pin on disc, disarankan untuk membandingkannya dengan material telapak kaki palsu yang tersedia di pasaran.
3. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan berbagai jenis material polyurethane yang berbeda-beda agar dapat memperluas cakupan dan pemahaman terhadap karakteristik polyurethane.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. PMK, "Pemerintah Penuhi Hak Penyandang Disabilitas di Indonesia," 15 july 2023. [Online]. Available: <https://www.kemenkopmk.go.id/pemerintah-penuhi-hak-penyandang-disabilitas-di-indonesia>.
- [2] C. Joey, "Perancangan telapak kaki palsu jenis solid ankle cushioned heel dikelompok kreativitas difabel," Bandung, 2018.
- [3] M. Naufal, "Optimasi Multi Faktor Pada Material Karet Silikon Terhadap Gesekan Dan Aus Mnegunakan Metode Taguchi," Yogyakarta, 2022.
- [4] P. A. Marwa, "ANALISIS SIFAT MEKANIK MATERIAL KARET PADA TELAPAK KAKI PALSU LOKAL & IMPOR," Yogyakarta, 2021.
- [5] A. M. Irfan, "OPTIMASI MULTI FAKTOR PADA PEMBUATAN MATERIAL ELASTOMER UNTUK TELAPAK KAKI PROSTETIK DARI KARET ALAM," UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA, YOGYAKARTA , 2022.
- [6] B. A. Santoso, "PEMBUATAN DAN ANALISIS MATERIAL KARET SILIKON YANG DIPERKUAT DENGAN TALC POWDER SEBAGAI KANDIDAT MATERIAL TELAPAK KAKI PALSU," UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA, YOGYAKARTA, 2021.
- [7] A. Hasan, "Sifat Fisik Vulkanisat Karet Dengan Bahan Pengisi Variasi Tanah Liat Di Berbagai Lapisan Area TAMBANG PT.Bukit Asam (PERSERO) TBK," *Jurnal Kinetika*, pp. 31- 37, 2019.
- [8] M. F. A. P. A. d. R. S. S. Andri SAPUTRA, "STUDI SIFAT MEKANIK VULKANISAT KARET NITRILPADA BERBAGAI SISTEM VULKANISASI DAN DOSIS SILIKA DIOKSIDA," *Jurnal Penelitian Karet*, pp. 122-138, 2023 .
- [9] *Disabilitas, Undang-undang No. 8 tahun 2016 tentang Penyandang*.
- [10] Halodoc, "Cara Memasang dan Merawat Kaki Palsu dengan Benar," 18 Agustus 2022. [Online]. Available: <https://www.halodoc.com/artikel/cara-memasang-dan-merawat-kaki-palsu-dengan-benar>.
- [11] T. v. d. Stockt, "Prosthetic Feet," 03 january 2024. [Online]. Available: https://www.physio-pedia.com/Prosthetic_Feet.
- [12] R. Wulandari, "STUDI EKSPERIMENTAL PEMANFAATAN CRUSHER DUST DAN ZAT POLYURETHANE PADA CAMPURAN BERASPAL," Tangerang, 2023.
- [13] J. DIAN, "SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT POLYURETHANE BERPENGUAT NANOCELLULOSEDARI SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN AKUSTIK," Surabaya, 2017.
- [14] sfidnfits, "Mengenal Polyurethane: Karakteristik, Jenis dan Kelebihannya," sfidnfits, 26 11 2021. [Online]. Available: <https://www.sfidnfits.com/mengenal-polyurethane-karakteristik-jenis-dan-kelebihannya>. [Accessed 03 03 2024].
- [15] "Sifat dan Kegunaan Karet Alam," 31 Oktober 2019. [Online]. Available: <https://urbg.co.id/elementor-213/>.
- [16] W. Hidayat, "Kerja Praktek I Pembuatan & Perakitan CCTV ATM," Jakarta, 2019.
- [17] F. D. d. W. Maryanti, "KARAKTERISTIK SIFAT FISIKA KOMPON KARET ALAM SEBAGAI BAHAN DASAR FOOTSTEP SEPEDA MOTOR DENGAN BERBAGAI FORMULA," Lampung, 2018.
- [18] N. A. I. Hulu, "PEMANFAATAN SERAT DAUN SINGKUT (CURCULIGO

- LATIFOLIA SP.) SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN KERTAS," Universitas Sumatera Utara, Medan , 2019.
- [19] I. f. F. F. J. Peter Grünberg Institut, "Encyclopedia of Lubricants and Lubrication," Jülich, Germany, Springer, Berlin, Heidelberg, 2014, p. 791.
- [20] D. a. I. S. I. M. B. Fitrianto, "PENGUJIAN KOEFISIEN," 2015.
- [21] A. B. D. D. K. D. P. I. J. Eko Armanto*, "PERANCANGAN MESIN UJI TRIBOLOGI PIN-ON-DISC," Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang , 2012.
- [22] A. ROZAK, "Akuisisi Data Untuk Pengukuran Koefisien Gesek Bio-Lubricant Pada Alat Uji Gesek Jenis Pin On Disc," UNIVERSITAS ANDALAS, PADANG, 2016.
- [23] A. D., "RANCANG BANGUN TELAPAK KAKI PALSU JENIS," Yogyakarta, 2022.
- [24] C. GvB, "A Primer of Orthopaedic Biomechanics," New York :Churchill Livingstone, 1982.
- [25] J. D. Lidstone, "Calculating The Are of Compressed Plantar Tissue," University Of Nevada, Las Vegas, 2017.
- [26] R. A. Rasinawa, "Pengukuran Kekuatan Luluh, Kekuatan Tarik, Modulus Elastisitas, dan Keliatan Besi Cor Kelabu," Surakarta, 2022.
- [27] KEMENKES, "Bersatu dalam Aksi Bersama Disabilitas," 7 Desember 2023. [Online]. Available: https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/3005/bersatu-dalam-aksi-bersama-disabilitas.

LAMPIRAN



Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN
JASA INDUSTRI KULIT, KARET DAN PLASTIK
Jalan Sokonandi No. 9 Telp. (0274) 512929 Fax. (0274) 563655
Y O G Y A K A R T A - 55166



No Pengujian : 1816/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Halaman: 1 dari 2
Page: 1 of 2

SURAT TANDA UJI (TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1816/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Resin Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A70 (1,1 : 1)
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 Oktober 2023
Date of entry

Mulai Diuji Tanggal : 13 Oktober 2023
Starting date of analysis

Dibuat untuk : Putra Bagas Veryanto
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII

Nomor BAPC : -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekuatan tarik, N/mm ²	5,287 ; 6,480 ; 6,018 ; 6,904 ; 5,961	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
2	Perpanjangan putus, %	290 ; 375 ; 340 ; 490 ; 430	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
3	Kekuatan sobek, N/mm	6,016 ; 4,867 ; 5,362 ; 4,783 ; 4,165	ISO 34-1 : 2015

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



No Pengujian : 1817/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Halaman: 1 dari 2
Page: 1 of 2

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

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1817/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Resin Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A70 (1,2 : 1)
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 Oktober 2023
Date of entry

Mulai Diuji Tanggal : 13 Oktober 2023
Starting date of analysis

Dibuat untuk : Putra Bagas Veryanto
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII

Nomor BAPC : - , -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekuatan tarik, N/mm ²	4,670 ; 6,073 ; 7,269 ; 4,278 ; 5,916	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
2	Perpanjangan putus, %	275 ; 475 ; 555 ; 250 ; 430	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
3	Kekuatan sobek, N/mm	4,475 ; 4,123 ; 4,757 ; 5,746 ; 4,594	ISO 34-2 : 2015





No Pengujian : 1818/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Halaman: 1 dari 2
Page: 1 of 2

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1818/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Resin Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A70 (1,3 : 1)
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 Oktober 2023
Date of entry

Mulai Diuji : 13 Oktober 2023
Tanggal
Starting date of analysis

Dibuat untuk : Putra Bagas Veryanto
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII

Nomor BAPC : -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekuatan tarik, N/mm ²	5,847 ; 3,365 ; 4,581 ; 4,126 ; 4,346	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
2	Perpanjangan putus, %	410 ; 255 ; 200 ; 350 ; 250	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
3	Kekuatan sobek, N/mm	4,547 ; 5,316 ; 9,948 ; 6,181 ; 4,163	ISO 34-2



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

No Pengujian : 1819/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Halaman: 1 dari 2
Page: 1 of 2

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

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1819/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Resin Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A80 (0,9 : 1)
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 Oktober 2023
Date of entry

Mulai Diuji : 13 Oktober 2023
Tanggal Starting date of analysis

Dibuat untuk : Putra Bagas Veryanto
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII

Nomor BAPC : - , -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekuatan tarik, N/mm ²	8,110 ; 5,079 ; 7,670 ; 8,341 ; 5,109	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
2	Perpanjangan putus, %	350 ; 250 ; 305 ; 320 ; 225	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
3	Kekuatan sobek, N/mm	7,443 ; 6,975 ; 8,291 ; 8,006 ; 7,981	ISO 34-2



No Pengujian : 1820/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Halaman: 1 dari 2
Page: 1 of 2

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

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1820/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Resin Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A80 (1 : 1)
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 Oktober 2023
Date of entry

Mulai Diuji Tanggal : 13 Oktober 2023
Starting date of analysis

Dibuat untuk : Putra Bagas Veryanto
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII

Nomor BAPC : - , -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekuatan tarik, N/mm ²	4,615 ; 7,219 ; 6,516 ; 5,728 ; 8,085	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
2	Perpanjangan putus, %	180 ; 340 ; 290 ; 215 ; 295	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
3	Kekuatan sobek, N/mm	7,301 ; 10,569 ; 6,974 ; 4,435 ; 6,196	ISO 34-





No Pengujian : 1821/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Halaman: 1 dari 2
Page: 1 of 2

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1821/LP-BBSPJIKKP/KARET/X/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Resin Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A80 (1,1 : 1)
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 Oktober 2023
Date of entry

Mulai Diuji : 13 Oktober 2023
Tanggal Starting date of analysis

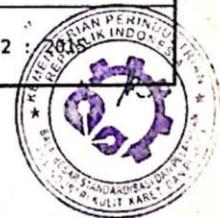
Dibuat untuk : Putra Bagas Veryanto
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII

Nomor BAPC : -, -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekuatan tarik, N/mm ²	5,453 ; 8,030 ; 10,822 ; 5,907 ; 4,655	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
2	Perpanjangan putus, %	410 ; 325 ; 440 ; 425 ; 240	SNI ISO 37 : 2015 (IDT - 2011)
3	Kekuatan sobek, N/mm	7,792 ; 7,204 ; 5,321 ; 9,575 ; 7,190	ISO 34-2



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

No Pengujian : 1995/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
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-BBSPJIKKP
The result of this testing is valid for the mentioned sample, do not copy without permission of the client and LPK-BBSPJIKKP

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1995/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A70 1,1 : 1
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 November 2023
Date of entry

Mulai Diuji : 07 November 2023
Tanggal
Starting date of analysis

Dibuat untuk : **Putra Bagas Veryanto**
Name and Address : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII
of Client

Nomor BAPC : -, -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekerasan (Shore A), Shore A	58,7 ; 55,3 ; 59,2	ISO 48-4:2018

Yogyakarta, 14 November 2023
Penguji Mutu Barang Ahli Muda



Dr. Muhammad Sholeh, M.Eng
NIP. 197906112002121001

No Pengujian : 1996/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
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 izin dari pemegang sertifikat dan LPK-BBSPJIKKP
The result of this testing is valid for the mentioned sample, do not copy without permission of the client and LPK-BBSPJIKKP

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1996/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
Test Report Number
Bahan / Barang : Polyurethane
Material/Commodity
Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition
Merk / Kode : A70 1,2 : 1
Brand/Code
Diterima Tanggal : 06 November 2023
Date of entry
Mulai Diuji
Tanggal : 07 November 2023
Starting date of analysis
Dibuat untuk : **Putra Bagas Veryanto**
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII
Nomor BAPC : -, -
BAPC Number
Nomor Contoh : -
Sample Number
Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekerasan (Shore A), Shore A	55,9 ; 50,3 ; 53,5	ISO 48-4:2018

Yogyakarta, 14 November 2023
Penguji Mutu Barang Ahli Muda

Dr. Muhammad Sholeh, M.Eng
NIP. 197906112002121001

No Pengujian : 1997/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
Test Report Number

Halaman: 1 dari 1
Page: 1 of 1

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1997/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A70 1,3 : 1
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 November 2023
Date of entry

Mulai Diuji
Tanggal : 07 November 2023
Starting date of analysis

Dibuat untuk : **Putra Bagas Veryanto**
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII

Nomor BAPC : - , -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekerasan (Shore A), Shore A	35,5 ; 54,7 ; 43,0	ISO 48-4:2018

Yogyakarta, 14 November 2023
Penguji Mutu Barang Ahli Muda


Dr. Muhammad Sholeh, M.Eng
NIP. 197906112002121001

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

No Pengujian : 1998/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
Test Report Number

Halaman: 1 dari 1
Page: 1 of 1

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1998/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A80 0,9 : 1
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 November 2023
Date of entry

Mulai Diuji :
Tanggal : 07 November 2023
Starting date of analysis

Dibuat untuk : **Putra Bagas Veryanto**
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII

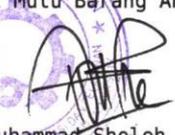
Nomor BAPC : -, -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekerasan (Shore A), Shore A	71,4 ; 62,3 ; 70,9	ISO 48-4:2018

Yogyakarta, 14 November 2023
Penguji Mutu Barang Ahli Muda


Dr. Muhammad Sholeh, M.Eng
NIP. 197906112002121001

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

No Pengujian : 1999/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
Test Report Number

Halaman: 1 dari 1
Page: 1 of 1

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 1999/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A80 1 : 1
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 November 2023
Date of entry

Mulai Diuji :
Tanggal : 07 November 2023
Starting date of analysis

Dibuat untuk : **Putra Bagas Veryanto**
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII

Nomor BAPC : - , -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekerasan (Shore A), Shore A	73,6 ; 65,2 ; 76,7	ISO 48-4:2018

Yogyakarta, 14 November 2023
Penguji Mutu Barang Ahli Muda



Dr. Muhammad Sholeh, M.Eng
NIP. 197906112002121001

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

No Pengujian : 2000/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
Test Report Number

Halaman: 1 dari 1
Page: 1 of 1

SURAT TANDA UJI
(TEST RESULT CERTIFICATE)

Nomor Pengujian : 2000/LP-BBSPJIKKP/KARET/XI/23
Test Report Number

Bahan / Barang : Polyurethane
Material/Commodity

Kondisi Contoh : Baik
Sample Condition

Merk / Kode : A80 1,1 : 1
Brand/Code

Diterima Tanggal : 06 November 2023
Date of entry

Mulai Diuji Tanggal : 07 November 2023
Starting date of analysis

Dibuat untuk : **Putra Bagas Veryanto**
Name and Address of Client : Fakultas Teknik Industri Prodi Teknik Mesin UII

Nomor BAPC : - , -
BAPC Number

Nomor Contoh : -
Sample Number

Hasil Pengujian : Sebagai berikut / As follows
Test Result

No	Parameter Uji	Hasil Uji	Metode Uji
1	Kekerasan (Shore A), Shore A	55,6 ; 57,4 ; 56,9	ISO 48-4:2018

Yogyakarta, 14 November 2023
Penguji Mutu Barang Ahli Muda



Dr. Muhammad ShoLeh, M.Eng
NIP. 197906112002121001

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

