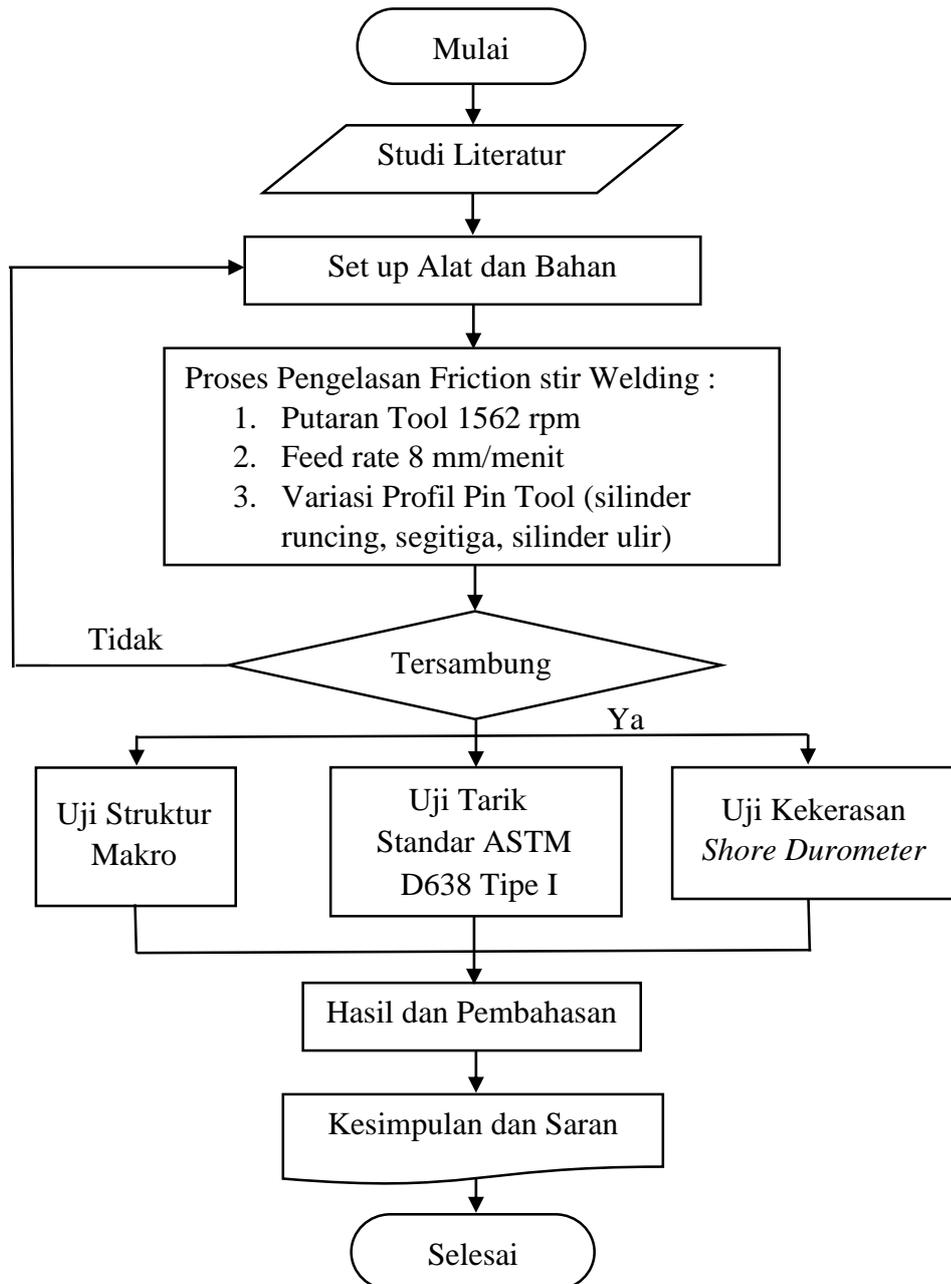


BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Dalam proses penelitian ini mempunyai langkah-langkah yang dapat dilakukan. Maka dibuatlah diagram alir sebagai berikut pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian metode pengelasan *Friction Stir Welding*

3.2. Pengadaan Alat dan Bahan

3.2.1. Alat Penelitian

1. Mesin Milling

Mesin Milling vertikal model FM-2SK chevalier alat mesin Falcon seperti pada Gambar 3.2 digunakan dalam berjalannya proses pengelasan dengan metode *friction stir welding*. Mesin milling ini mempunyai fitur penggerak seperti puli yang putarannya seimbang secara dinamis, memiliki 3 sumbu, 901 mm untuk sumbu X, 400 mm untuk ke sumbu Y dan 370 untuk ke sumbu Z. Pengoperasian mesin milling vertikal dengan menggunakan energi listrik yang dirubah oleh motor listrik menjadi energi gerak yang selanjutnya diteruskan ke tranmisi berupa puli. Puli tersebut berfungsi untuk menyesuaikan kecepatan putar sesuai yang diinginkan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.2 Mesin Milling Vertikal

2. Alat Uji Tarik

Alat uji tarik merupakan salah satu alat uji mekanik yang digunakan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan atau material terhadap gaya tarik. Alat uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly*

stiff). Pada proses penelitian menggunakan alat uji tarik type RAY-RAN Universal Testing Machine M500 buatan dari Inggris seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Pengujian kekuatan tarik tersebut dilakukan di Laboratorium Fakultas Mipa Universitas Sebelas Maret.



Gambar 3.3 Mesin uji tarik

3. Alat Uji Kekerasan Shore D

Alat uji kekerasan Shore D adalah suatu alat uji yang berfungsi untuk mengetahui kekerasan suatu benda kerja seperti akrilik, kaca, resin keras, ebonite dan fiber. Penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan Durometer Digital Shore D dapat dilihat pada Gambar 3.4. Penggunaan alat ini bertempat di Laboratorium Politeknik ATMI Surakarta.



Gambar 3.4 Durometer digital shore D

4. Alat Uji Struktur Makro

Alat uji struktur makro adalah alat uji yang mempunyai fungsi untuk mengetahui foto makro pada benda uji. Pada penelitian ini menggunakan mikroskop optik dengan 0,67 sampai 20X kali perbesaran, alat ini hubungkan dengan komputer penangkap gambar seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5. Penggunaan alat mikroskop optik dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.5 Mikroskop Optik

5. Tachometer

Tachometer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi atau putaran per menit (Rpm) pada benda yang berputar. Penggunaan tachometer ini diharapkan sebagai pembaca putaran spindel pada mesin milling pada saat pengelasan. Dimana spindel tersebut diberi tanda sehingga tachometer tersebut dapat mendeteksi berapa rpmnya (Gambar 3.6).



Gambar 3.6 Tachometer

6. Gergaji

Gergaji merupakan salah satu alat yang digunakan untuk memotong material polypropylene dengan ukuran 100 x 80 mm. Pada proses penelitian menggunakan gergaji kayu dan gergaji besi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.7.



(a)

(b)

Gambar 3.7 a.) Gergaji besi dan b.) Gergaji kayu

7. *Stopwatch*

Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur berapa lamanya waktu yang dibutuhkan pada saat kegiatan penelitian di Laboratorium. Pada penelitian ini menggunakan aplikasi stopwatch dari handphone (Gambar 3.8).



Gambar 3.8 Stopwatch

8. Kunci Pas 14 dan 19

Kunci pas memiliki fungsi untuk mengencangkan mur atau melepas baut. Pada penelitian ini menggunakan kunci pas 14 untuk mengencangkan dan mengendorkan baut pada setelan putaran spindel sedangkan kunci pas 19 digunakan untuk mengendorkan dan mengencangkan baut penjepit pada ragum di mesin milling. Kunci pas ini memiliki bentuk tangkai yang panjang dan pendek dan rahang berbentuk terbuka, seperti yang terlihat Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Kunci Pas

9. Termometer

Pada proses penelitian ini menggunakan termometer digital untuk mengetahui panas dari pin tool pada akhir pengelasan pada setiap spesimen bisa dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Termometer

10. Patar setengah lingkaran

Kikir adalah alat yang digunakan untuk meratakan dan menghaluskan potongan polypropylene yang akan dilas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Patar setengah lingkaran

11. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur ketebalan, diameter dalam atau luar dan kedalaman. Pada penelitian ini jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter pin tool saat proses pemesinan dan digunakan

untuk mengukur ketebalan dan lebar spesimen uji tarik seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Jangka Sorong

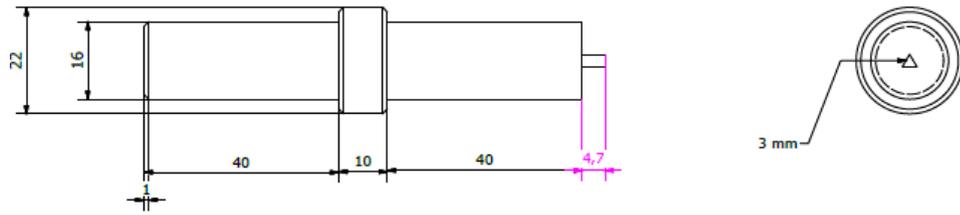
12. Pin Tool

Pin tool merupakan suatu alat yang berbentuk silinder pejal dengan sisi yang menonjol berdiameter lebih kecil yang disebut pin dan diameter yang lebih besar dari pin disebut shoulder. Pin tersebut berfungsi sebagai pengaduk saat proses pengelasan sedangkan shoulder berfungsi untuk meratakan molten yang keluar ke permukaan bahan atau material. Pada saat penelitian menggunakan tiga variasi bentuk profil pin tool (silinder ulir, segitiga, silinder) dengan diameter pin (3 mm) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.13.

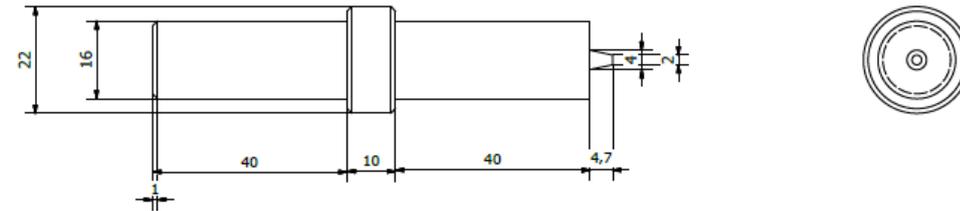


Gambar 3.13 Pin Tool

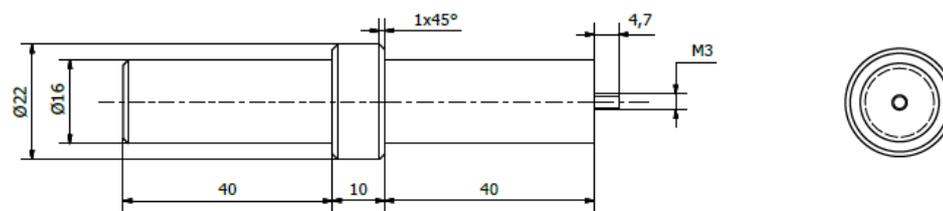
Gambar (a)



Gambar (b)



Gambar (c)



Gambar 3.14 Sketsa Pin tool (a) Pin segitiga, (b) Pin silinder runcing, (c) Pin silinder ulir

3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan dasar (*base material*) yang digunakan dalam penelitian adalah material polimer termoplastik yaitu *polypropylene sheet* (PP) dengan dimensi 100 mm x 80 mm dengan ketebalan 5 mm dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 *Polypropylene sheet*

3.3. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 1 Maret 2019 sampai 30 Mei 2019. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dan tempat yang digunakan sebagai penelitian adalah :

1. Kegiatan utama yang dilakukan yakni pemotongan bahan dasar *polypropylene sheet* dilakukan di Bengkel Rudito_LancarLas.
2. Proses pengelasan menggunakan mesin milling dengan metode *friction stir welding* dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Proses pembuatan spesimen yang digunakan untuk uji tarik dilakukan di Citra Jogja Kreasi.
4. Proses Pembuatan spesimen untuk uji bending dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Pengujian struktur makro dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Pengujian Kekerasan dan dilakukan di Laboratorium Politeknik ATMI Surakarta.
7. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Fakultas Mipa Universitas Sebelas Maret.

3.4. Proses Penelitian

Pada proses penelitian dengan mengoptimasi parameter-parameter yang sesuai dengan cara mencoba melakukan pengelasan terlebih dahulu sampai mendapatkan hasil lasan yang bagus. Ketika sudah mendapatkan hasil yang bagus nantinya digunakan sebagai patokan pada proses pengelasan. Optimasi parameter yang digunakan ialah kecepatan translasi tool (*feed rate*) yaitu 8 mm/menit, sedangkan untuk kecepatan putaran tool memakai 1562 rpm dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perbedaan hasil permukaan sambungan las dari setiap variasi bentuk pin

Hasil sambungan las yang menggunakan variasi bentuk profil pin tool (segitiga, silinder ulir, silinder runcing)		
Pin segitiga	Pin silinder ulir	Pin runcing
		

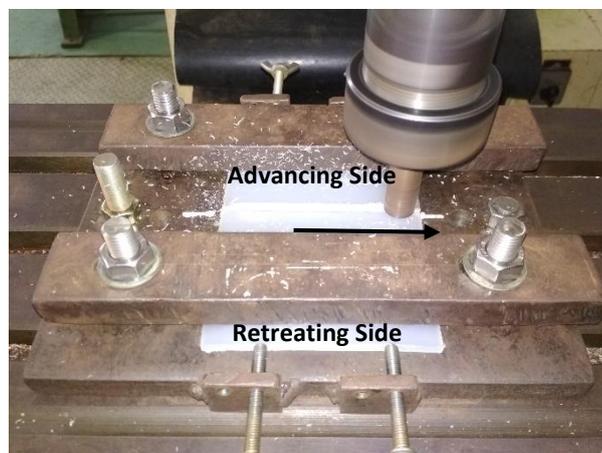
3.4.1. Proses Pengelasan

Pada proses penyambungan material *polypropylene* metode *friction stir welding* dengan parameter yang digunakan ialah variasi bentuk profil pin segitiga, silinder ulir, silinder runcing dengan laju pengelasan 8 mm/menit dan kecepatan putaran tool dan *deep of plunge* yang digunakan dibuat konstan yakni 1562 rpm dan kedalaman pembedaman *shoulder* sekitar 0,2 mm.

Langkah-langkah berikut merupakan proses dari pengelasan FSW pada material *polypropylene* (PP) :

1. Mensetting putaran spindle pada mesin milling dengan kecepatan putaran 1562 rpm, caranya dengan memindahkan v-belt ke puli nomor dua dari bawah.
2. Menghidupkan kontak arus listrik MCB pada objek mesin milling.
3. Memasang pencekam pada meja yang terdapat pada mesin milling dengan menggunakan kunci ring ukuran 17.
4. Memasang *pin tool* pada spindle dan menggunakan collet sesuai dengan ukuran *pin tool* yang akan digunakan, kemudian spindle tersebut dikencangkan dengan kunci collet.
5. Memasang benda kerja pada pencekam dan memastikan sambungan yang akan dilas sudah lurus sama alur Bergeraknya *pin tool*, untuk meluruskannya dengan menggunakan baut pendorong yg terdapat pada pencekam.

6. Mengatur laju pengelasan (*feed rate*) di angka 8 mm/menit pada penggerak otomatis meja mesin milling vertikal.
7. Menjalankan mesin milling dan melakukan penekanan *pin tool* pada sambungan *polypropylene sheet* secara perlahan dengan kedalaman (*deep of plunge*) 0,2 mm, kemudian menghidupkan tombol ON pada otomatis penggerak meja mesin milling.
8. Pada saat proses pengelasan berlangsung dan *shoulder* pada *tool* telah mencapai ujung akhir dari benda kerja, seperti pada Gambar 3.16 tekan tombol OFF untuk mengentikan laju meja penggerak otomatis.
9. Menarik tool ke atas dari benda kerja dalam keadaan masih berputar supaya adukan *polypropylene* tidak menempel pada *pin tool*, lalu matikan putaran mesin.
10. Menunggu sekitar 5 menit supaya lelehan dingin secara merata dan mengeras sempurna lalu lepas hasil lasan dari pencekam.
11. Mengulangi langkah-langkah di atas dengan mengganti bentuk pin tool.



Gambar 3.16 Proses pengelasan FSW

Gambar 3.16 menunjukkan proses pengelasan yang sedang berlangsung dan selanjutnya akan menjadi bahan pertimbangan untuk penelitian tentang pengaruh bentuk profil pin tool terhadap sifat mekanik pada pengelasan.

3.5. Pembentukan Spesimen

Tahap pertama yang dilakukan sebelum melakukan pengujian tarik dan uji bending ialah memotong benda kerja *polypropylene* yang tadinya sudah melalui proses pengelasan FSW. Material yang sudah tersambung dipotong secara tegak lurus dengan arah pengelasan sesuai dengan standar ASTM D 638 tipe I seperti yang terlihat pada Gambar 3.17 dan Gambar 3.18 hasil semua pemotongan. Pemotongan spesimen ini menggunakan water jet di citra jogja kreasi dengan menyesuaikan desain ASTM yang digunakan dan desain tersebut memakai format DWG.



Gambar 3.17 Hasil pemotongan spesimen untuk uji tarik

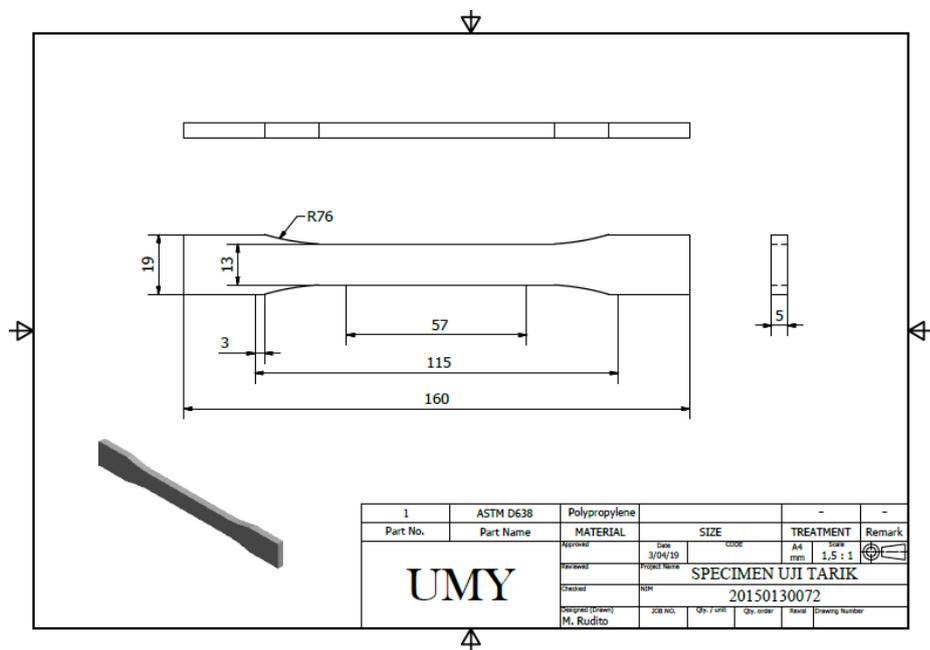


Gambar 3.18 Hasil semua pemotongan spesimen uji tarik

3.5.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui berapa besarnya kekuatan tarik pada material logam dan non logam. Kekuatan tarik merupakan suatu sifat bahan yang digunakan untuk memperkirakan salah satu karakteristik material logam maupun non logam ketika mengalami pembebanan.

Pengujian tarik dilakukan setelah selesai dari proses pengelasan pada benda kerja. Dari benda kerja yang sudah dilakukan pengelasan, dipotong menggunakan *water jet* dan dibentuk sesuai dimensi standar ASTM D 638 tipe I (Gambar 3.19).



Gambar 3.19 Dimensi spesimen uji tarik

Pada saat melakukan pengujian tarik, adapun langkah-langkah yang harus dilakukan saat proses uji tarik sebagai berikut :

1. Menyesuaikan dimensi spesimen sesuai dengan standar ASTM D 638 tipe I.
2. Menyalakan mesin uji tarik dan komputer untuk mengendalikan saat proses pengujian tarik.
3. Mengatur waktu kecepatan tarik 10 mm/menit.
4. Memasang spesimen pada pencekam pada alat uji tarik dengan menyesuaikan tanda *up* dan *down*.
5. Menjalankan program pada unit komputer.

6. Menginput data material di kolom *method windows*.
7. Membuat report screen yang terdiri dari *yield point*, *elongation*, *yield strength*, nomer tes, tanggal tes, area, nama material, *max* dan *break*.
8. Memulai proses pengujian tarik dengan menekan tombol *start* di bagian *tool box* dengan grafik tegangan-regangan yang akan ditampilkan pada layar, setelah spesimen yang di uji patah, mesin akan berhenti secara otomatis.
9. Memilih data mana yang akan ditampilkan dilembaran hasil pengujian tarik.
10. Mencetak hasil dari pengujian dengan mengeklik menu *print*.
11. Melakukan pengujian berikutnya dengan menggunakan spesimen yang berbeda.

Dari pengujian yang sudah dilakukan, dapat dibuat grafik tegangan, regangan sesuai data yang sudah diperoleh. Dalam menentukan nilai tegangan regangan dapat ditentukan dengan rumus :

1. Tegangan Tarik

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(3.1)$$

2. Regangan Tarik

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} 100 \% \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan : F = beban (N)

ΔL = penambahan panjang (mm)

A_0 = luas area awal (mm²)

L_0 = panjang awal (mm)

ε = regangan (%)

σ = tegangan (MPa)

3.5.2. Pengujian Struktur Makro

Pegujian makro adalah proses pengujian suatu benda kerja yang menggunakan mata terbuka untuk dapat melihat celah maupun *voids* pada permukaan bahan. Pengujian struktur makro ini biasanya digunakan untuk material yang mempunyai struktur kristal yang ukuran *voids*nya tergolong besar yaitu, material non logam atau logam hasil coran.

Alat mikroskop optik ini hasil fotonya sudah terintegrasi dengan komputer maupun laptop seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.20 dan spesifikasinya akan dijelaskan pada Tabel 3.2.

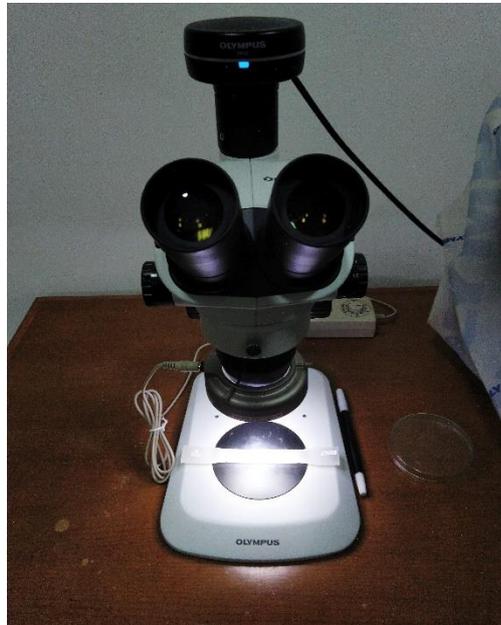
Tabel 3.2 Spesifikasi mikroskop optik

Nama	Mikroskop optik olympus tipe SZ61 TR
Warna	Putih
Desain	Eyepiece
Pembesaran	6.7 kali – 45 kali
Sudut konvergensi	10 °
Kemiringan tabung	45° atau 60°
Display LCD	9.5 inch
Kamera mikroskop	CCD high resolution

Adapun langkah-langkah pengujian makro pada penelitian ini :

1. Menempelkan optik pada dudukan yang ada dimikroskop.
2. Menyalakan PC dan menghubungkan optik dengan komputer.
3. Membuka aplikasi optik yang sudah terinstall di komputer.
4. Spesimen uji diletakkan dibawah kamera optik dan memfokuskan kamera optik pada area yang ingin dilihat struktur makronya.
5. Mengambil gambar pada daerah awal sampai akhir hasil lasan.
6. Mengkalibrasi dan memberi ukuran pada gambar yang terdapat di *software stream start*.

7. Mengulangi langkah-langkah diatas dengan cara mengganti spesimen pada setiap variasi bentuk profil *pin tool*.



Gambar 3.20 Alat Mikroskop Optik

3.5.3. Pengujian Kekerasan Shore D

Durometer merupakan suatu instrumen alat yang digunakan untuk mengukur kekerasan sebuah benda kerja atau material yang didasarkan pada saat mengukur kekuatan perlawanan dari jarum durometer ke dalam bahan uji dibawah beban pegas yang diketahui. *Durometer* sendiri digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan sebuah material, seperti karet, kayu, polimer, elastomer (Gambar 3.21). Skala umum yang seringkali digunakan ialah tipe A dan D seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4, standar pengujian ada 12 sisi tergantung tujuan penggunaan ; tipe A, B, C, D, DO, E, M, O, OO, OOO, OOO-S dan R. Setiap skala menghasilkan nilai antar 0 – 100, dimana nilai yang lebih tinggi menunjukkan bahwa material yang di uji lebih keras.

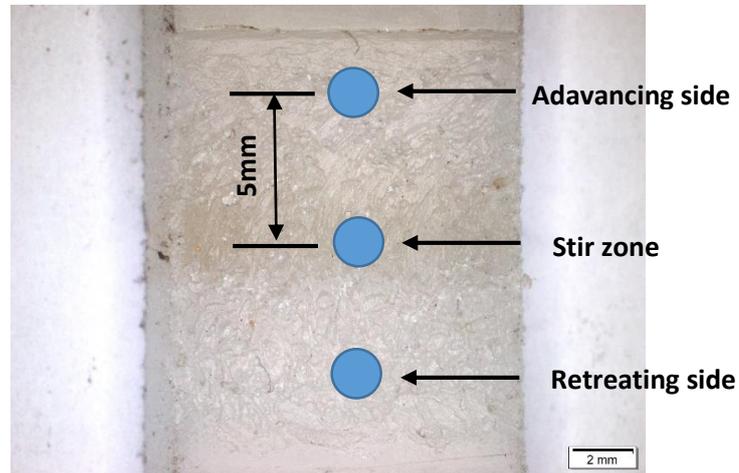


Gambar 3.21 Alat uji shore D

Tabel 3.3 Spesifikasi pengujian shore A dan D

Tipe Durometer	Konfigurasi	Diameter	Perpanjangan	Kekuatan pegas
A	Kerucut terpotong 35°	1.1 - 1.4 mm	0 - 2.5 mm	8.05 N
D	Kerucut 30°	1.1 - 1.4 mm	0 - 2.5mm	44.45N

Pada penelitian ini satu spesimen dilakukan pengujian sebanyak 3 kali yaitu bagian lasan *advancing side*, *stir zone* dan *retreating side* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22 Skema pengujian shore D