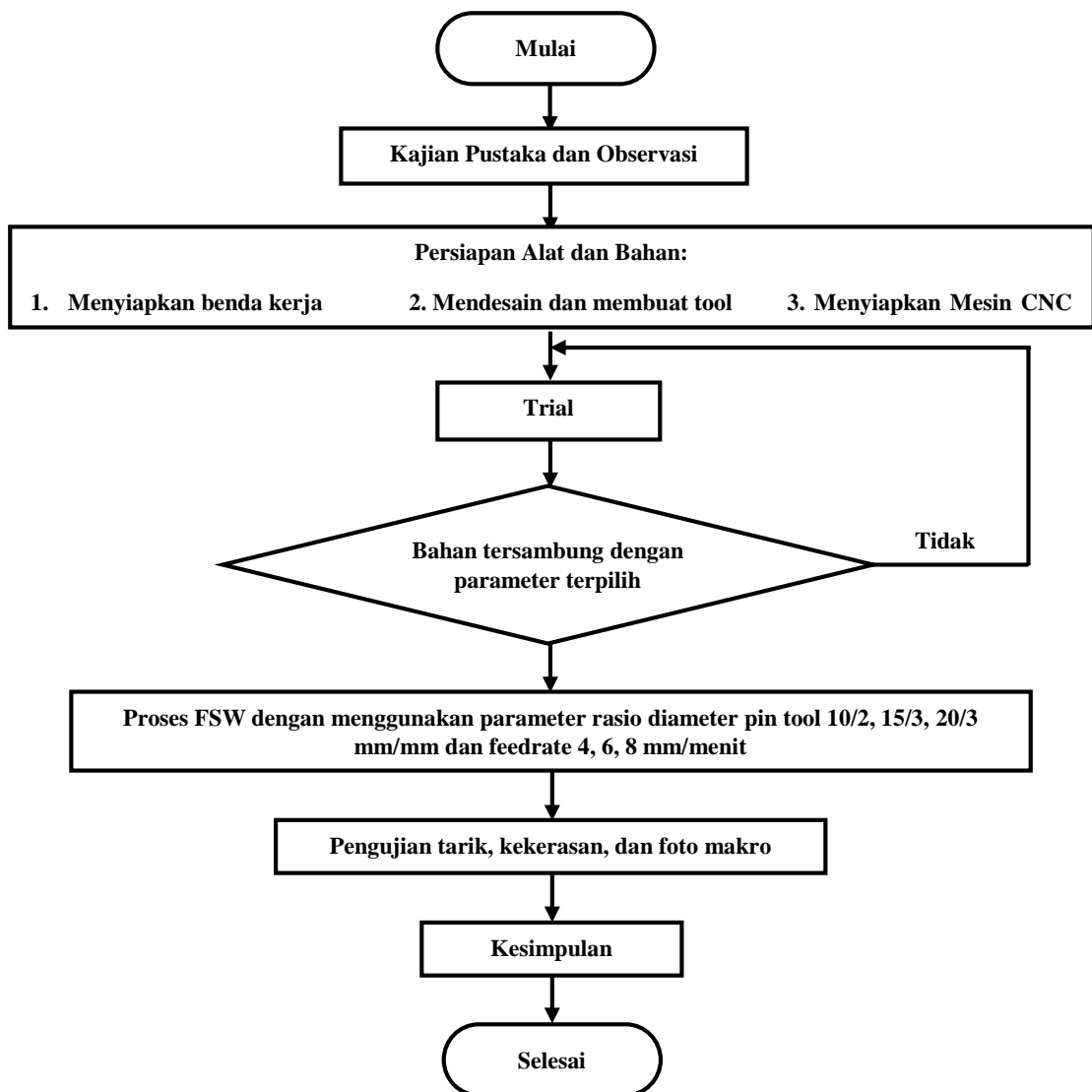


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

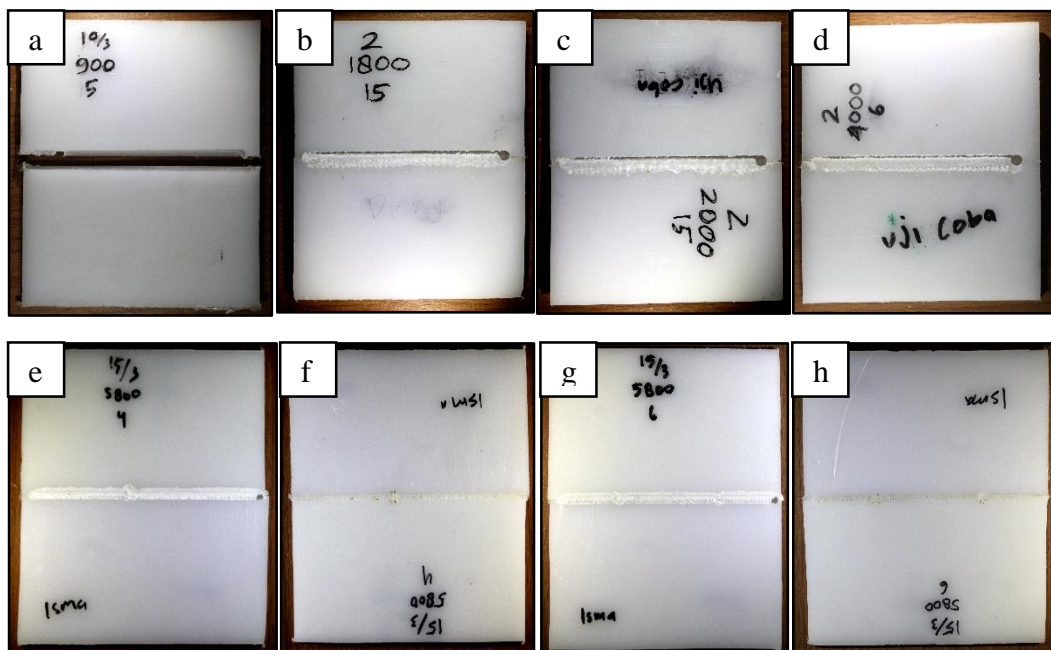
Langkah - langkah dari penelitian *Friction Stir Welding* dengan material *nylon 6* dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian FSW *nylon 6*.

Dari gambar 3.1 dapat dilihat diagram alir penelitian FSW dengan bahan *nylon 6*. Diagram alir menjelaskan secara umum langkah - langkah yang diambil dalam penelitian ini. Diawali dengan observasi dan kajian pustaka yaitu mempelajari dan mengkaji teori - teori yang berkaitan dengan tema penelitian terkait dari berbagai literatur dan sumber yang ada. Bahan kaji yang dipakai diantaranya adalah buku, jurnal dan artikel tentang proses, metode, alat dan bahan yang berhubungan dengan FSW dan *nylon 6* dari penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Setelah mendapatkan teori yang cukup, selanjutnya adalah persiapan alat dan bahan, langkah ini bertujuan untuk menentukan dan mendesain ukuran alat dan bahan kemudian membuat dan menyiapkannya. Bahan atau benda kerja yang dipakai adalah berupa material *nylon 6* lembaran dengan ketebalan 4 mm kemudian dipotong menjadi ukuran 130 mm x 65 mm, dan untuk *tool* nya menggunakan material ST80 yang mempunyai 3 jenis ukuran berbeda sebagai variasi parameternya yaitu dengan rasio D/d sebesar 10/3, 15/3, 20/3 mm/mm. Setelah alat dan bahan sudah siap selanjutnya adalah menyiapkan mesin CNC *Milling* untuk melakukan proses FSW itu sendiri, persiapan ini meliputi pemasangan penjepit untuk benda kerja dan *tool* pada mesin. Setelah semua persiapan alat dan bahan selesai, lalu dimulailah proses FSW dengan melakukan *trial* pada spesimen uji coba dan menentukan parameter yang akan dipilih. Penentuan parameter dilihat dari kualitas sambungan FSW secara visual. Pada penelitian kali ini parameter yang dipakai diantaranya adalah rasio diameter *tool*, rotasi dan *feedrate*, namun yang diberi variasi hanya parameter rasio diameter *tool* dan *feedrate*. Variasi rasio diameter *tool* sudah didapat, setelah itu tinggal menentukan kecepatan rotasi *tool* tetap dan variasi *feedrate* nya. Kecepatan rotasi *tool* dan *feedrate* dicoba dari yang rendah hingga yang tinggi, untuk kecepatan rotasi *tool* yaitu antara 900 RPM hingga mendekati 7000 RPM dan untuk *feedrate* yaitu antara 2 mm/menit hingga 30 mm/menit. Setelah *trial* dilakukan didapatkan variasi parameter terpilih, untuk kecepatan rotasi *tool* didapat pada 5800 RPM dan untuk *feedrate* didapat variasi 4, 6, 8 mm/menit. Pada kecepatan rotasi *tool* dan *feedrate* di angka ini sambungan terlihat tersambung dengan baik. Sedangkan pada sambungan selain pada kecepatan rotasi *tool* 5800 RPM dan selain antara *feedrate*

4 mm/menit hingga 8 mm/menit pada sambungan FSW terdapat rongga di sepanjang jalur las, bahkan pada 900 RPM sambungan tidak tersambung karena panas yang dihasilkan belum cukup untuk menyambungkan benda kerja. Pada kecepatan rotasi *tool* 5800 RPM dan *feedrate* 4, 6, 8 mm/menit hasil tampilan sambungan terlihat baik dan tidak terdapat rongga sepanjang jalur las seperti yang terlihat pada gambar 3.2. Setelah didapat parameter terpilih lalu dilakukan pengambilan data proses FSW dengan variasi parameter rasio diameter *tool* 10/3, 15/3, 20/3 mm/mm dan *feedrate* 4, 6, 8 mm/menit. Kemudian spesimen sambungan dipotong sesuai dengan standar pengujian tarik ASTM D638 tipe IV menggunakan *water jet cutting* lalu dilakukanlah pengujian spesimen. Pengujian terdiri dari pengujian foto makro, pengujian kekerasan, dan pengujian tarik. Setelah semua pengujian selesai kemudian data hasil pengujian dianalisa dan dibuat kesimpulan.



Gambar 3.2 Hasil sambungan spesimen trial a. tampak atas, rotasi 900 RPM & *feedrate* 5 mm/menit, b. tampak atas, rotasi 1800 RPM & *feedrate* 15 mm/menit, c. tampak atas, rotasi 2000 RPM & *feedrate* 15 mm/menit, d. tampak atas, rotasi 4000 RPM & *feedrate* 6 mm/menit, e. tampak atas, rotasi 5800 RPM & *feedrate* 4 mm/menit, f. tampak bawah, rotasi 5800 RPM & *feedrate* 4 mm/menit, g. tampak atas, rotasi 5800 RPM & *feedrate* 6 mm/menit, h. tampak bawah, rotasi 5800 RPM & *feedrate* 6 mm/menit.

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat, antara lain:

1. Proses FSW dilakukan di Laboratorium *Machine Department* SMK Tunas Harapan Pati.
2. Proses pemotongan spesimen dilakukan menggunakan *water jet cutting* di PT. Citra Jogja Kreasi.
3. Proses pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Teknologi Plastik Politeknik ATMI Surakarta.
4. Proses pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Fisis Poltek ATK Yogyakarta.
5. Proses pengambilan foto makro dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

1. Mesin CNC *Milling*

Mesin *Milling* CNC adalah mesin *milling* yang dimana pergerakan meja mesin (sumbu X dan Y) serta *spindle* (rumah *cutter*) dikendalikan oleh suatu program. Program tersebut berisi langkah - langkah perintah yang harus dijalankan oleh mesin CNC. Program tersebut bisa dibuat langsung pada mesin CNC (huruf per huruf, angka per angka), yang hasil programnya disebut dengan program NC, atau dibuat menggunakan PC dan *software* khusus untuk membuat program NC. Program seperti ini disebut dengan CAM.

Proses penyambungan bahan terjadi ketika putaran *tool* menekan benda kerja yang telah dicekam menggunakan pencekam, putaran *tool* menghasilkan panas dan mengaduk material sehingga terjadilah sebuah penyambungan. Mesin CNC *Milling* yang digunakan merupakan jenis Mesin CNC Krisbow Esemka yang terletak di laboratorium SMK Tunas Harapan Pati.



Gambar 3.3 Mesin CNC *Milling* Krisbow Esemka.

2. Alat Pengujian Makro

Alat pengujian makro ini berfungsi untuk mengambil foto struktur makro pada hasil pengelasan. Alat ini terletak di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan tipe Olympus.



Gambar 3.4 Alat pengujian makro.

3. Alat Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Teknologi Plastik Politeknik ATMI Surakarta menggunakan UTM (*Universe Tensile Machine*). Alat pengujian tarik bisa dilihat pada gambar 3.5 di bawah ini.

Spesifikasi:

Tipe : *Universe Tensile Machine* (UTM)

Merk : Zwick Roell

Kapasitas max. : 20.000 N



Gambar 3.5 Alat pengujian tarik.

4. Alat Pengujian Kekerasan

Alat pengujian kekerasan ini berfungsi untuk mengukur nilai kekerasan pada hasil pengelasan dengan tipe *Shore D*. Alat ini terletak di Laboratorium Fisis Poltek ATK Yogyakarta.

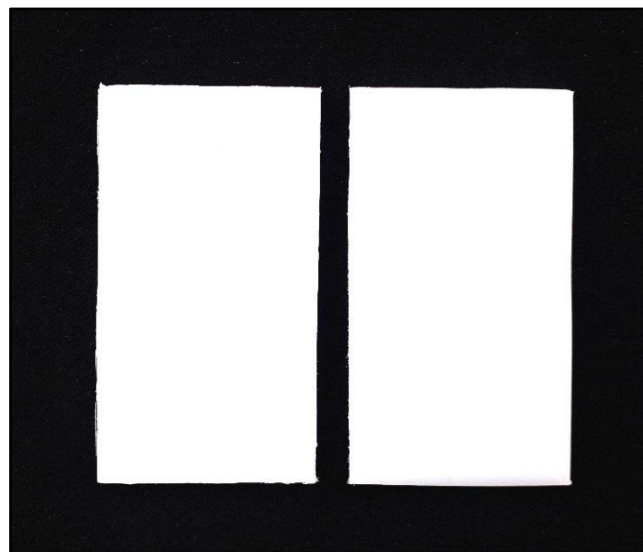


Gambar 3.6 Alat pengujian kekerasan *Shore D* (dalam Hameed, 2015).

3.3.2 Bahan

1. Lembaran *Nylon 6*.

Benda kerja yang digunakan adalah polimer jenis *nylon 6* lembaran dengan ketebalan 4 mm.



Gambar 3.7 Spesimen *nylon 6* 130 x 65 x 4 mm.

2. Baja Pejal

Material yang digunakan untuk *tool* menggunakan jenis Baja Pejal ST80 dengan panjang 110 mm dan diameter 24 mm.

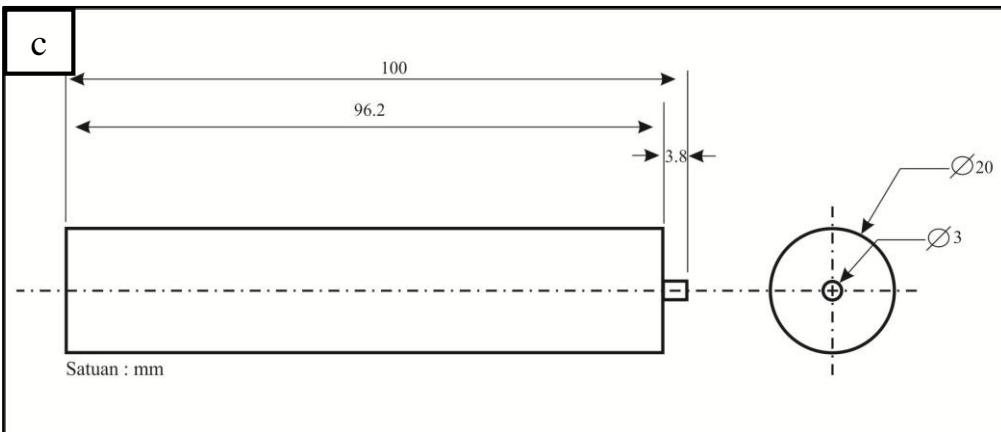
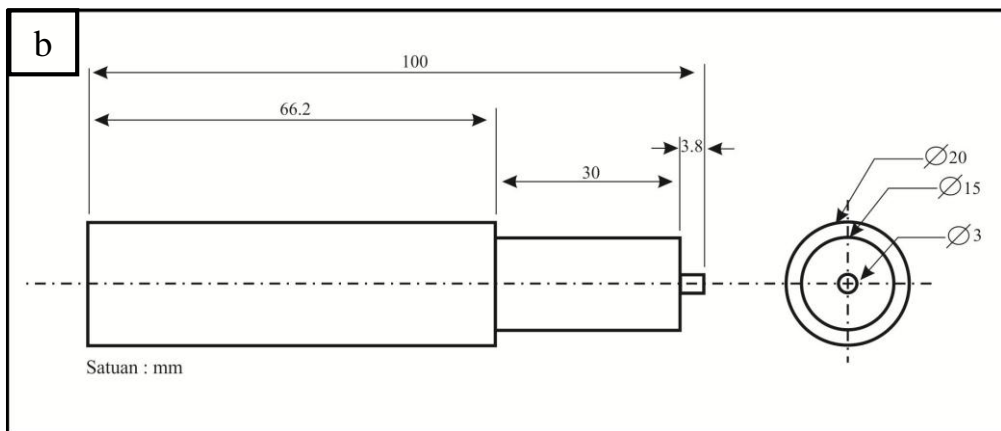
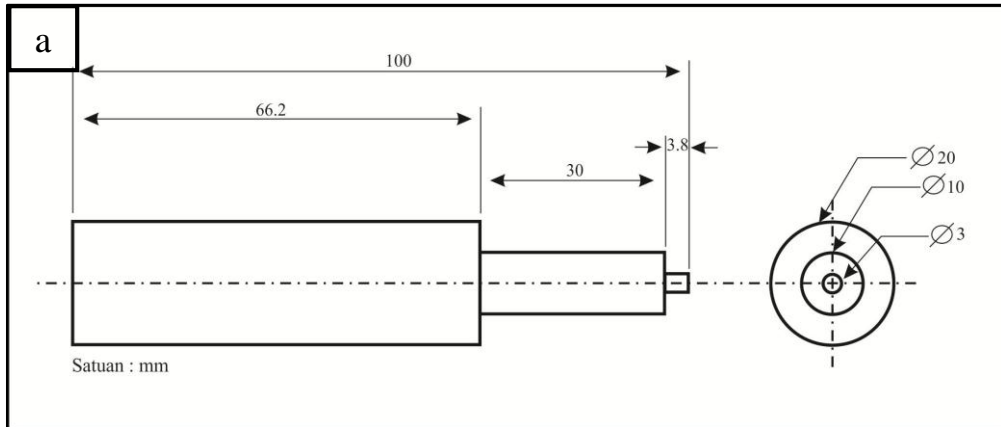


Gambar 3.8 Baja pejal.

3.4 Proses penelitian

3.4.1 Proses Pembuatan *Tool*

Tool (pahat) yang digunakan untuk proses FSW adalah dengan menggunakan material jenis baja pejal ST80. Proses pembuatan *tool* dilakukan di Bengkel Bubut Jasatec Yogyakarta, ada 3 jenis *tool* dengan semua pin berbentuk silindier yang dibuat dengan perbandingan rasio diameter pin dan *shoulder* yang berbeda, antara lain rasio diameter *tool* 10/3 mm/mm, 15/3 mm/mm, dan 20/3 mm/mm. Ukuran bahan mentah yang digunakan 110 x 22 mm kemudian dibubut sesuai masing - masing ukuran variasi *tool*.



Gambar 3.9 Dimensi ukuran *tool*.

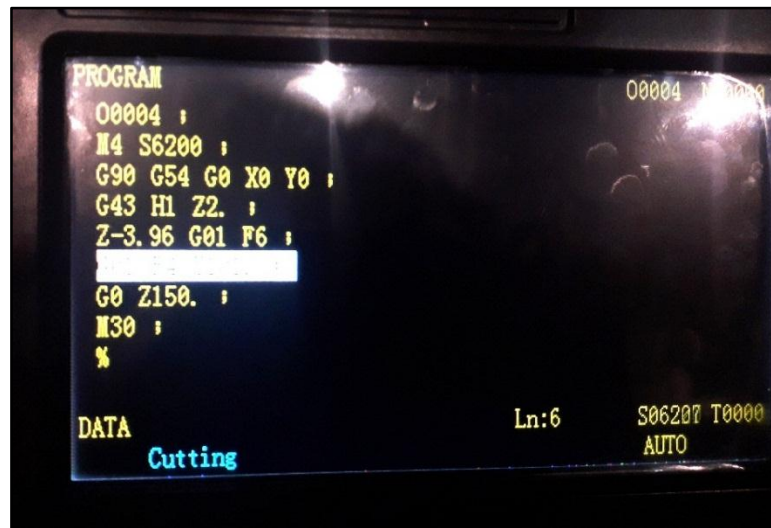


Gambar 3.10 Semua tool.

3.4.2 Proses Pengelasan

Proses penyambungan pada penelitian ini menggunakan metode *Friction Stir Welding*, dengan menggunakan langkah - langkah sebagai berikut.

1. Menyiapkan benda kerja dan *tool*.
2. Menghidupkan mesin *CNC Milling*.
3. Menyiapkan alat pencekam dan memasang *tool*.
4. Memasang kedua benda kerja yang dihipitkan secara sejajar.
5. Membuat program untuk proses FSW.
6. Jalankan program sehingga proses penyambungan bisa berjalan dengan cara *tool* berputar menuju himpitan benda kerja kemudian ditekan sampai kedalaman tertentu sampai *shoulder* menempel benda kerja. Putaran *tool* menyebabkan panas karena gesekan yang terjadi sehingga melelehkan dan mengaduk benda kerja, menyebabkan tersambungya benda kerja.
7. Setiap *tool* mewakili 3 parameter *feedrate* 4, 6, dan 8 mm/menit, *tool* bergerak secara linear dengan rotasi konstan sebesar 5800 RPM.
8. Setelah benda kerja tersambung secara keseluruhan, *tool* terangkat secara otomatis dan proses FSW telah selesai.
9. Proses ini diulang sampai 9 spesimen tersambung.



Gambar 3.11 Program CNC *Miling* Proses FSW.



Gambar 3.12 Proses *Friction Stir Welding*.

3.4.3 Proses Pengujian

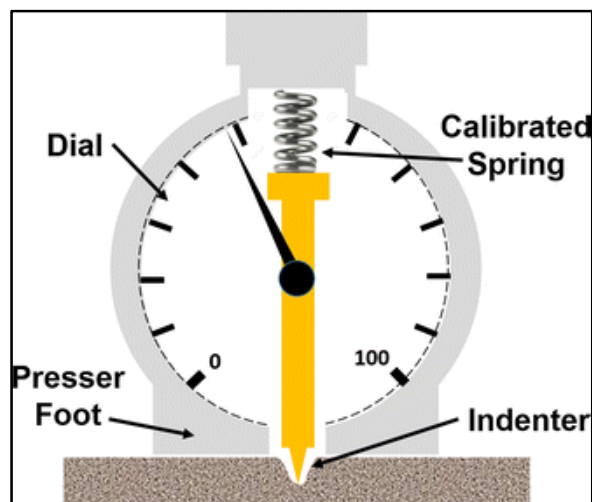
1. Pengujian Makro

Pengujian makro atau pengambilan foto makro bertujuan untuk menganalisa bentuk permukaan daerah las. Foto makro dapat menunjukkan daerah lasan antara lain *advancing side*, *stir zone*, *retreating side* serta dapat menunjukkan

cacat hasil pengelasan. Pengujian foto makro atau makrografi dilakukan menggunakan mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi.

2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan alat *Shore D*. Alat ini termasuk dalam kategori durometer *hardness test*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan atau sifat mekanik sambungan FSW *nylon 6*. Satuan untuk kekerasan menggunakan *Shore D* adalah HD karena pada jenis pengujian kekerasan ini tingkat kekerasan adalah nilai empiris (perbandingan) berkisar dari 0 - 100 HD. Skema pengujian kekerasan menggunakan durometer *hardness test* dapat dilihat pada gambar 3.13.

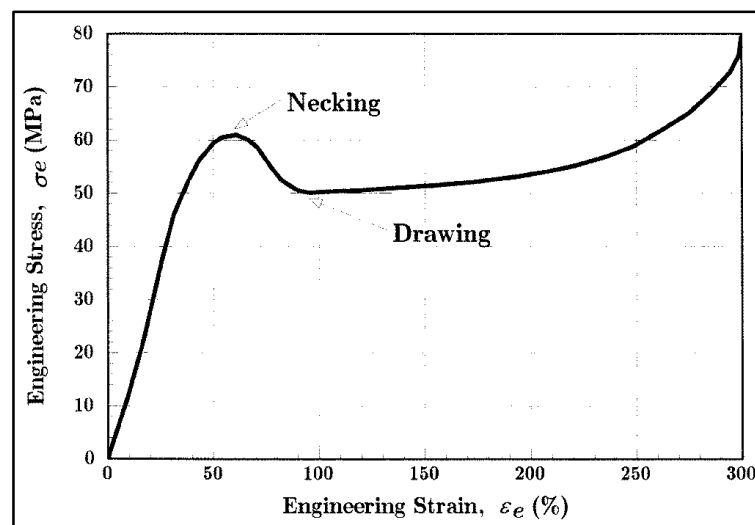


Gambar 3.13 Bentuk *indenter* pada pengujian kekerasan durometer (dalam Broitman, 2017).

3. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Hasil yang diperoleh dari

pengujian tarik sangat berperan penting dalam rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Salah satu hasil yang didapat dari pengujian ini adalah sifat mekanik. Sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan dan regangan. Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Nilai kekuatan dan regangan dari material uji dapat dilihat dari kurva tegangan - regangan.



Gambar 3.14 Kurva tegangan - regangan termoplastik *polyamide (nylon)*, (dalam Roylance, 2001).

Suatu benda elastis akan bertambah panjang sampai ukuran tertentu ketika ditarik oleh sebuah gaya. Besarnya tegangan pada sebuah benda adalah perbandingan antara gaya tarik yang berkerja benda terhadap luas penampang benda tersebut. Tegangan menunjukkan kekuatan gaya yang menyebabkan benda berubah bentuk.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana : σ = Tegangan (MPa)
 F = Beban (N)
 A_0 = Luas penampang awal (m²)

Regangan merupakan perubahan relatif ukuran atau bentuk suatu benda yang mengalami tegangan. Regangan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang benda terhadap panjang benda mula - mula. Selain itu regangan menjadi tolak ukur seberapa jauh benda tersebut berubah bentuk.

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \dots\dots\dots(3.2)$$

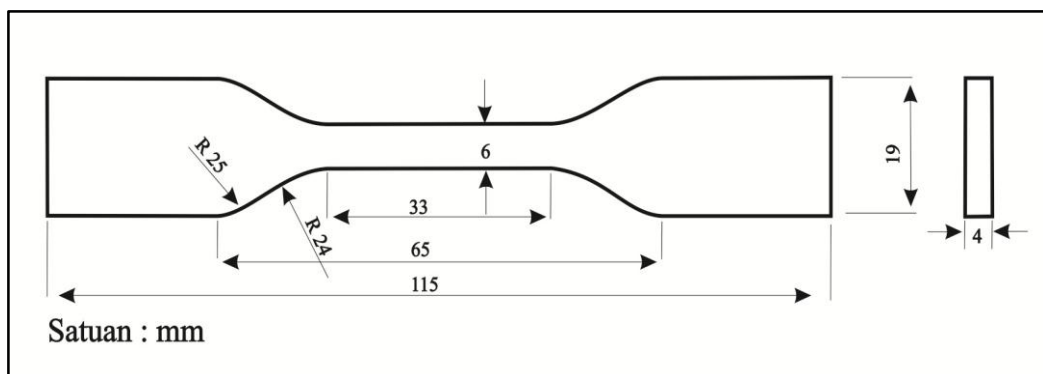
Dimana : ε = Regangan (%)
 L_0 = Panjang awal spesimen (m)
 L = Panjang spesimen setelah diberi beban (m)

Modulus elastisitas merupakan kemiringan dari kurva tegangan regangan di daerah deformasi plastis yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda tersebut.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana : E = Modulus elastisitas (MPa)
 σ = Tegangan (MPa)
 ε = Regangan (%)

Pengujian tarik dilakukan setelah tersambung dan dipotong sesuai standar yang telah ditentukan. Standar yang digunakan dalam pengujian ini adalah ASTM D638 tipe IV yaitu standar yang digunakan untuk pengujian tarik plastik dengan ketebalan material 4 mm. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Teknologi Plastik Politeknik ATMI Surakarta. Dimensi ukuran spesimen pengujian tarik bisa dilihat pada gambar 3.15 di bawah ini.



Gambar 3.15 Dimensi ukuran spesimen uji tarik ASTM D638 tipe IV.

Pada pengujian tarik ini pengambilan data pada tiap variasi diambil dari dua spesimen yang nilai pengujian tariknya paling mendekati. Hal ini bertujuan agar memperoleh nilai pengujian yang lebih akurat pada tiap variasinya. Untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat dari dua data yang diambil, dihitung menggunakan rata - rata dan untuk menghitung nilai penyimpangan dari kedua data tersebut, dihitung dengan menggunakan perhitungan standar deviasi.