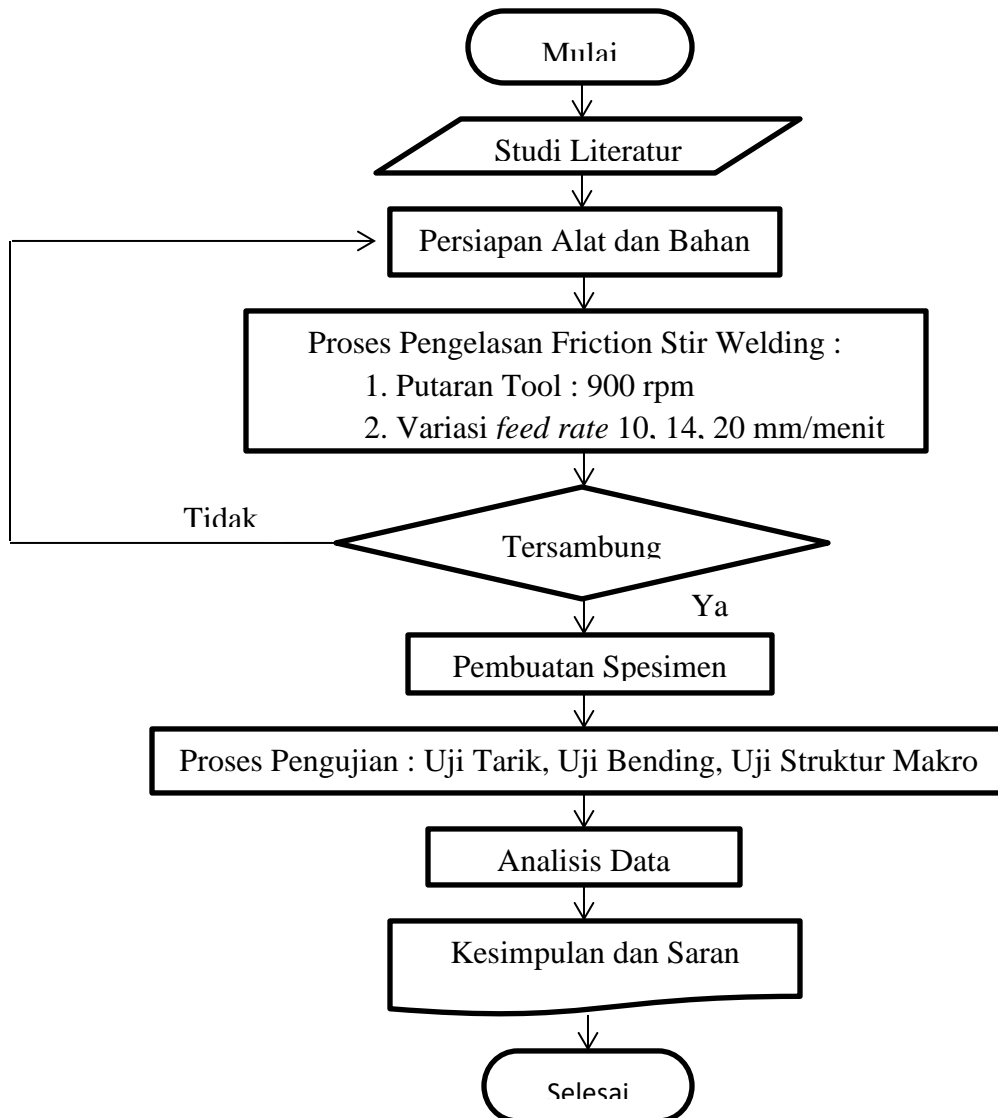


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa langkah-langkah proses pada pengelasan *friction stir welding*, langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian *Friction Stir Welding*

## 3.2. Pengadaan Alat dan Bahan

### 3.2.1. Alat Penelitian

#### 1. Mesin Milling

Pada penelitian ini proses pengelasan friction stir welding menggunakan alat mesin milling berbentuk vertikal model FM-2SK Chevalier. Mesin milling ini memiliki sebuah meja penggerak otomatis agar ketika proses friction stir welding berjalan dapat lebih stabil dengan adanya meja penggerak pada mesin milling tersebut. Proses kerja pada mesin milling adalah dengan mengubah energi listrik menjadi energi gerak yang dihasilkan dari motor listrik yang terdapat pada mesin milling, kemudian energi gerak tersebut akan diteruskan ke transmisi menjadi sebuah energi gerak berputar pada spindle mesin milling. Spindel yang berputar akan bersentuhan pada benda kerja yang telah dicekam dan akan menimbulkan gesekan antara putaran spindle dengan benda kerja dan terjadi proses pengelasan friction stir welding dengan mesin milling vertikal. Bentuk mesin milling vertikal yang ditunjukkan pada Gambar 3.2



**Gambar 3.2** Mesin Milling

## 2. Alat Uji tarik

Alat uji tarik digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik terhadap sebuah material yang akan diuji. Pada penelitian ini uji tarik dilakukan di laboratorium politeknik ATMI Surakarta dengan menggunakan mesin universal testing machine Z020 seperti ditunjukkan pada gambar 3.3. dan Tabel 3.1 spesifikasi mesin universal testing machine Z020.



**Gambar 3.3** Alat uji tarik dan bending

**Tabel 3.1** Spesifikasi alat uji tarik dan uji bending Zwick Roell

Tipe	Z020
Pabrikan	<i>Zwick/Roell (germany) tahun 2007</i>
Fungsi	<i>Tensile, compression, flexural, computer controlled universal materials testing machine, interlaminar, tear tests.</i>
Kisaran kecepatan	0.001-750 mm/min
Kapasitas beban	-20 – +20
Perlengkapan	<i>Tensile Head (10 kN) 3 point bending head 4 point bending head Zwick TestXpert 11.0 Program</i>

3. Alat Uji Bending

Alat uji bending digunakan untuk mengetahui kekuatan lengkung dan kekenyalan pada material ketika diberikan pembebanan. Untuk uji bending menggunakan mesin universal testing machine Z020 sama seperti alat uji tarik hanya dibedakan tool nya saja ketika melakukan pengujian bending, pengujian ini dilakukan dilaboratorium ATMI solo.

4. Alat Uji Struktur Makro

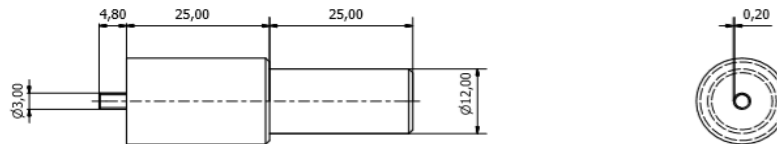
Alat uji struktur makro digunakan untuk mengetahui kerusakan suatu material akibat adanya deformasi pada pengelasan *friction stir welding*. Untuk penelitian ini menggunakan mikroskop optic usb merk CMP 022 dengan perbesaran 50-500 yang telah disambungkan dengan komputer untuk melihat foto pembesaran ketika terjadi deformasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Mikroskop Optic USB

## 5. Tool

Pada penelitian ini pembuatan tool dilakukan dilaboratorium fabrikasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta berbahan tool baja ST 42 baja karbon rendah dengan bentuk tool silinder ulir berdiameter 3mm seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan 3.6.



**Gambar 3.5** Sketsa pin tool ulir 3mm



**Gambar 3.6** Pin Tool Ulir 3mm

#### 6. Gerinda

Alat mesin gerinda merupakan alat potong yang berbentuk piringan yang digunakan untuk memotong atau mengasah suatu benda kerja, dengan prinsip kerja energi listrik mejadi energi gerak agar dapat memotong atau mengasah suatu benda kerja sesuai yang diinginkan seperti pada Gambar 3.7



**Gambar 3.7** Gerinda Tangan

#### 7. Tachometer

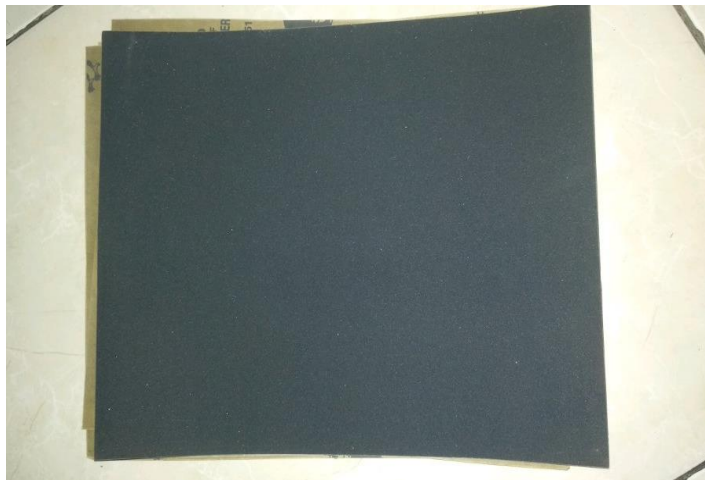
Alat ukur tachometer digunakan untuk mengetahui berapa kecepatan putaran tool yang terdapat pada mesin milling untuk pengelasan friction stir welding seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8



**Gambar 3.8** Tachometer

#### 8. Ampelas

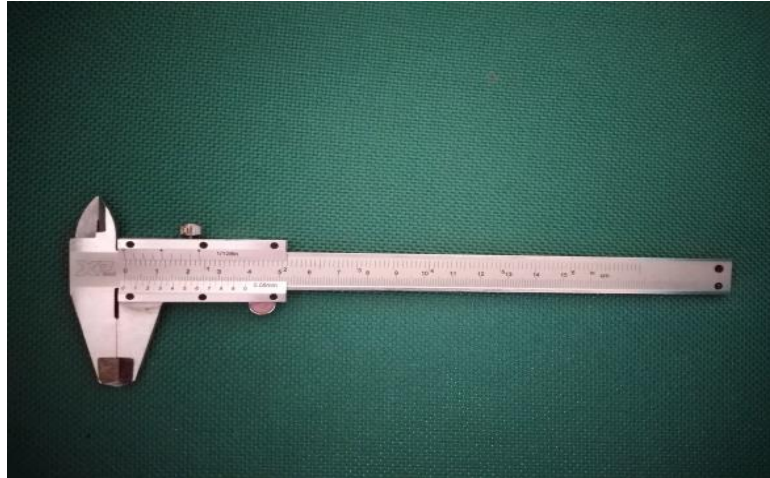
Pada penelitian ini ampelas digunakan untuk merapihkan dan menghaluskan material sebelum dilakukan proses pengelasan friction stir welding seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9



**Gambar 3.9** Ampelas

#### 9. Jangka Sorong

Alat ukur jangka sorong berfungsi untuk mengukur ketebalan atau kedalaman diameter dalam pada suatu material. Pada penelitian ini jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan spesimen dan juga dimensi sebelum dilakukan proses pengelasan friction stir welding.



**Gambar 3.10.** Jangka Sorong

#### 10. Stopwatch

Pada penelitian ini stopwatch digunakan untuk mengetahui lamanya waktu pada pengelasan friction stir welding, stopwatch dapat dilihat dengan aplikasi yang terdapat pada handphone.

#### 11. Water Jet

Water jet adalah salah satu alat pemotong dengan cara menggunakan air sebagai kekuatan pemotongan pada benda kerja, dengan menyemprotkan air yang bertekanan tinggi pada benda kerja yang akan dipotong dan untuk water jet ini menggunakan nozzle dengan diameter lubang 0,1- 4mm. Alat pemotong water jet digunakan untuk memotong spesimen untuk uji tarik serta uji bending pada penelitian ini, jasa pemotongan dengan water jet ini dilakukan di tempat Jogja Citra Kreasi sebagai jasa pemotongan yang menggunakan alat pemotong seperti water jet.



### 3.2.2. Bahan Penelitian

Pada penelitian ini bahan dasar yang digunakan adalah bahan atau material polimer jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan ketebalan material 5mm, lebar 80mm, dan panjang material polimer ini 100mm seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.11



**Gambar 3.11** HDPE

Adapun karakteristik sifat fisik dan mekanik HDPE ditunjukkan pada tabel 3.2 sebagai berikut.

**Tabel 3.2** sifat fisik dan mekanik (HDPE)

NO	Nama Jenis	Keterangan
1.	Nama Kimia	High Density Polythelene
2.	Trade Name	HDPE
3.	Sinonim	Polythelene
4.	Rumus Molekul	(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>n</sub>
5.	Fisik	Padat
6.	Melting Point	100-135 <sup>0</sup> C/212-275 <sup>0</sup> F
7.	Spesific Grafity (20 <sup>0</sup> C)	0,94-0,958
8.	Titik Leleh	125-130 <sup>0</sup> C
9.	Derajat Kristanilitas	85-95%
10.	Berat Jenis	0,95-0,96
11.	Titik Lunak	124 <sup>0</sup> C
12.	Kekuatan Tarik	245kgf/cm <sup>2</sup>
13.	Perpanjangan	100%

### 3.3. Waktu dan Tempat Penelitian

Pada penelitian ini terdapat dua kegiatan utama yaitu pembuatan dan pengujian bahan atau material. Waktu penelitian dimulai pada 22 september 2018 sampai 20 januari 2019. Untuk tempat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Proses pemotongan material dilakukan dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Proses pengelasan *friction stir welding* dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Pembuatan untuk spesimen dilakukan di Jogja Citra Kreasi.
4. Pengujian tarik dan bending dilakukan di Laboratorium ATMI Surakarta.

5. Pengujian struktur makro dilakukan di dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

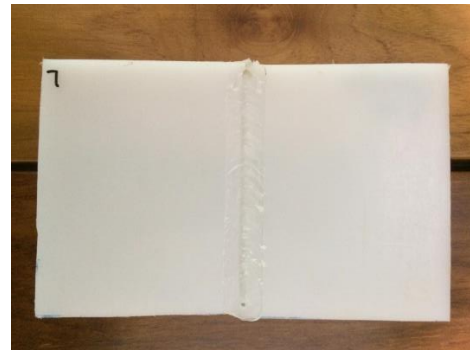
### **3.4. Proses Penelitian**

Pada proses penelitian ini pengelasan *friction stir welding* dengan material polimer HDPE menggunakan mesin milling vertikal yang ada di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan kecepatan putar spindle sebesar 900 rpm dengan pemakanan benda kerja *feed rate* bervariasi 10mm/menit, 14mm/menit, dan 20mm/menit.

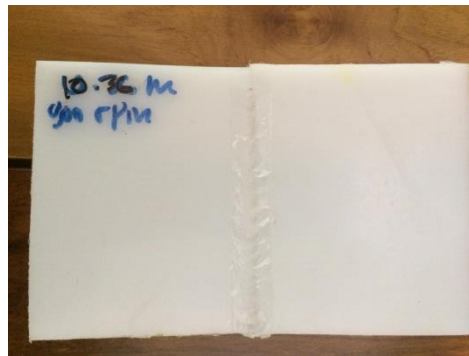
Untuk proses penelitian dengan *feed rate* 10mm/menit menghasilkan hasil lasan yang kurang baik terhadap penyambungan pada benda kerja karena terjadi pengelupasan material disebabkan oleh terlalu lamanya waktu pada saat pengelasan sangat berpengaruh pada hasil lasan. Pada *feed rate* 14mm/menit dengan waktu yang cukup baik pada proses pengelasan, hasil pemakanan pada proses pengelasan di dapatkan hasil yang lebih baik dari pada hasil yang pertama dengan *feed rate* 10mm/menit karena bahan atau material yang dari plastik HDPE tidak terlalu kuat terhadap energi panas yang terjadi akibat lamanya waktu pada proses pengelasan serta gesekan antara pin tool dengan benda kerja. Begitu juga dengan proses pengelasan dengan *feed rate* 20mm/menit dengan pengelasan awal yang terjadi pada saat pengelasan terlihat lebih baik tidak terdapat pengelupasan pada material dikarenakan waktu pengelasan terlalu cepat dan panas yang terjadi tidak terlalu besar pada proses pengelasan berlangsung. Lebih lama waktu pada pemakanannya, akibat dari ditambahkannya waktu pemakanan hasil lasan terjadi pengelupasan yang cukup banyak dan hasil lasan menjadi agak kurang baik karena energi panas pada tool yang bergesekan dengan benda kerja pada proses penelitian pengelasan *friction stir welding* HDPE. Seperti pada yang ditunjukkan pada gambar 3.12 hasil proses pengelasan penelitian ini.



a).



b).



c).

**Gambar 3.12** a). Hasil las *feed rate* 10mm/menit b). *feed rate* 14mm/menit  
c). *feed rate* 20mm/menit.

### 3.4.1. Proses Pengelasan

Pada penelitian ini, proses pengelasan *friction stir welding* dengan bahan atau material *High Density Polyethylene* (HDPE) menggunakan beberapa parameter diantaranya : kecepatan putar spindle dibuat konstan dengan kecepatan sebesar 900 rpm, kecepatan *feed rate* bervariasi dari 10mm/menit, 14mm/menit sampai 20mm/menit.

Berikut ini langkah-langkah pada proses pengelasan *friction stir welding* dengan bahan atau material HDPE :

1. Menyalakan arus listrik MCB yang terhubung dengan mesin milling vertikal.
2. Menyetel putaran spindle dengan kecepatan 900 rpm

3. Memasang tool pada collet mesin milling, pastikan tool terpasang dengan baik dan kuat agar tetap dan tidak berubah saat proses pengelasan
4. Mengatur kecepatan *feed rate* dengan kecepatan awal 10mm/menit.
5. Memasang cekam pada benda kerja pada dua sisi agar ketika proses pengelasan benda kerja tidak berubah posisinya
6. Menyetel tool agar lurus pada benda kerja yang akan dilas
7. Menyalakan mesin milling dan juga menekan tool kepada benda kerja secara perlahan, menjalankan laju dari meja agar menimbulkan panas yang terjadi akibat gesekan tool dengan benda kerja pada proses penyambungan lasan.
8. Menunggu sampai tool berada pada ujung lasan, kemudian matikan mesin milling dan angkat tool dari benda kerja, lepaskan cekaman dari benda kerja bersihkan sisa hasil lasan pada benda kerja.
9. Mengulangi langkah-langkah seperti diatas dengan hanya merubah kecepatan *feed rate* sebesar 14mm/menit dan 20mm/menit.

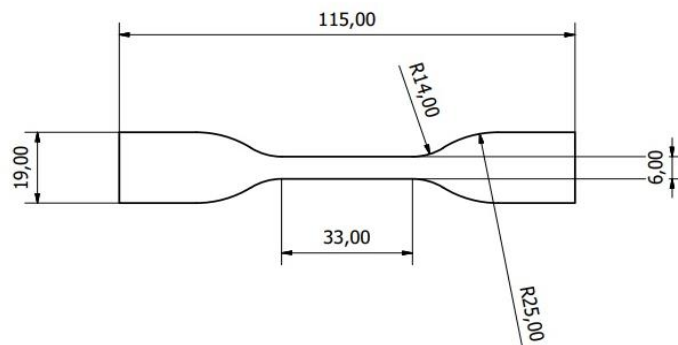


**Gambar 3.13.** Proses Pengelasan

Setelah melakukan beberapa proses penyambungan pengelasan friction stir welding seperti diatas, hasil dari proses pengelasan ini selanjutnya akan menjadi bahan penelitian tentang pengaruh feed rate terhadap hasil kekuatan mekanik pengelasan friction stir welding dan sifat mekanik yang dihasilkan.

### 3.5. Persiapan dan Pengujian Spesimen

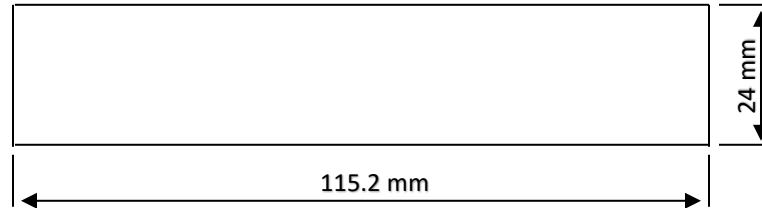
Pada persiapan spesimen, setelah material HDPE sudah melakukan proses penyambungan pengelasan FSW kemudian lasan yang telah tersambung dipotong sesuai dengan standar ASTM D 638 tipe IV dan ASTM D 790 dengan menggunakan water jet. Pemotongan spesimen dilakukan di Citra Jogja Kreasi tujuan dilakukannya pemotongan ini seperti pada gambar 3.15 dan 3.17 spesimen Raw Material untuk pengujian tarik dan beding.



Gambar 3.14 Sketsa uji tarik



Gambar 3.15 Spesimen Raw material uji tarik



**Gambar 3.16** Sketsa Uji Bending



**Gambar 3.17** Spesimen Raw material uji bending

### 3.5.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik pada suatu benda atau material dan juga sifat-sifat suatu bahan. Kekuatan tarik itu sendiri adalah suatu sifat bahan yang digunakan untuk mencari kekuatan dari suatu bahan ketika dilakukan pembebanan tarik sampai terjadi patahan pada bahan untuk mengetahui seberapa kuat bahan atau material tersebut dengan pengujian tarik, dengan pengujian tarik dapat mengetahui suatu perubahan regangan dan tegangan pada titik tertinggi dari kurva regangan dan tegangan yang disebut kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*).



**Gambar 3.18.** Pengujian Tarik

Dari data yang dihasilkan pada pengujian tarik untuk mendapatkan grafik tegangan dan regangan, diperoleh dengan menggunakan rumus :

1. Tegangan Tarik

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

2. Regangan Tarik

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

3. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} = \frac{F.L_0}{A.\Delta L} \dots\dots\dots (3.3)$$



Dengan :  $E$  = Modulus Young atau modulus elastisitas (Mpa)

$L_0$  = Panjang awal (mm)

$\Delta L$  = Penambahan panjang (mm)

$F$  = Beban (N)

$A_0$  = Luas area awal ( $mm^2$ )

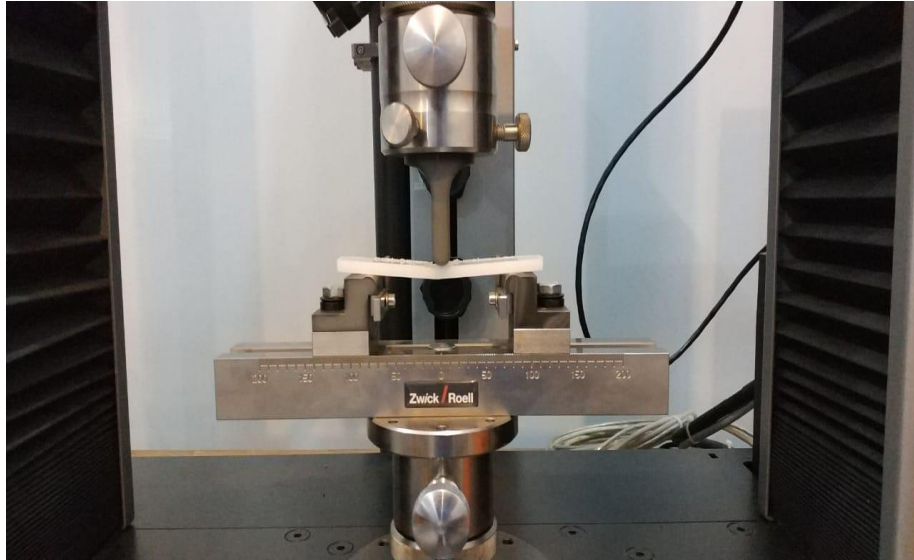
Adapun langkah-langkah pada pengujian tarik menggunakan mesin universal testing machine Z020 sebagai berikut.

1. Menyesuaikan standar pengujian pada spesimen dengan menggunakan standar ASTM D 638.
2. Menyalakan komputer serta alat untuk pengujian tarik yang saling terhubung ketika sedang melakukan proses pengujian.
3. Mengatur kecepatan uji tarik yang akan digunakan dengan kecepatan 5mm/menit.
4. Memasang spesimen uji tarik pada pencekam mesin universal testing machine Z020 kemudian menyesuaikan tanda *up* dan *down*.
5. Menjalankan proses program *Zwick Test Xpert* pada komputer yang tersambung dengan alat uji tarik.
6. Mengisi data material yang akan diuji pada kolom method window
7. Membuat report screen yang terdiri dari nomor test, tanggal test, area yield point, yield strength, elongation, max&break dan nama material pada file material yang akan diujikan.
8. Memulai pengujian dengan menekan tombol start dan akan ditampilkan pada saat proses pengujian berupa grafik regangan dan tegangan dimonitor komputer yang sudah tersambung dengan alat uji, kemudian setelah material uji patah maka mesin akan berhenti secara otomatis.
9. Memilih data yang akan ditampilkan pada lembaran hasil pengujian.
10. Mencetak hasil pengujian tarik.

11. Melakukan pengujian kembali sama seperti pada saat awal pengujian dengan variasi yang berbeda.

### **3.5.2 Pengujian Bending**

Pengujian bending merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan atau material yang akan menerima pembebanan lengkung. Pelengkungan (bending) adalah dimana terjadi pembebanan pada suatu titik bahan atau material yang ditahan oleh di atas dua tumpuan, ketika bahan atau material menerima pembebanan pada satu titik maka akan terjadi deformasi secara bertahap dengan dua buah gaya yang bekerja berlawanan pada saat bersamaan. Pada uji lengkung ini memiliki beberapa tujuan yang berbeda tergantung pada kebutuhannya, dan untuk pengujian ini akan mencari nilai kekuatan bending pada *root* (akar lasan). Berdasarkan kebutuhan dari bahan atau material yang di uji terdapat dua kebutuhan yang berbeda yaitu : pengujian lengkung bahan dan pengujian lengkung perubahan bentuk, perbedaan dari dua kebutuhan tersebut ialah pengujian lengkung bahan bertujuan untuk mengetahui proses bahan atau material dalam menerima suatu pembebanan, sedangkan lengkung perubahan bentuk bertujuan untuk mengetahui bagaimana perubahan bentuk lengkung bahan atau material ketika dalam pengujian dengan penekanan pada bahan tersebut.



**Gambar 3.19** Pengujian Bending

Untuk mengetahui nilai kekuatan material HDPE pada pengujian bending maka digunakan persamaan rumus sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{3 PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan :

- $\sigma$  = Tegangan lentur (MPa)
- $P$  = Beban/gaya yang terjadi (N)
- $L$  = Jarak point/span (mm)
- $b$  = Lebar spesimen (mm)
- $d$  = Ketebalan specimen (mm)

Adapun langkah-langkah pada pengujian bending dengan menggunakan mesin universal testing machine Z020 sebagai berikut.

1. Menyesuaikan standar pengujian pada spesimen dengan menggunakan standar ASTM D 790 .

2. Menyalakan komputer serta alat untuk pengujian bending yang saling terhubung ketika sedang melakukan proses pengujian.
3. Mengatur kecepatan uji bending yang akan digunakan dengan kecepatan 2mm/menit.
4. Menyesuaikan jarak span pada material yang akan diujikan.
5. Menjalankan proses pengujian dengan komputer yang sudah tersambung pada mesin uji bending universal testing machine Z020.
6. Mengisi data material yang akan diuji pada kolom method window.
7. Memulai pengujian dengan menekan tombol start dan akan ditampilkan pada saat proses pengujian pada computer yang tersambung dengan mesin universal testing machine Z020 kemudian setelah material uji patah maka mesin akan berhenti dengan otomatis.
8. Setelah selesai pengujian kemudian memilih data yang sudah ada di komputer dan mencetak hasil data yang terdapat pada mesin uji bending.
9. Melakukan pengujian kembali sama seperti pada saat awal pengujian dengan variasi yang berbeda.

### **3.5.3. Pengujian Struktur Makro**

Pengujian makro adalah suatu bentuk pengujian dengan melihat secara langsung terhadap benda kerja yang akan diujikan menggunakan alat visual uji makro optik, dengan bertujuan agar dapat mengetahui permukaan yang terdapat celah, serta lubang-lubang yang terdapat pada benda kerja yang diujikan. Pada pengujian makro ini memiliki angka pembesar makro sebesar 0,5 kali sampai 50 kali, pemeriksaan uji makro ini biasanya pada bahan material yang memiliki struktur Kristal yang besar dan kasar seperti, bahan logam dan juga non logam (thermoplastic).



**Gambar 3.20** uji makro optik

Adapun langkah-langkah pada pengujian struktur makro dengan alat uji makro optik sebagai berikut.

1. Menempelkan alat uji makro pada meja yang akan menjadi dudukan pada saat melakukan proses pengujian.
2. Menyalakan komputer serta menghubungkan alat uji makro optik yang akan tersambung dengan computer pada saat proses pengujian.
3. Meletakkan benda uji dibawah kamera optik kemudian memfokuskan kamera optik agar mendapatkan gambar hasil uji struktur makro yang baik.
4. Mengambil gambar hasil pengelasan yang akan diperbesar dengan alat uji optik.
5. Mengulangi langkah-langkah seperti diatas dengan benda uji yang variasinya berbeda.

