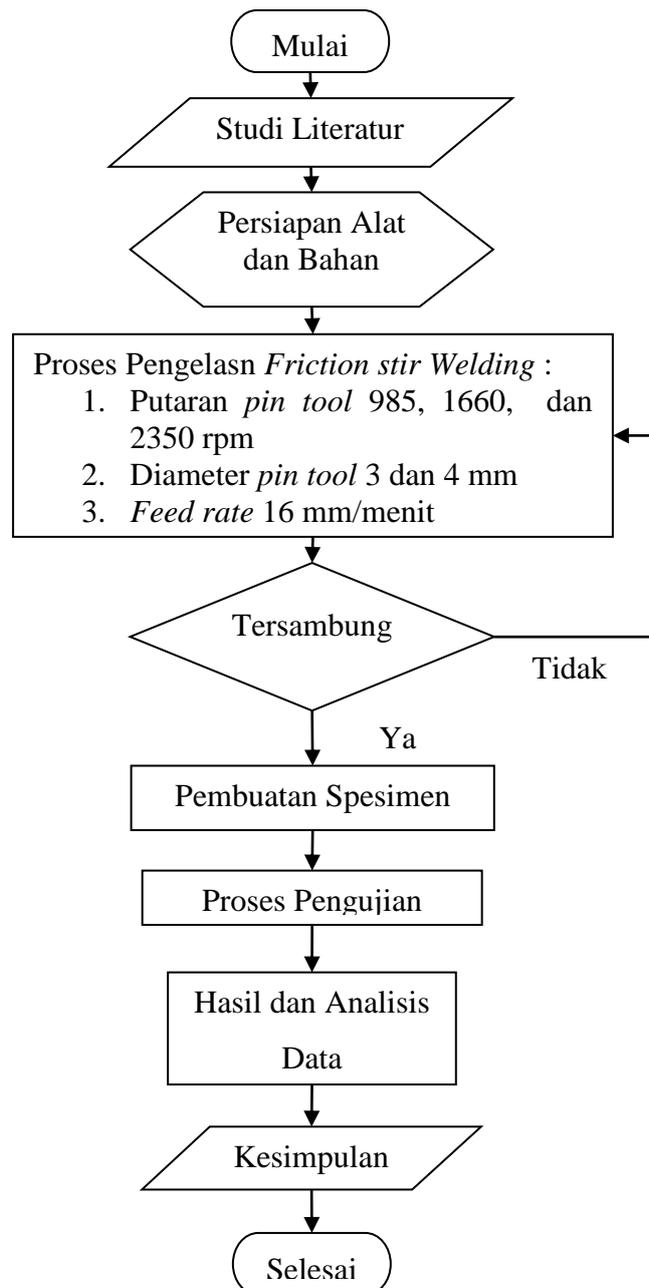


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini memiliki beberapa langkah yang dilakukan. Adapun langkah – langkah dalam proses penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian *Friction Stir Welding*

3.2 Pengadaan Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

- Mesin Milling

Mesin milling yaitu mesin yang prinsip kerjanya berputar serta memotong atau menyayat benda kerja, umumnya menggunakan alat potong bermata banyak. Mata pahat dipasang pada sumbu pulley sekunder yang didukung dengan pencekam mesin milling dan digerakan oleh energi listrik menjadi energi gerak putar oleh motor listrik yang dihubungkan ke pulley primer dan diteruskan ke pulley sekunder sehingga mata pahat dapat berputar memotong dan menyayat benda kerja. Mesin milling yang digunakan yaitu model FM-2SK Chevalier vertikal seperti yang terlihat pada gambar 3.2 digunakan sebagai mesin pengelasan friction stir welding. Penggunaan alat ini berlokasi di gedung G6 Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas muhammadiyah Yogyakarta



Gambar 3.2 Mesin Milling

- Alat Uji Struktur Makro

Alat uji struktur makro yang digunakan pada penelitian ini menggunakan mikroskop optik Olympus yang dihubungkan dengan komputer sebagai tempat penyimpanan gambar hasil pengamatan seperti pada Gambar 3.3. Penggunaan alat ini berlokasi di gedung G6

Laboratorium Struktur Makro dan Mikro Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.3 Alat Uji Struktur Makro

- Alat Uji Tarik

Alat uji tarik adalah alat yang digunakan untuk mengetahui kekuatan suatu material terhadap gaya tarik. Pada penelitian ini menggunakan mesin Zwick/Roell seperti pada Gambar 3.4. Penggunaan alat ini berlokasi di Balai, Besar, Karet, Kulit dan Plastik (BBKKP) Yogyakarta.



Gambar 3.4 Alat Uji Tarik Zwick/Roell Z020

- **Alat Uji Kekerasan**

Alat uji kekerasan adalah alat yang digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan sebuah material. Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk uji kekerasan menggunakan alat *Shore D Durometer*, alat ini dipilih karena untuk pengujian kekerasan material jenis rubber dan plastik seperti HDPE, polycarbonate, dan polypropilene disarankan menggunakan pengukuran kekerasan *Shore D*. (NDT-INDONESIA, 2018, <http://ndt-indonesia.com/metode-dan-skala-ukur-pada-shore-hardness-tester-durometer-145>). Pada gambar 3.5 merupakan contoh *Shore D Durometer*



Gambar 3.5 Alat Uji Kekerasan *Shore D Durometer*

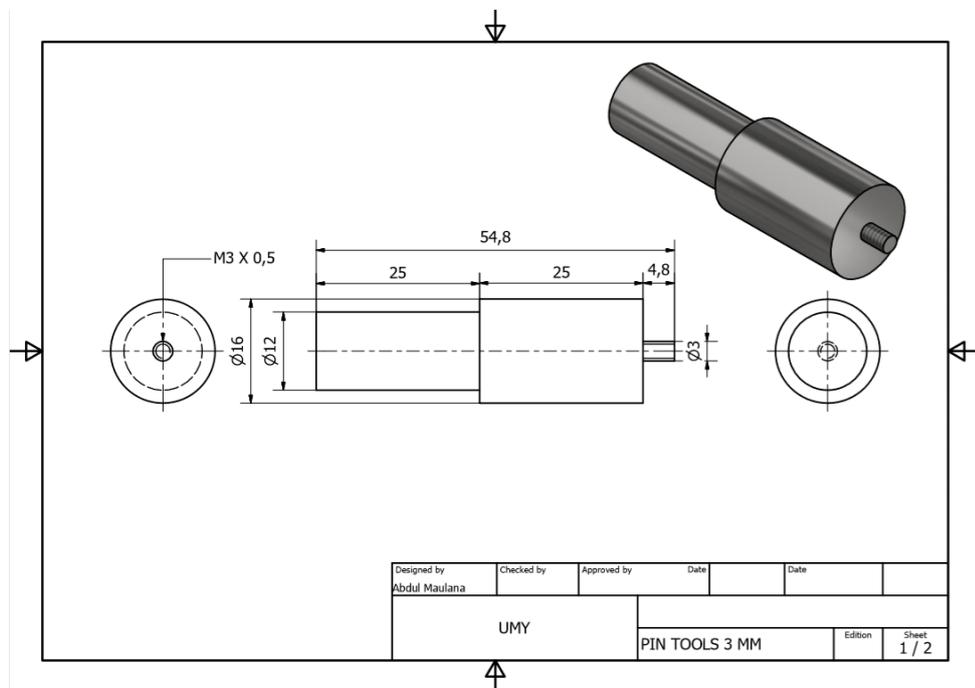
- *Pin tool*

Pin tool adalah alat yang terbuat dari logam berbentuk silinder bertingkat dilengkapi sebuah pin dan *shoulder* yang digunakan untuk menggesek kedua sisi material yang akan di las sampai mendekati titik leleh hingga tersambung. Pada penelitian ini menggunakan bentuk pin tool silinder ulir, dengan 2 variasi diameter pin yang berbeda (3 mm dan 4 mm), seperti yang terlihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Pin Tool*

Proses pembuatan tool diawali dengan pembuatan desain tool dengan menggunakan software autodesk inventor 2018 yang berlokasi di Lab Komputer Teknik Mesin Uneversitas Muhammadiyah Yogyakarta. Sebelum pembuatan pin tool dilakukan pemilihan bahan, pada penelitian ini dipilih bahan Stainless Steel sebagai material utama pembuatan pin tool, selanjutnya untuk pengerjaan tool dikerjakan sendiri dengan menggunakan mesin bubut yang berlokasi di Lab Fabrikasi Teknik Mesin Uneversitas Muhammadiyah Yogyakarta. Adapun desain serta dimensi *pin tool* dapat dilihat pada Gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.7 Sketsa *Pin Tool*

- Mesin potong

Mesin potong adalah mesin yang digunakan untuk memotong spesimen yang akan dilas, jenis mesin potong yang digunakan untuk membuat spesimen yaitu sejenis gerinda potong duduk seperti pada gambar 3.8 di bawah ini. Mesin potong ini berlokasi di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.8 Mesin Potong

- Termometer

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu pada benda kerja. Pada penelitian ini digunakan termometer digital yang digunakan untuk mengukur suhu dari awal shoulder pin tool menggesek benda kerja yang akan di las, seperti pada Gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.9 Termometer

- Jangka sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur suatu benda bagian luar, bagian dalam dan kedalaman. Pada penelitian ini digunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,5 seperti pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Jangka Sorong

- Tachometer

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putar sebuah benda yang berputar. Pada penelitian ini digunakan tachometer digital laser untuk mengukur kecepatan putar dari mesin Frais milling seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Digital Tachometer DT-2234C⁺

- Amplas

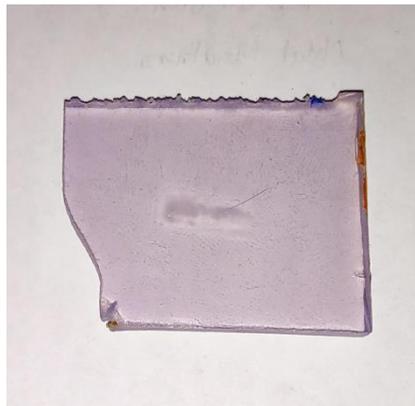
Amplas adalah alat yang digunakan untuk menghaluskan atau mengurangi tebal benda kerja. Pada penelitian ini amplas digunakan untuk untuk menghaluskan dan mengurangi tebal spesimen yang akan di uji tarik, dari tebal spesimen 5 mm menjadi 4 mm. Hal ini dilakukan untuk memenuhi standarisasi ketebalan dari ASTM D638 tipe IV.



Gambar 3.12 Amplas

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu lembaran polimer jenis *polycarbonate* (PC) dengan ketebalan 5 mm, panjang 150 mm dan lebar 100 mm seperti pada Gambar 3.13. Adapun sifat fisik dan kimia polycarbonate (PC) terlihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3.13 Polycarbonate sheet

Tabel 3.1 Sifat mekanik *polycarbonate*

<i>Mechanical Properties of Polycarbonate</i>	
<i>Tensile strength</i>	55 - 80 Mpa
<i>Elongation at break</i>	80 - 200 %
<i>Flexural strength</i>	100 - 150 Mpa
<i>Notched impact strength</i>	>20 kJ/m ²

(Budyantoro, 2018)

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini dimulai pada tanggal 25 Januari 2019 sampai dengan 25 Juli 2019. Adapun beberapa tempat yang digunakan sebagai tempat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses pembuatan pin tool dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Pemotongan benda kerja dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Proses pengelasan *Friction Stir Welding* dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Pembuatan spesimen uji tarik dilakukan di Citra Jogja Kreasi.
5. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Balai Besar Karet Kulit dan Plastik.
6. Pengujian struktur makro dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Politeknik ATMI Surakarta.

3.4 Proses Penelitian

Proses penelitian ini awalnya dilakukan dengan melakukan pengelasan *friction stir welding* dengan percobaan parameter-parameter guna untuk mendapatkan hasil yang cukup optimal dalam pengelesan, diantaranya pemilihan kecepatan pengelasan dan putaran spindel. Percobaan kecepatan putar yang dilakukan yaitu 985 rpm, 1560 rpm, dan 2350 rpm

3.4.1 Proses Pengelasan

Proses pengelasan *Friction stir welding* pada penelitian ini menggunakan mesin milling dengan parameter yang sudah ditentukan dari percobaan pengelasan material guna mendapatkan hasil yang cukup maksimal dan dibuat konstan yaitu ; bentuk pin tool silinder berulir,

diameter pin tool 3mm dan 4mm, kecepatan putaran spindel 985, 1660, 2350 rpm, suhu awal pengadukan material 40°C dan feed rate 16 mm/menit.

Adapun langkah-langkah proses pengelasan friction stir welding menggunakan polycarbonate sebagai berikut:

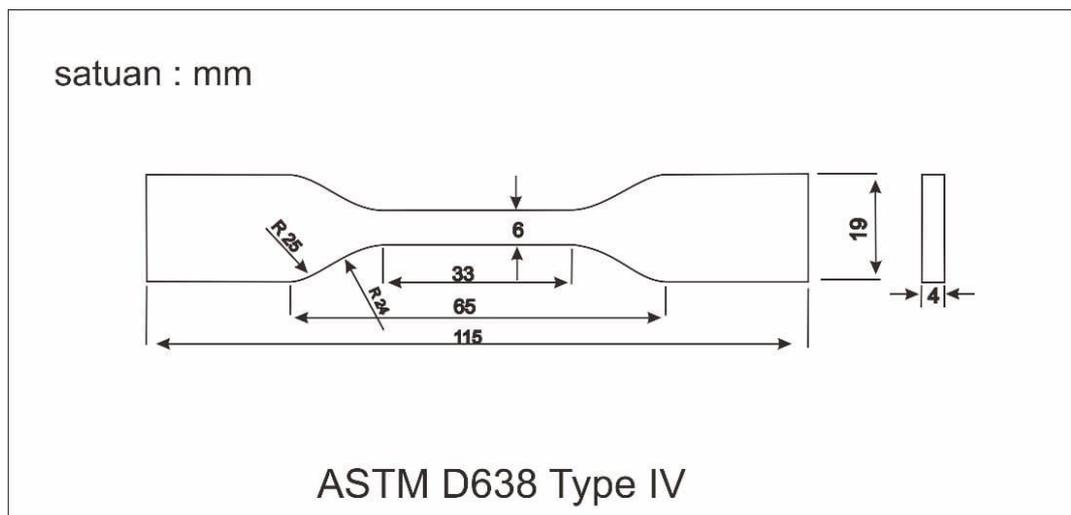
1. Mengaktifkan saklar mesin milling dari posisi OFF ke posisi ON
2. Mengatur putaran spindel pada kecepatan 985, 1660, 2350 rpm dengan cara memindahkan posisi V-belt keposisi puli yang telah ditentukan pada mesin milling.
3. Memasang pencekam benda kerja pada meja kerja mesin milling.
4. Mengkalibrasi kerataan permukaan pencekam benda kerja dengan menggunakan dial indikator.
5. Memasang pin tool pada pencekam mesin milling dan pastikan pencekam sudah kencang sebelum melakukan pengelasan.
6. Memasang benda kerja pada pencekam meja kerja mesin milling.
7. Menjalankan mesin milling dan menekan tool secara perlahan ke lembaran polycarbonate sesuai dengan parameter kedalaman tool yang telah ditentukan.
8. Sebelum menjalankan otomatis laju meja kerja pada mesin milling, terlebih dahulu menunggu suhu adukkan benda kerja dengan shoulder tool mencapai 40°C dengan menggunakan termometer Leser digital.
9. Siapkan stopwatch untuk menghitung waktu pengelasan
10. Setelah pin tool sudah hampir diujung benda kerja, matikan otomatis laju meja kerja pada mesin milling.
11. Kemudian angkat pin tool dari benda kerja dalam keadaan pin tool masih berputar guna menghindari lelehan polycarbonat menempel pada ujung tool, lalu matikan putaran mesin.
12. Tunggu sekitar beberapa menit setelah proses pengelasan sampai lasan benar-benar dingin agar benda hasil lasan tidak melengkung.
13. Sebelum melakukan pengelasan selanjutnya, pastikan pin tool dalam keadaan dingin seperti semula dan cek secara berkala pin

tool untuk memastikan dimensi pin tool seperti parameter yang telah ditentukan.

Ulangi langkah-langkah diatas untuk melakukan pengelasan selanjutnya atau sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

3.5 Persiapan dan Pengujian Spesimen

Persiapan spesimen uji dilakukan pada sambungan lembaran polycarbonat yang telah disambung dengan menggunakan metode pengelasan friction stir welding. Kemudian langkah awal sebelum pembuatan spesimen uji yaitu pembuatan sketsa atau pola sesuai dengan standar pengujian yang digunakan yakni ASTM D 638 tipe IV seperti pada Gambar 3.12 dan 3.13 untuk spesimen uji tarik. Pembuatan spesimen uji dilakukan di Citra Jogja Kereasi dengan menggunakan teknologi water jet untuk mempermudah dan mempercepat proses pembuatan spesimen uji. Setelah pembuatan spesimen uji dengan water jet selesai, spesimen yang tebal awalnya 5 mm dibuat 4 mm dengan cara mengamplas permukaan spesimen dengan menggunakan amplas kasar 600 dan 800 untuk mempercepat pengurangan tebal spesimen dan amplas 1000 untuk menghaluskan permukaan spesimen guna menyesuaikan dimensi tebal spesimen dengan standar pengujian yang telah ditentukan.



Gambar 3.14 Spesimen Uji Tarik Menurut ASTM D638 Tipe 4



Gambar 3.15 Spesimen Uji Tarik

Digunakannya standar pengujian ASTM D 638 tipe IV karena pada pengujian ini dibutuhkan perbandingan spesifikasi hasil pengelasan yang mana dari standar pengujiannya sendiri, digunakan untuk material bahan lain – lain yang termasuk *polycarbonate*. Dan digunakan tipe 4 karena dimensi yang dibutuhkan untuk pengujian dimulai dari panjang, lebar, dan lain – lain mengacu pada tipe tersebut.

3.5.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besar nilai kuat tarik dari sebuah material dan untuk memperkirakan karakteristik dari material, sehingga pada saat perancangan dapat memilih material sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

Pelaksanaan pengujian pada spesimen polycarbonat dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen pada penjempit mesin uji, kemudian ditarik sesuai kecepatan yang telah ditentukan dengan standarisasi pengujian yang digunakan hingga spesimen uji mengalami perputahan dan memperoleh beban maksimum dari hasil pengujian.

Langkah-langkah proses pengujian tarik *polycarbonate* adalah sebagai berikut :

1. Menentukan standarisasi pengujian yang digunakan yaitu ASTM D 638 tipe IV.
2. Menyiapkan spesimen uji *polycarbonate* sesuai dimensi standar ASTM D 638 tipe IV.
3. Mengaktifkan unit komputer dan mesin uji tarik sebelum proses pengujian.
4. Mengatur kecepatan tarik yang digunakan yaitu 5 mm/menit.
5. Mengatur spesimen pada pencekam mesin uji tarik dengan menyesuaikan bagian atas dan bawah.
6. Menjalankan program Zwick/Roel Z020 pada unit komputer.
7. Mengisi data material uji pada *method windows*.
8. Memulai pengujian dengan mengklik start pada monitor komputer dan menunggu hasil pengujian sampai mengalami patah.
9. Membuat report screen yang terdiri dari tanggal tes, nama material dan lainnya.
10. Memilih dan menyimpan data yang akan ditampilkan dilembar hasil pengujian.
11. Melakukan pengujian berikutnya seperti langkah sebelumnya sampai selesai.

Setelah mendapat hasil dari pengujian maka dibuat grafik tegangan-regangan dengan rumus seperti berikut :

1. Tegangan Tarik

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

2. Regangan Tarik

$$\varepsilon = \Delta L/L_0 \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

3. Modulus Elastisitas

$$E = \sigma/\varepsilon = F/A : \Delta L/L_0 \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana :

E = Modulus Elastisitas (MPa)

L_0 = Panjang Awal (mm)

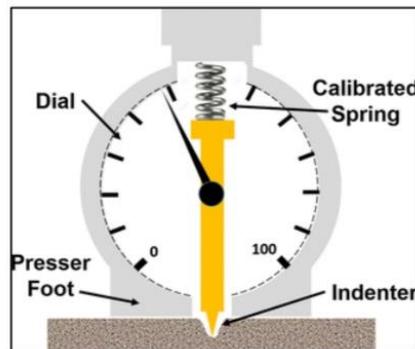
ΔL = Penambahan Panjang (mm)

F = Beban (N)

A_0 = Luas Area Awal (mm²)

3.5.2 Pengujian Kekerasan

Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah *shore D*, alat ini termasuk dalam kategori *durometer hardness test*. Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui besar nilai kekerasan atau sifat mekanik sambungan menggunakan metode friction stir welding pada material *polycarbonate*. Satuan yang dipakai untuk pengujian kekerasan menggunakan alat *shore D* ini adalah *Shore D* karena pada jenis pengujian kekerasan ini tingkat kekerasan merupakan nilai empiris atau perbandingan yang berkisar 0 – 100 *Shore D*. Skema pengujian kekerasan menggunakan *durometer hardness test* dapat dilihat pada gambar 3.16



Gambar 3.16 Bentuk indenter pada pengujian kekerasan *durometer* (Broitman, 2017)

3.5.3 Pengujian Struktur Makro

Pengujian struktur makro adalah proses pengamatan permukaan suatu material yang memiliki struktur kristal yang tergolong kasar dan besar dengan menggunakan *microscope*. Pengujian ini biasanya digunakan untuk

mengamati permukaan logam hasil pengelasan, logam hasil pengecoran dan logam yang termasuk non-logam. Umumnya pada pengujian struktur makro memiliki angka kevalidan antara 0,5 sampai 50 kali.

Alat yang digunakan pada pengujian struktur makro ini menggunakan microscope optik usb bermerek Olympus yang hasil gambarnya tersambung langsung dengan unit komputer seperti pada Gambar 3.3. Pengujian struktur makro dilakukan dilaboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Adapun langkah - langkah proses pengujian struktur makro pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengaktifkan unit komputer dan memastikan perangkat komputer tersambung dengan mikroskop optik.
2. Membuka program optik yang sudah terinstall di unit komputer.
3. Meletakkan spesimen uji dibawah kamera optik dan mengatur fokus kamera optik.
4. Mengatur ukuran pembesaran gambar spesimen uji
5. Mengambil gambar pada hasil lasan bagian atas, bagian samping, dan bagian bawah.
6. Menyimpan hasil tangkapan gambar pada unit komputer.
7. Mengulangi langkah-langkah diatas untuk parameter pengujian yang lainnya.