

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Persiapan

Tahapan persiapan dimaksudkan agar selama proses melakukan penelitian dapat meminimalisir terjadinya kesalahan yang menyebabkan kegagalan dan penghentian sehingga proses penelitian menjadi terhambat dan berakibat mundurnya waktu dalam penelitian.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Pembuatan alat untuk proses *shot peening*

1. Alat
 - a. Mesin las listrik
 - b. Gerinda potong
 - c. Gergaji besi
 - d. Mesin penekuk plat
 - e. Mistar
 - f. Kunci kombinasi
 - g. Kunci L
2. Bahan
 - a. *Box* berbahan plastik dengan kapasitas 10 liter
 - b. Selang tahan panas dengan diameter 15 mm
 - c. *Pressure gauge*
 - d. Plat baja
 - e. *Spray gun* dengan diameter *nozzle* 5 mm
 - f. *Tape*
 - g. *Seal tape*
 - h. Mur

3.2.2. Proses perlakuan *shot peening*

1. Alat

a. Mesin *Shot peening*

Kotak untuk melakukan proses *shot peening* berbahan plastik dengan kapasitas 35 liter dan berukuran 470 mm x 320 mm x 270 mm. Dimana jarak ujung dari *nozzle* penyemprotan terhadap plat pemegang benda uji (*holder*) adalah 10 cm dan sudut penyemprotan 90°.



Gambar 3.1 *Shot peening box*

b. Kompresor

Alat ini berfungsi sebagai penampung udara yang tersimpan didalam tabung, dimana udara tersebut akan digunakan dalam proses *shot peening*.



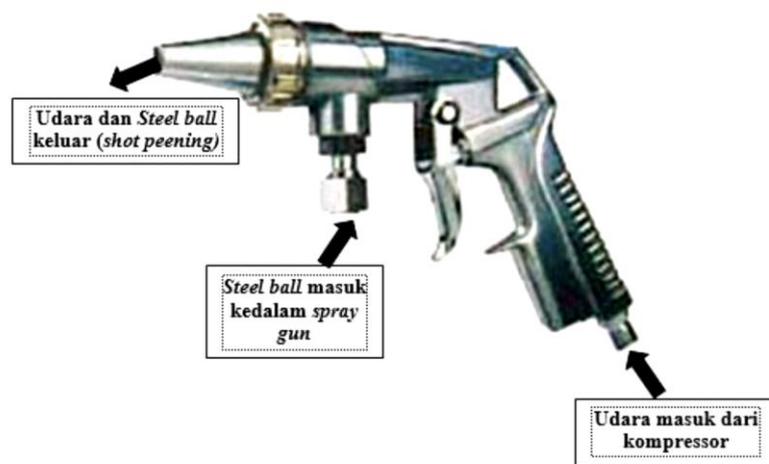
Gambar 3.2 Kompresor

c. *Stopwatch*

Stopwatch berguna untuk menghitung waktu selama proses pengujian *shot peening*. Waktu dalam penelitian ini ditentukan selama 10 menit untuk setiap variasi diameter 0,4 mm, 0,6 mm, dan 0,7 mm.

d. *Spray gun*

Spray gun berfungsi sebagai alat yang digunakan dalam penembakan *steel ball* ke arah permukaan benda uji.



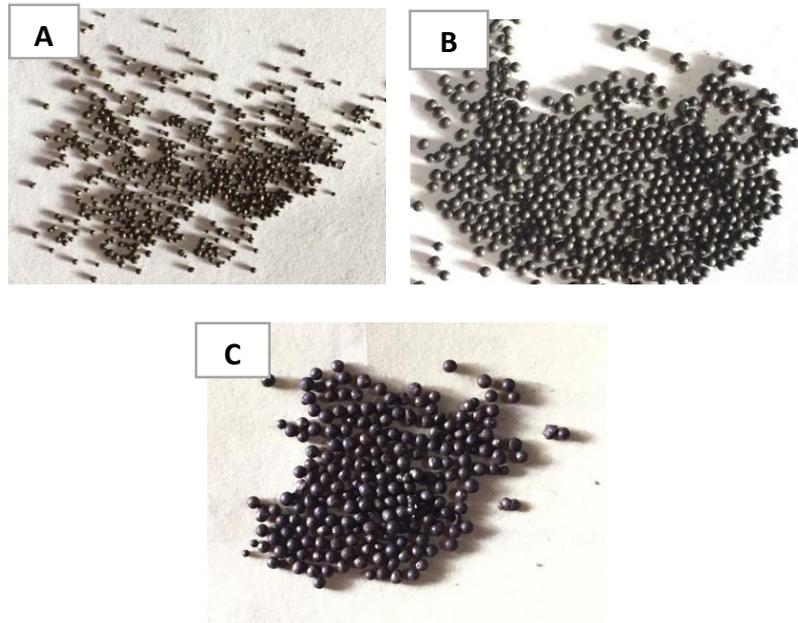
Gambar 3.3 *Spray gun* (Sukarno, 2017)

2. Bahan

- a. *Stainless steel 316L*
- b. *Double tape*
- c. *Steel ball* diameter 0,4 mm, 0,6 mm, dan 0,7 mm

Tabel 3.1 Spesifikasi *Steel Ball* (www.ferrosad.com)

	Carbon	Magnesium	Silikon	Sulphur	Phospor	Kekerasan
%	0,10	1,15	0,15	0,015	0,015	40 - 46 HRC



Gambar 3.4 *Steel ball* (a) Diameter 0,4 mm, (b) Diameter 0,6 mm, dan (c) Diameter 0,7 mm

3.2.3. Pembuatan *jig* dan *dies*

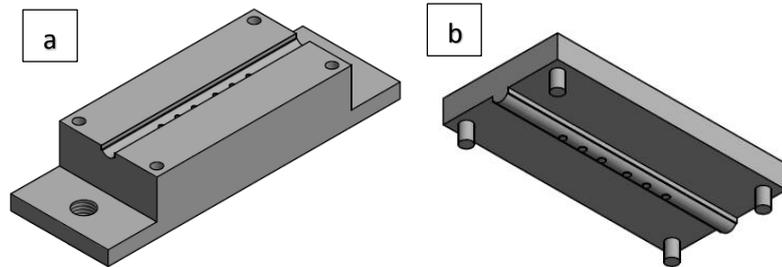
Proses pembuatan *jig* dan *dies* yang digunakan untuk menekuk spesimen dilakukan di Balai Pengembangan Teknologi Tepat Guna (BPTTG) yang beralamat di Jl. AM. Sangaji, No.41, Daerah Istimewa Yogyakarta.

1. Alat
 - a. *Milling machine*
 - b. Mesin bubut
 - c. Mesin las asetelin
 - d. *Vanier caliper*
 - e. Mistar
2. Bahan
 - a. Baja paduan
 - b. Ampelas
 - c. *Penetrating oil*

3.2.4. Proses penekukan material

1. Alat

- a. *Jig dan dies* untuk penekuk material



Gambar 3.5 (a) *Jig* dan (b) *dies*

- b. *Universal Testing Machine (UTM)*

Mesin ini digunakan untuk proses penekukan material. Proses penekukan material dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.6 UTM

2. Bahan

- a. *Dynamic compression plate (DCP) stainless steel 316L.*

Sebelum dilakukan proses penekukan, terlebih dahulu dilakukan pembuatan *camper* pada plat tersebut dan dilakukan pengampelasan.



Gambar 3.7 DCP *stainless steel 316L*

3.2.5. Proses Pengujian

1. Alat
 - a. Miskroskop optik

Alat ini berguna untuk membantu proses penelitian dalam melihat dan mengambil gambar struktur mikro dan makro yang terdapat pada permukaan plat akibat perlakuan *shot peening*.



Gambar 3.8 Miskroskop Mikro



Gambar 3.9 Miskroskop Makro

b. *Surface roughness tester*

Surface roughness tester berfungsi sebagai alat ukur kekasaran pada permukaan material yang telah diberi perlakuan *shot peening*.



Gambar 3.10 *Surface roughness tester*

c. *Vickers hardness tester*

Alat ini berfungsi sebagai alat uji kekerasan.



Gambar 3.11 *Vickers hardness tester*

d. *Vanier caliper*

Jangka sorong (*vanier caliper*) digunakan untuk mengukur ketebalan dan geometri spesimen.



Gambar 3.12 *Vanier caliper*

e. Suntikan

Suntikan berfungsi sebagai media dalam melakukan pengujian *wettability*. Alat ini berguna untuk membantu meneteskan air pada permukaan material sebelum dan sesudah diberi perlakuan *shot peening*.



Gambar 3.13 Suntikan

f. Gerinda potong

g. Mesin poles

h. Kamera digital

i. Mesin *frees*

j. Alat tulis

2. Bahan

- a. Material uji berbahan *stainless steel* 316L yang berukuran 105 mm x 14 mm x 4 mm.

- b. Ampelas dengan nomor 600, 1200, 2000, dan 2500
- c. Kain
- d. Alkohol 70%



Gambar 3.14 Alkohol 70%

3.3. Variable Penelitian

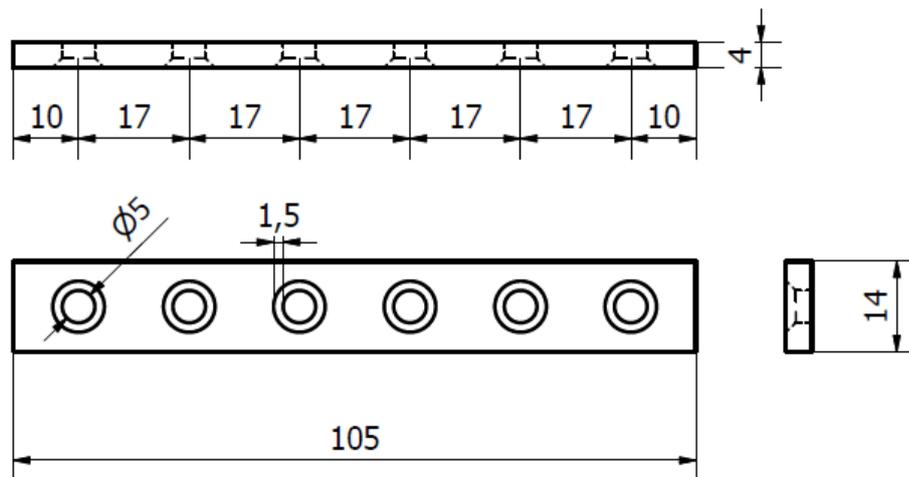
Penelitian ini menggunakan variabel variasi ukuran diameter *steel ball* yaitu 0,4 mm, 0,6 mm, dan 0,7 mm. Saat proses *shot peening* durasi waktu yang digunakan selama 10 menit untuk satu kali pengujian. Tekanan saat proses berlangsung dipertahankan pada 6 bar. Sudut yang digunakan pada penembakan melalui *spray gun* sebesar 90°. Pergerakan *spray gun* ke spesimen dari kiri ke kanan untuk semua variabel.

3.4. Tahapan Proses Penelitian

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan selama proses penelitian ini, yaitu:

3.4.1. Langkah-langkah pembuatan DCP

Pembuatan *Dynamic Compression Plate* (DCP) menggunakan bahan baja tahan karat (*stainless steel*) AISI 316L. Desain yang digunakan untuk pembuatan DCP mengacu pada peneliti sebelumnya (Saputra, 2015). DCP ini didesain untuk tulang kering pada bagian kaki (*tibia*).



Gambar 3.15 Desain *Dynamic Compression Plate*

Pendesain plat ini didasarkan pada properti material yang diperlukan dan disesuaikan dengan kontur tulang manusia. Oleh karena itu, perlu dilakukan penekukan dan pemesinan pada plat tersebut. Berikut adalah tahapan – tahapan pembuatan DCP:

1. Pemotongan plat *stainless steel* 316L dengan ukuran 105 mm x 14 mm x 4 mm sebanyak 9 buah menggunakan gerinda potong.
2. Melakukan proses pemesinan yang bertujuan untuk merapikan pinggiran plat dan membuat sudut pada bagian tersebut.
3. Mengampelas salah satu permukaan plat yang akan diberi perlakuan *shot peening*.
4. Melakukan proses penekukan pada plat DCP agar menekuk, dengan radius penekukan sesuai kontur tulang manusia. Dalam proses penekukan menggunakan media *jig* dan *dies* yang telah didesain khusus untuk DCP.
5. Melakukan proses pemesinan yang bertujuan membuat lubang pada permukaan plat sebanyak 6 lubang. Proses ini dilakukan setelah plat mengalami perlakuan *shot peening*.

3.4.2. Tahapan Pembuatan Alat *Shot Peening*

Pembuatan alat *shot peening* ini adalah desain ulang dari peneliti sebelumnya (Sunardi, 2013). Pembuatan alat ini hanya melakukan sedikit perubahan pada beberapa bagian yaitu:

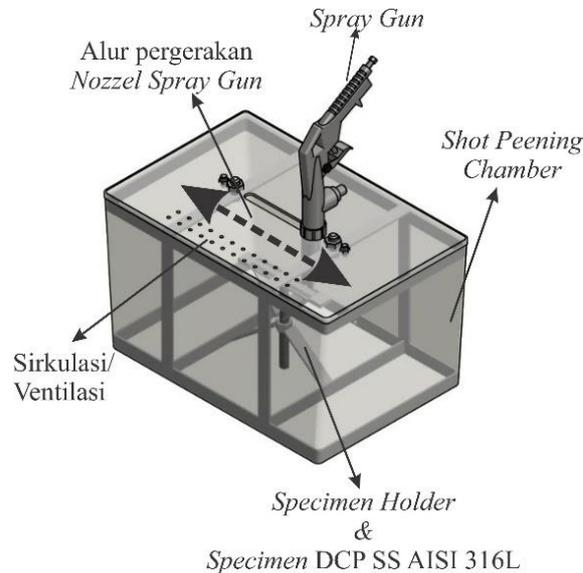
1. Melakukan perubahan pada bagian *holder*
2. Melakukan penambahan *pressure gauge* pada *spray gun* yang berguna untuk mengontrol tekanan pada proses penyemprotan.
3. Melakukan perubahan jarak antara *nozzle* dengan *holder* menjadi 10 cm.

Pengujian *shot peening* merupakan penembakan bola-bola baja (*steel ball*) dengan tekanan tinggi ke arah permukaan plat yang telah di ampelas. Selama proses *shot peening* ini dilakukan di PRM Vulkanisir Ban yang beralamat di Jl. Ring Road Timur, Ngipik, Baturetno, Banguntapan, Bantul, DI Yogyakarta.

Berikut langkah-langkah yang dilakukan selama proses *shot peening* berlangsung:

1. Memakai alat pelindung diri, seperti : masker, sarung tangan, dan kaca mata pelindung.
2. Melakukan pemasangan selang udara yang terhubung di kompresor ke saluran *spray gun*.
3. Memasang plat yang telah diberi *double tape* guna mempermudah pemasangan di *holder*.
4. Mengisi *shot peening box* dengan *steel ball* sesuai dengan variasi ukuran diameternya.
5. Mengatur *nozzle* dan memastikannya tepat pada jarak 10 cm dan sudut dengan plat mencapai 90°.
6. Melakukan proses *shot peening* dengan mempertahankan tekanan penembakan sebesar 6 bar dengan durasi waktu 10 menit untuk semua variasi diameter *steel ball*.
7. Pergerakkan arah *spray gun* dari kiri ke kanan untuk semua variasi.

- Melakukan pengulangan pada plat berbeda sesuai dengan variasinya, dimana masing-masing variasi dilakukan proses *shot peening* sebanyak 3 kali.



Gambar 3.16 *Box shot peening* yang digunakan dalam pengujian.

3.4.3. Tahapan Pengujian

3.4.3.1. Pengujian Struktur Makro

Pengujian struktur mikro dilakukan setelah proses *shot peening* dan *drilling* pada permukaan plat. Proses pengamatan struktur makro dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Berikut ini adalah tahapan dalam proses pengamatan struktur makro, yaitu:

- Menyambungkan kabel yang terdapat di mikroskop ke komputer.
- Menyalakan komputer yang terhubung dengan mikroskop dan membuka *software* yang berkaitan dengan pengujian.
- Menyiapkan plat yang akan dilakukan pengamatan. Pengamatan struktur makro dilakukan pada permukaan plat akibat perlakuan *shot peening*.
- Menempatkan plat dibawah lensa mikroskop.

5. Melakukan pengaturan pada mikroskop dengan pembesaran 20x pada skala 500 μm untuk bagian permukaan datarnya, dan pembesaran 1.2x pada jarak 1 mm untuk bagian *drilling* nya.
6. Melakukan pengamatan dan setelah terlihat citra pada permukaan plat, selanjutnya memilih bagian mana yang akan diambil gambarnya sebagai data yang akan di analisa.
7. Setelah memilih bagian yang akan difoto, klik 'Save' sebagai langkah menyimpan foto tersebut dan setiap plat yang diamati diberi nama untuk membedakan variasi *steel ball* pada saat pengujian *shot peening*.

3.4.3.2. Pengujian Struktur Mikro

Proses pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Berikut adalah langkah-langkah pengujian struktur mikro:

1. Memotong plat yang akan dijadikan sampel pengamatan, kemudian membuat *holder* pada sampel menggunakan resin dan katalis yang bertujuan agar memudahkan dalam pengujian.
2. Resin dan katalis yang sudah kering di campur kemudian dipotong agar medapat posisi melintang dari sampel.
3. Melakukan pengampelasan pada plat yang bertujuan untuk mengaluskan bagian plat yang dipotong melintang dari resin. Ampelas yang digunakan bernomor 600, 1000, 1500 dan 2000.
4. Melakukan pemolesan menggunakan *autosol* pada penampang potong agar permukaan plat sampel menjadi mengkilap dan mengurangi goresan akibat pengampelasan.
5. Mengetsa plat dengan cairan *aqua regia* yang merupakan paduan dari *Hidrocloric Acid* (HCl) dan *Nitrid Acid* (HNO₃) dengan perbandingan 3:1.
6. Melakukan pengamatan struktur mikro pada plat dengan mengarahkan mikroskop kepada bagian yang akan diamati.

Selanjutnya, hasil akan terlihat di komputer kemudian dilakukan penyimpanan data tersebut untuk kemudian dilakukan analisa.

7. Pembesaran mikroskop menggunakan 100x dengan skala gambar 100 μm .

3.4.3.3. Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran pada permukaan plat akibat perlakuan *shot peening* dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

1. Mempersiapkan peralatan yang dibutuhkan yaitu alat uji kekasaran TR200.
2. Bagian plat yang akan dilakukan pengujian adalah permukaan, dengan pengujian pada 3 titik yang berbeda (kiri, tengah, dan kanan) pada permukaan plat.
3. Data yang diambil merupakan parameter R_a .

3.4.3.4. Pengujian Wettability

Pengujian *wettability* dilakukan guna untuk mengetahui efek DCP berbahan *stainless steel* 316L terhadap sel-sel jaringan tulang pada tubuh manusia. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

1. Membersihkan permukaan plat yang akan di uji secara perlahan menggunakan tisu kering.
2. Bagian permukaan yang telah mendapat perlakuan *shot peening* dibersihkan menggunakan *alcohol*.
3. Melakukan pengujian dengan meneteskan air menggunakan pipet sebanyak 3 kali di atas permukaan plat pada bagian yang berbeda.
4. Melakukan pemotretan pada bagian plat yang telah ditetesi air agar mendapat bentuk visual.

5. Setelah bentuk visual dari proses tersebut didapat selanjutnya dilakukan pengeditan di *software CorelDraw X7* untuk mengetahui sudut kontak yang didapat.

3.4.3.5. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan permukaan material akibat perlakuan *shot peening*. Berikut adalah langkah-langkah dalam pengujian kekerasan permukaan.

1. Bagian yang akan dilakukan pengujian (sampel) dicetak dengan menggunakan resin dan katalis, hal ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan sampel agar mudah dalam melakukan pengujian.
2. Resin dan katalis yang sudah mengering dicampurkan, selanjutnya dipotong agar diperoleh bagian melintang dari material uji.
3. Melakukan pengampelasan pada material uji agar bagian yang akan diuji menjadi halus. Ampelas yang digunakan bernomor 600, 1000, 1500, dan 2000.
4. Bagian yang telah diampelas selanjutnya dipole dengan *autosol* agar bagian tersebut menjadi mengkilap atau goresan akibat pengampelasan berkurang.
5. Melakukan pengujian kekerasan material pada bagian melintang sebanyak 5 titik dengan jarak 25 μm , 50 μm , 100 μm , 150 μm , dan 200 μm .
6. Meletakkan material yang akan diuji pada mikroskop, selanjutnya indenter akan menekan selama 5 detik. Hasil pengujian yang diperoleh, diambil dari data diagonal horizontal dan diagonal vertikal alat uji kekerasan *micro Vickers*.

7. Setiap sampel yang diuji sebanyak 5 kali pada posisi acak setiap variasi diameter *steel ball* 0,4 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, dan *raw material*.

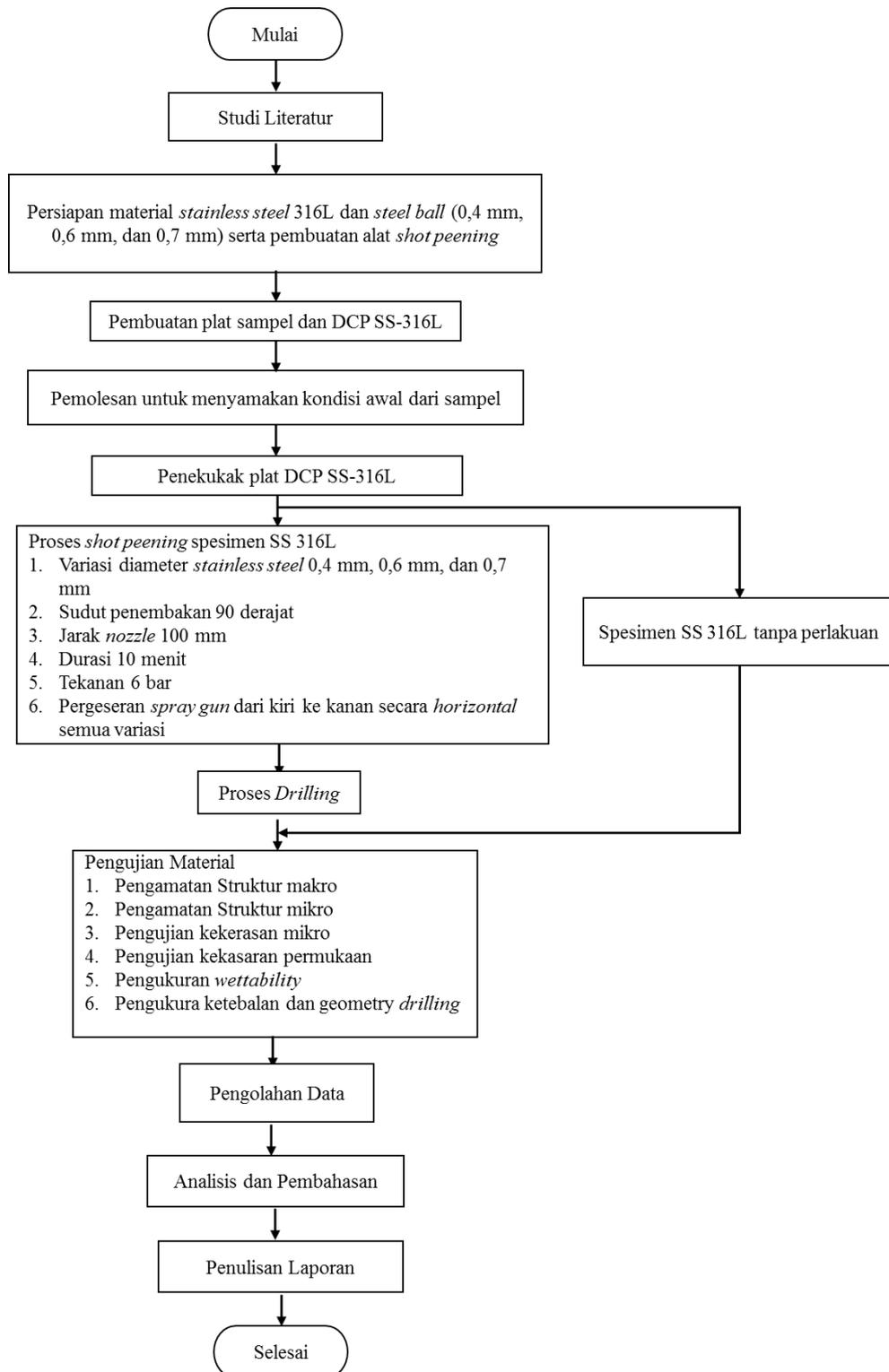
3.4.3.6 Pengukuran Ketebalan dan Geometri

Pengujian ketebalan dan geometri bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan *shot peening* terhadap ketebalan plat dan pengaruh geometri setelah dilakukan proses *drilling* pada permukaan yang telah diberi perlakuan *shot peening*. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

1. Pengukuran ketebalan dan geometri pada spesimen dilakukan dengan menggunakan *Vernier caliper*.
2. Pengukuran ketebalan spesimen diambil sebanyak 3 titik secara acak pada ujung spesimen untuk setiap variasi.
3. Pengukuran geometri dilakukan pada setiap lubang akibat proses *drilling* untuk setiap variasi spesimen.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian (Gambar 3.17) adalah sebuah diagram yang menggambarkan tentang tahapan-tahapan yang dilakukan selama proses awal penelitian hingga akhir dengan simbol-simbol grafis. Diagram ini mewakili algoritma, alir kerja, atau proses dengan symbol-simbol tertentu dan saling diurutkan dengan symbol panah. Berikut adalah diagram alir yang menyatakan kegiatan selama penelitian berlangsung untuk mengetahui pengaruh perlakuan *shot peening* terhadap karakteristik permukaan *dynamic compression plate* berbahan *stainless steel 316L*.



Gambar 3.17 Diagram Alir Penelitian