BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesawat terbang telah menjadi alat transportasi utama karena waktu tempuhnya yang jauh lebih singkat daripada alat transportasi lain. Banyak upaya dilakukan untuk menjaga umur pakai pesawat terbang, terutama pada bagian sambungan antara *frame* dan *wing* karena bagian tersebut sangat rawan terhadap *crack*.

Salah satu cara memperkuat bagian tersebut adalah *dry shot peening* yang bertujuan untuk menambahkan tegangan sisa pada permukaan material untuk menambah umur pakai material. Penembakan shot peening memiliki beberapa variabel seperti *shot velocity*, jenis peluru, kekerasan peluru, berat tembakan, sudut tembakan, *coverage*, dan ukuran butir. Material yang biasa dipakai sebagai bahan *frame* pesawat adalah aluminium alloy 2024.

Penelitian ini akan mengamati bagaimana pengaruh penambahan proses *dry shot peening* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari aluminium alloy 2024, yaitu kekuatan tarik, kekerasan material, kekasaran permukaan material dan perubahan struktur mikro serta dilakukan pengambilan topografi permukaan dan foto patahan akibat beban statis.

Dari penelitian ini akan diperoleh keluaran berupa informasi mengenai pengaruh penambahan *dry shot peening* terhadap *ultimate tensile strength*, kekerasan, kekasaran permukaan dan struktur mikro.

Proses *dry shot peening* diharapkan akan meningkatan *ultimate tensile strength*, kekerasan material juga akan meningkat pada permukaannya sehingga material akan menjadi semakin getas. Penembakan bola – bola baja juga akan meningkatkan kekasaran pada permukaan material.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penulisan

1.2.1 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan yang ingin dicapai penulis dengan mengajukan judul tugas akhir seperti tersebut diatas adalah sebagai berikut:

a. Mengetahui dan membahas pengaruh penambahan proses *dry shot peening* terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan kekasaran permukaan aluminium alloy 2024.
b. Mengetahui dan membahas perbandingan sifat mekanik pada aluminium alloy 2024 dengan berbagai variasi intensitas tembakan *dry shot peening* dan sebelum *dry shot peening.*
c. Mengetahui dan membahas intensitas tembakan optimum untuk aluminium alloy 2024 dengan ketebalan 4 mm.
d. Mengetahui dan membahas struktur mikro aluminium alloy 2024 sebelum dan sesudah proses *dry shot peening.*

1.2.2 Manfaat Penulisan

Dengan mengetahui tujuan dilakukannya proses *dry shot peening* ini maka manfaat yang bisa diambil dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan gambaran tentang pengaruh proses *dry shot peening* terhadap kekuatan tarik, kekerasan, kekasaran permukaan aluminium alloy 2024.
2. Memberikan data perbandingan sifat mekanik aluminium alloy 2024 dengan variasi intensitas tembakan *dry shot peening.*
3. Memberikan data intensitas tembakan optimum untuk aluminium alloy 2024 dengan ketebalan 4 mm
4. Memberikan gambar struktur mikro aluminium alloy 2024 sebelum dan sesudah proses *dry shot peening.*

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang diambil penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Spesimen yang digunakan adalah aluminium alloy 2024 dengan ketebalan 4 mm
2. Proses *shot peening* yang digunakan adalah *dry shot peening*
3. Mesin *shot peening* yang digunakan adalah mesin manual *shot peening* yang menggunakan penggerak tekanan udara
4. Parameter penembakan yang digunakan adalah:
   - Jenis peluru adalah *cast steel shot*
   - Ukuran peluru adalah 0,0394 mm
5. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian tarik, pengujian kekerasan, pengujian kekasaran permukaan, dan struktur mikro (mikrografi), serta tidak dilakukan pengujian fatigue.

1.4 Metoda Penulisan

Adapun langkah-langkah yang penulis lakukan dalam penyusunan tugas akhir ini meliputi:

1. Studi Pustaka

   Dilakukan untuk memahami teori-teori yang mendasari topik permasalahan tugas akhir dengan mencari dan menbaca pustaka yang berhubungan dengan teori tentang materi tugas akhir, baik berupa buku-buku perpustakaan, jurnal-jurnal yang diperoleh dari internet, serta laporan Tugas Akhir yang berkaitan dengan tugas sarjana ini.

2. Eksperimen

   Melalui eksperimen atau penelitian dan pengujian yang dilakukan di laboratorium.

3. Bimbingan

Bertujuan untuk mendapatkan tambahan pengetahuan dan masukan dari dosen pembimbing serta koreksi tehadap kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam pembuatan Tugas Akhir dan penyusunan laporan.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Berisi tentang teori dasar proses shot peening.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang proses pembuatan spesimen uji dan proses pengujian material uji yang meliputi pengujian kekerasan, pengujian kekasaran, pengujian mikrografi, dan pengujian tarik.

BAB IV PEMBAHASAN

Berisi data hasil pengujian, pembahasan dan analisa data-data hasil pengujian yang didapatkan.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil pengujian dan pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

DASAR TEORI

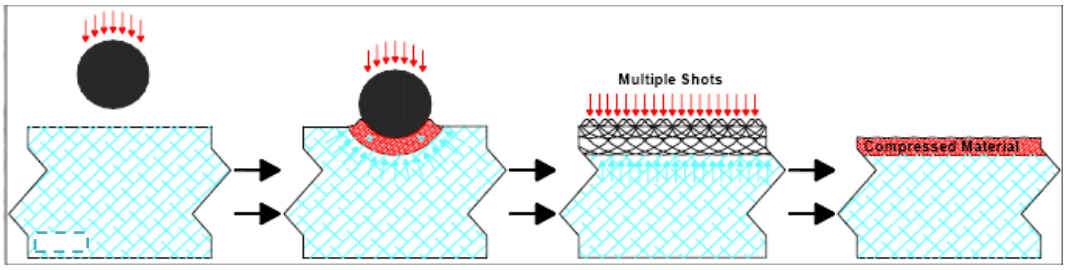
Identifikasi masalah yang ada tentunya akan menghasilkan data – data yang nantinya akan diolah untuk mengetahui penyebab permasalahan yang terjadi. Data yang nantinya dihasilkan akan diolah lagi berdasarkan teori dan pendekatan yang disesuaikan dengan permasalahan yang ada. Penelitian tentang pengaruh proses dry shot peening ini memerlukan landasan teori tentang *dry shot peening*.

2.1 Dry Shot Peening

2.1.1 Pengertian *Dry Shot Peening*

Dry shot peening adalah salah satu perlakuan untuk *surface treatment* karena di industri dirgantara perlakuan terhadap part sebuah material adalah sangat penting. Salah satu part yang mengalami beban besar biasanya terletak pada sambungan antara badan pesawat dan sayap pesawat, karenanya diperlukan perlakuan untuk memperkuat part tersebut. Dengan menggunakan *dry shot peening* diharapkan permukaan material menjadi lebih kuat saat menerima beban sehingga dapat mengurangi resiko terjadi crack dan umur pakainya menjadi lebih panjang.

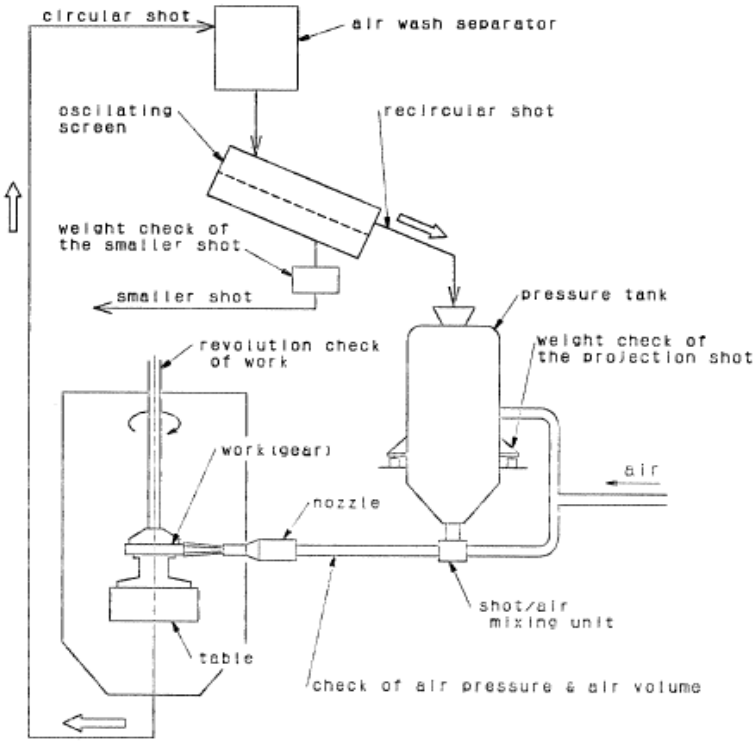
Proses *dry shot peening* adalah proses pengerjaan dingin dimana material diproses pada suhu ruangan, atau tanpa *heat treatment* terlebih dahulu. Proses tersebut menghasilkan lekukan pada permukaan material yang diakibatkan oleh tembakan bola – bola kecil ke permukaan material.



Gambar 2.1 Proses terjadinya *dry shot peening* [8]

Penembakan bola – bola baja yang berukuran relatif kecil dengan kecepatan tinggi pada permukaan benda kerja secara berulang. Proses ini akan menciptakan tegangan sisa tekan (*compressive residual stress*) di seluruh permukaan benda yang besarnya sama dan merata, serta berubah terhadap kedalaman atau ketebalan benda. Tegangan sisa ini berguna untuk meningkatkan ketahanan material terhadap beban.

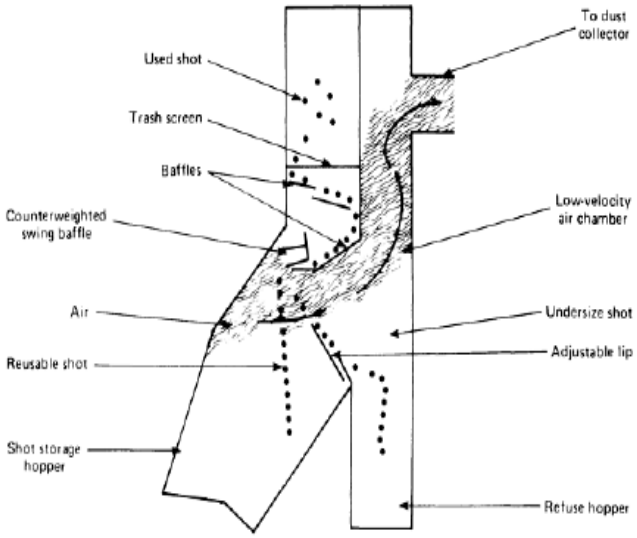
2.1.2 Proses *Dry Shot Peening*



Gambar 2.2 Proses *Dry Shot Peening* [2]

Gambar di atas adalah gambar proses kerja mesin *dry shot peening*, *shot particle* dimasukkan ke dalam *pressure tank*, kemudian menggunakan udara bertekanan yang dibagi ke dalam 2 saluran. Saluran yang pertama digunakan untuk menyalurkan udara bertekanan ke dalam *pressure tank* berfungsi untuk mendorong *shot particel* turun dari *pressure tank*, dan saluran yang kedua berfungsi untuk mendorong *shot particle* yang telah turun dari *pressure tank*, keluar melalui *nozzel*, *shot particle* yang telah terdorong dari atas *pressure tank* akan kembali terdorong oleh tekanan udara dari saluran kedua, maka didapatkan bola-bola baja yang memiliki kecepatan. Inilah proses *dry shot peening* dimana terjadi penembakan bola baja ke arah benda kerja.

Shot particel yang telah menumbuk kerja kemudian akan ditampung dalam *slurry tank* yang kemudian akan dibersihkan dengan udara, kemudian akan disaring menggunakan *oscilating screen* dimana akan dipisahkan antara partikel yang masih dapat digunakan dan tidak dapat digunakan. Partikel yang diameternya telah berkurang akibat gesekan benda kerja akan tersaring dan tidak dapat digunakan kembali, sedangkan *shot particle* yang masih dapat digunakan akan kembali masuk ke *pressure tank*, dan begitu seterusnya.

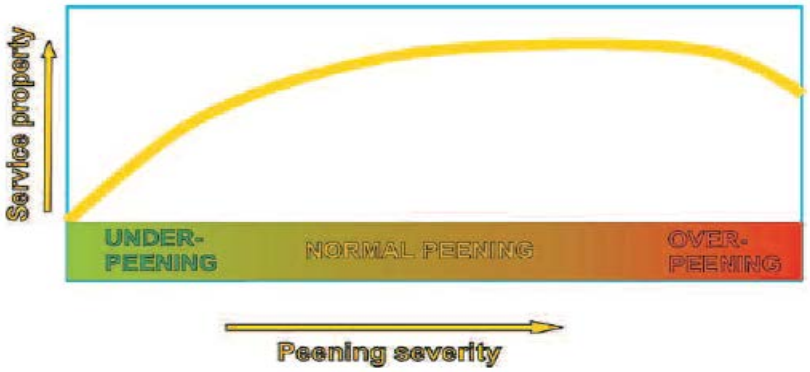


Gambar 2.3 Penyaring *shot particle* dengan udara [3]

Selain penggunaan saringan untuk menyaring *shot particle* yang tidak dapat digunakan kembali, ada juga penggunaan udara bertekanan untuk menyaring sekaligus membersihkan partikel dari debu – debu yang menempel akibat proses *dry shot peening*, seperti gambar di bawah ini. *Shot particle* yang telah digunakan akan dialiri udara bertekanan, maka debu yang menempel akan ikut terbawa keluar bersama udara. *Shot particle* yang telah digunakan akan mengalami pengurangan massa akibat gesekan, dan akan menjadi lebih ringan, sehingga saat terkena udara *shot particle* yang tidak dapat digunakan kembali akan tertiup dan masuk ke saluran pembuangan, sedangkan *shot particle* yang masih bisa digunakan tidak akan tertiup udara dan masuk kembali ke *pressure tank*.

2.1.3 Intensitas *dry shot peening*

Intensitas tembakan adalah ukuran dari besarnya kekuatan tumbukan yang terjadi pada permukaan material. Intensitas tembakan juga memiliki batasan dimana intensitas tembakan akan memberikan penambahan pada kekuatan material seiring dengan peningkatan intensitas tembakan, kemudian berada pada intensitas yang dapat memberikan penambahan kekuatan material secara maksimal, dan kemudian mengalami penurunan kekuatan setelah melewati batas maksimal karena intensitas yang terlalu besar dapat mengakibatkan kerusakan. Seperti yang terlihat pada gambar 2.4.

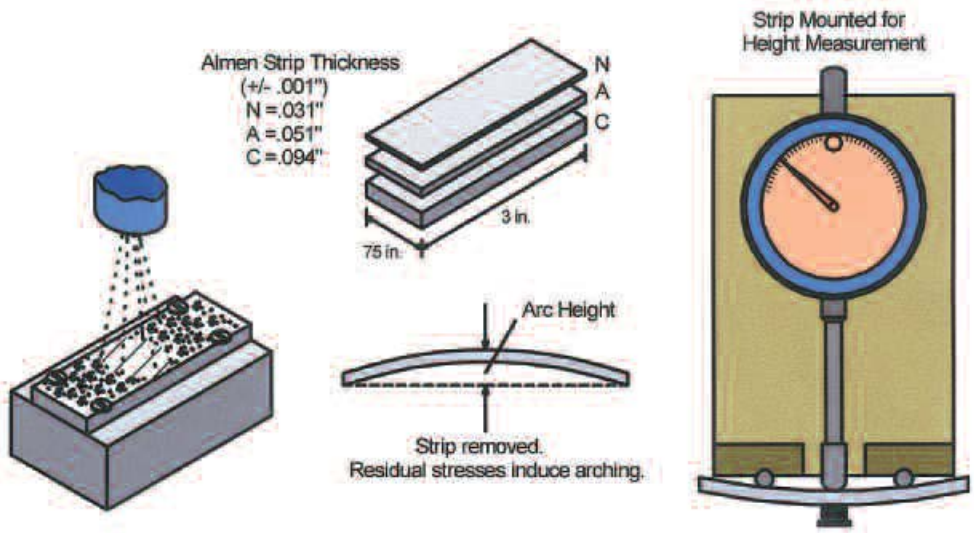


Gambar 2.4 Penggambaran pengaruh penguatan terhadap intensitas penembakan [13]

Intensitas penembakan *dry shot peening* harus dikontrol, karena bila intensitas tembakan terlalu besar akan mengakibatkan kedalaman tembakan *dry shot peening* pada permukaan menjadi berlebihan, dimana akan menciptakan tegangan tarik yang tinggi di bawah permukaan. Hal ini dapat menyebabkan pengembangan retak di bawah permukaan memiliki tingkat tegangan yang lebih rendah daripada pengembangan retak bila *dry shot pening* tidak dilakukan. Di sisi lain bila intensitas tembakan terlalu rendah tegangan tekan yang dihasilkan tidak cukup dan peningkatan kekuatan *fatigue* tidak maksimal.

Penembakan dengan intensitas rendah tidak akan menghasilkan ketahanan *fatigue* sebaik penembakan dengan intensitas yang lebih tinggi, akan tetapi penembakan dengan intensitas tinggi tidak akan menghasilkan ketahanan *fatigue* sebaik dengan intensitas yang lebih rendah [15].

Penentuan intensitas dilakukan dengan menggunakan *Almen test strips* dan *Almen Gage*. *Almen test strips* ditembak (*pened)* pada salah satu sisi saja. Tegangan sisa yang terjadi akan menyebabkan *Almen strips* akan melengkung pada sisi yang mengalami penembakan yang akan diukur pada *Almen gage*, seperti pada gambar 2.5

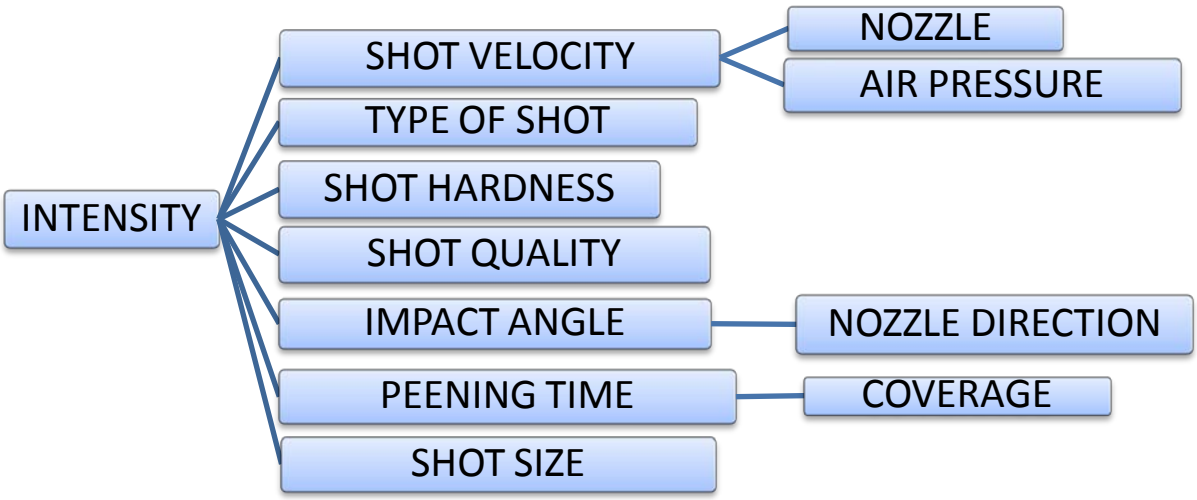


Gambar 2.5 Cara kerja pengukuran intensitas tembakan [10]

Ketinggian busur lengkungan atau *Arc Height* yang diukur dengan *Almen gage* dinamakan "intensitas tembakan". Jadi ketinggian busur lengkungan yang terbaca (dalam satuan inch) dapat diartikan bahwa itulah intensitas yang diberikan pada *dry shot peening* yang kemudian diikuti oleh kode almen yang digunakan almen A, N, atau C.

Jadi sebagai contoh almen A ditembak pada salah satu sisinya kemudian akan melengkung ke arah sisi yang ditembak. Dengan almen gage didapatkan pengukuran lengkungan sebesar 0,012 inch karena menggunakan almen A. Maka penamaan intensitas tembakan tersebut 0,012A.

2.1.4 Variabel yang mempengaruhi *dry shot peening*



Gambar 2.6 Parameter yang mempengaruhi intensitas tembakan

Untuk memperoleh dan mengontrol intensitas yang diinginkan, terdapat beberapa parameter

2.1.4.1 Shot Velocity

Intensitas *dry shot peening* sangat tergantung pada besarnya laju aliran tembakan, semakin besar laju aliran tembakan, akan memberikan hasil intensitas tembakan yang semakin besar.

Shot velocity juga memiliki beberapa variabel, yaitu tekanan udara (bar), dan presentase bukaan nozel (%).

2.1.4.2 Type of shot

Jenis peluru yang digunakan umumnya terdapat tiga jenis yaitu *cast steel shot, cast iron shot* dan *glass beads*.

Cast steel shot adalah peluru yang paling sering digunakan pada proses *dry shot peening*, karena umur pakainya yang lebih lama dibandingkan peluru yang lain. *Cast steel shot* memiliki kekerasan Rockwell C 40 sampai 50. *Cast iron shot* digunakan karena harganya yang lebih murah karena umur pakainya yang di bawah *cast steel shot* dan meninggalkan sisa karbon pada permukaan benda uji. *Glass beads* digunakan pada plat yang sangat tipis, keunggulan *glass beads* dapat digunakan pada dry shot peen dan wet shot peen.

2.1.4.3 Shot hardness

Kekerasan *shot particle* harus lebih keras dari kekerasan permukaan benda kerja. Karena bila *shot particle* lebih lunak maka energi kinetik yang seharusnya digunakan untuk menumbuk permukaan material, akan diserap permukaan *shot particle* yang menyebabkan energi kinetik saat menumbuk menjadi hilang dan akan merusak permukaan *shot particle.* Peluru yang terlalu lunak tidak akan mengahasilkan tegangan sisa yang tepat.

Dengan menggunakan *shot particle* yang lebih keras maka akan didapatkan intensitas tembakan yang optimum. Selain itu dengan *shot particle* yang lebih keras akan menambah umur pakai, karena

pengecilan ukuran akibat gesekan akan membutuhkan waktu yang lebih lama.

2.1.4.4 Shot Quality

Untuk menjaga intensitas yang dibutuhkan dan konsistensi hasil *dry shot peening*, mesin *dry shot peening* harus dilengkapi dengan alat penyaring yang akan menyingkirkan peluru yang dibawah ukuran atau rusak.

Ukuran butir yang mengecil akibat gesekan *shot particle* dengan benda kerja akan mengakibatkan penurunan intensitas tembakan, oleh karena itu setiap peluru yang digunakan akan melalui tahap penyaringan untuk menjaga ukuran butir yang masih dapat digunakan agar tidak mengurangi intensitas tembakan.

2.1.4.5 Impact angle

Untuk mendapatkan hasil shot peen yang optimum sudut tembakan yang diperlukan adalah 90˚. Akan tetapi pada beberapa part yang memerlukan penembakan pada kondisi kurang dari 90˚, hal ini akan menyebabkan pengurangan intensitas tembakan. Maka bila dilakukan penembakan kurang dari sudut 90˚ perlu dilakukan peningkatan pada *shot size* dan *shot velocity* untuk mendapatkan intensitas yang dibutuhkan.

2.1.4.6 Peening time

Waktu peening untuk part yang dipeening secara manual, waktu peeningnya dapat menggunakan rumus [11]:

$$Ts = \frac{Ap}{Aa} \times ts \tag{2.1}$$

Dimana:

Ts : Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *full coverage* pada part

Ap : Luas permukaan part yang akan di*peening*

Aa : Luas permukaan *Almen strip*

ts : waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *saturation* terhadap *Almen strip* dengan *coverage 100%* minimum pada intensitas yang diinginkan.

Coverage adalah pengukuran sejauh mana permukaan benda kerja mendapatkan tembakan dari shot particle.

2.1.4.7 Shot size

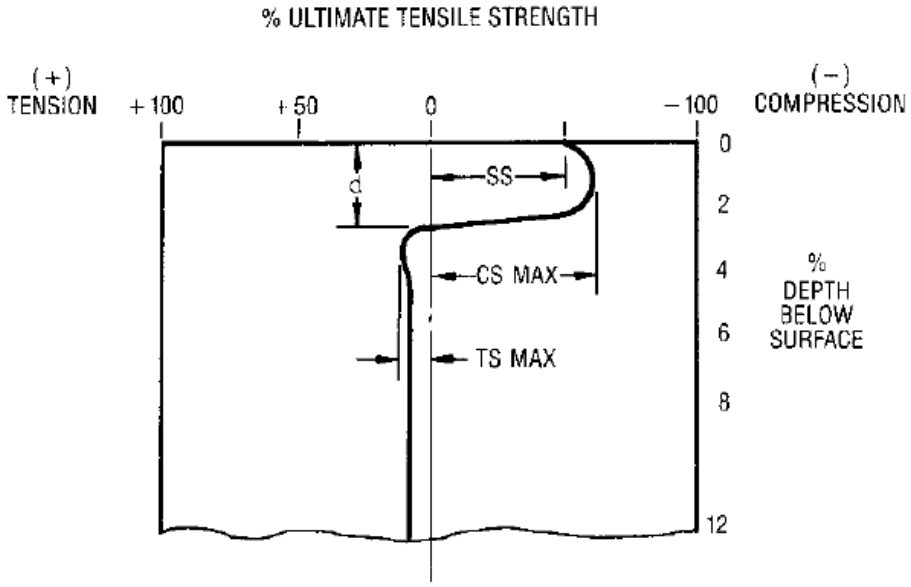
Ukuran *shot particle* menjadi salah satu parameter yang penting dalam penentuan intensitas tembakan. Karena mesin *shot peening* menembakkan *a constant number of pounds* dari peluru setiap jam, yang besarnya tergantung pada volume udara yang ditembakkan setiap jamnya.

Penamaan *shot particle* berdasarkan pada besarnya diameter dalam satuan inch dan huruf diawal artinya ukuran nominal dari *shot paricle*. Dapat diambil contoh, *shot particle* dengan nama S 170, S artinya nominal yang digunakan dalam sepuluh ribu, dengan diameter 0,017 inch.

Sebaiknya dipilih shot particle dengan ukuran sekecil mungkin, karena dengan menggunakan partikel yang lebih kecil maka akan didapatkan intensitas tembakan yang tepat. Karena dengan ukuran *shot particle* yang lebih kecil akan menutupi seluruh permukaan lebih cepat. Waktu pengerjaan yang lebih cepat dapat mengurangi biaya.

2.1.5 Mekanisme penguatan *dry shot peening*

Pada *dry shot peening* permukaan material memiliki tegangan kompresi maksimum sebagai akibat dari deformasi pada permukaan. Tegangan berubah menjadi nol pada daerah transisi antar permukaan material, dimana terdapat daerah yang mengalami deformasi plastis dengan lapisan di bawahnya yang tidak mengalami deformasi. Lapisan yang tidak mengalami deformasi plastis memiliki tegangan tarik, mencoba untuk mengembalikan lapisan yang mengalami tegangan tekan pada kondisi normal. Hal ini menciptakan kesetimbangan gaya di dalam komponen. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Contoh tegangan sisa yang diakibatkan oleh *dry shot peening* [9]

Tegangan sisa tekan yang terjadi mengalami perubahan untuk setiap kedalaman seperti yang ditunjukkan gambar 2.7. Memiliki 4 karakteristik penting, yaitu

1. SS, *Surface stress,*tegangan yang diukur pada permukaan material.
2. CS max, *Maximum compressive stress,* nilai maksimum dari tegangan tekan yang diberikan, yang biasanya angka tertingginya terdapat di bawah permukaan material.

3. d, *Depth*, kedalaman tekan adalah titik dimana tegangan tekan melewati sumbu netral dan berubah menjadi tegangan tarik.
4. TS max, *Maximum tensile stress*, nilai maksimum dari tegangan tarik yang diberikan. Tegangan tarik pada inti material akan menyeimbangkan lapisan permukaan dari tegangan tekan, sehingga material tersebut tetap dalam keseimbangan.

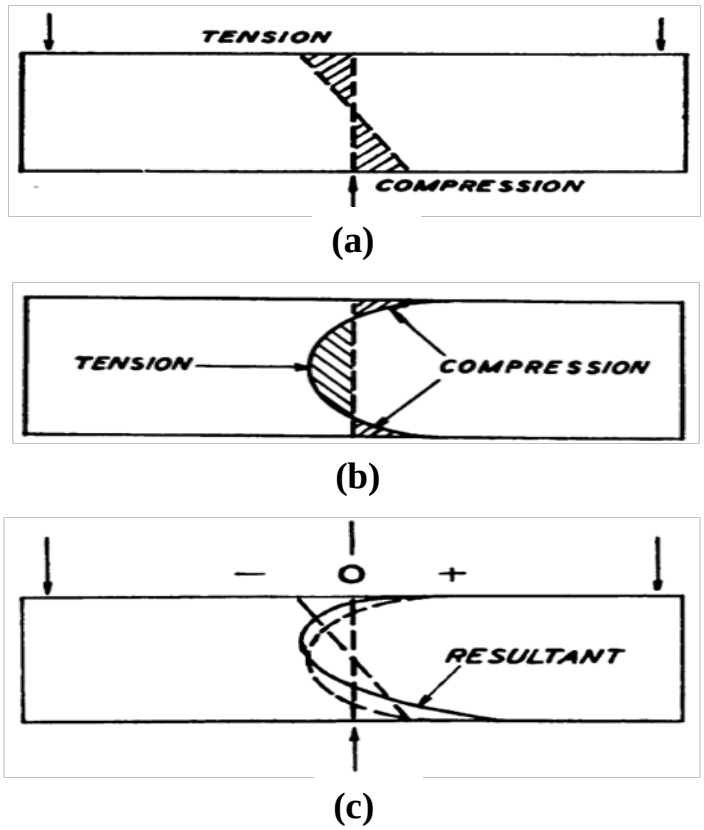
Pengintian maupun perambatan crack tidak dapat terjadi pada daerah yang memiliki tegangan tekan [8],[9]. Karena semua kegagalan *fatigue* dan tegangan korosi berpusat pada atau di dekat permukaan material, maka tegangan kompresi yang dihasilkan dari proses *dry shot peening* pada permukaan dapat meningkatkan umur pakai dari material.

Penyebab terjadinya kegagalan sebagian besar dihasilkan oleh tegangan tarik. Tegangan ini dapat terjadi karena pembebanan dari luar atau tegangan sisa yang terjadi akibat proses *manufacturing*. Tegangan tarik berusaha menarik atau meregangkan permukaan dan pada akhirnya akan mengakibatkan awal terjadinya *crack*. Tegangan tekan akan merapatkan batas butir pada permukaan dan akan menahan terjadinya awal *crack*. Karena pertumbuhan retak akan mengalami perlambatan pada daerah tekan, peningkatan kedalaman pada daerah tekan akan semakin meningkatkan ketahanan terhadap *crack*. Proses *dry shot peening* adalah cara paling tepat untuk memberikan tegangan tekan pada daerah permukaan, semakin besar intensitas tembakan maka daerah tekan yang dihasilkan juga semakin dalam.

Gambar 2.8 menunjukkan hubungan antara tegangan kompresi saat menerima beban. Gambar (a) adalah material tanpa perlakuan saat menerima beban, terlihat pada bagian cembung (*convex side)* akan mengalami tegangan tarik dan bagian cekung (*concave side)* akan mengalami tegangan kompresi. Tegangan tarik pada bagian cembung tidak diharapkan karena dapat memicu terjadinya pengintian crack dan mempercepat perambatan crack. Oleh karena itu dengan proses *dry shot peening* akan dihilangkan tegangan tarik pada permukaan dengan memberi tegangan kompresi, seperti yang ditunjukkan gambar (b). Proses *dry shot peening*

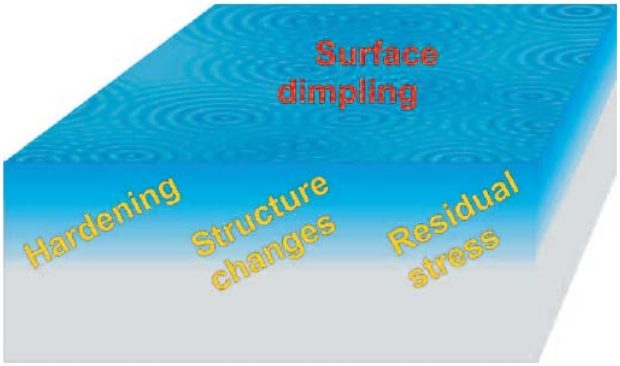
akan memberikan tegangan sisa pada permukaannya, dan bagian inti atau tengah dari material akan memiliki tegangan tarik untuk menyeimbangkan gaya pada material tersebut.

Gambar (c) menunjukkan material dengan proses *dry shot peening* saat menerima beban, resultan gaya yang terbentuk ada pada garis berwarna hitam. Jadi saat pada bagian cembung menerima beban masih berada dalam kondisi tegangan tekan dimana pengintian crack dan perambatan crack tidak akan terjadi. Dan bila diberikan tegangan yang lebih besar, bisa saja mencapai daerah tegangan tarik dimana pengintian crack dapat terjadi, namun gaya yang dibutuhkan akan jauh lebih besar bila dibandingkan dengan material tanpa perlakuan.



Gambar 2.8 (a) diagram distribudi tegangan material normal saat menerima beban (b) distribusi tegangan akibat dry shot peening (c) resultan beban pada material dengan proses *dry shot peening.*

2.1.6 Pengaruh *dry shot peening*



Gambar 2.9 Pengaruh *dry shot peening* pada permukaan material [13]

Peningkatan kekuatan ini tergantung pada kondisi permukaan material yang mengalami *dry shot peening. Shot peening* menghasilkan 4 efek utama pada permukaan material, yaitu:

- Pengerasan (*Hardening*)
- Perubahan Struktur (*Structure changes*)
- Tegangan sisa tekan (*Compressive residual stress*)
- Lekukan pada permukaan (*Surface dimpling*)

Proses dry shot peening akan meningkatkan kerapatan dislokasi secara signifikan serta perubahan struktur mikro yang sangat cepat pada saat penembakan. Sewaktu material mengalami proses *dry shot peening* terjadi perubahan yang mencolok pada struktur butir seperti perpecahan butir dan pergeseran atom - atom. Karena tidak mungkin terjadi rekristalisasi selama proses pengerjaan dingin, tidak terjadi pemulihan dari butir yang mengalami perpecahan. Dengan meningkatnya deformasi butir, tahanan terhadap deformasi meningkat sehingga logam mengalami peningkatan kekuatan dan kekerasan. Peningkatan ini juga disebabkan oleh peningkatan jumlah dislokasi dan pengerasan regangan yang terjadi pada struktur material sebagai efek dari pengerjaan dingin. Pada proses ini, dislokasi-dislokasi bergerak dan bertumpuk pada batas butir. Dislokasi-dislokasi tersebut masih memiliki energi regangan internal yang cukup tinggi sehingga mengakibatkan energi pada batas butir meningkat.

Proses *dry shot peening* tidak menghasilkan sudut lancip pada permukaan material sehingga tidak akan mengakibatkan terjadinya konsentrasi tegangan. Selain itu, proses ini juga menghasilkan tegangan sisa tekan sehingga jika terjadi retak maka tegangan sisa ini akan menghambat laju perambatannya. Permukaan hasil *dry shot peening* memiliki permukaan yang lebih kasar, tetapi karena lekukan – lekukan akibat proses *dry shot peening* sangat dangkal dan memiliki radius yang besar maka lekukan tersebut hanya menyebabkan konsentrasi tegangan yang ringan.

2.1.7 Keuntungan dan kerugian proses *Dry shot peening*

Proses *dry shot peening* relatif murah, dan dapat digunakan pada area kecil atau besar tergantung pada kebutuhan. Biaya produksi tergantung pada beberapa faktor, termasuk bentuk, ukuran,dan kekerasan dari komponen, total area yang harus di *shot peen*, dan intensitas serta *coverage* yang diperlukan.

Keuntungan *Dry shot peening* diperoleh dari efek tegangan sisa tekan dan pengerjaan dingin. Tegangan sisa tekan memiliki keuntungan meningkatkan ketahanan terhadap kegagalan lelah, meningkatkan ketahanan material terhadap tegangan korosi. Pengerjaan dingin memiliki keuntungan pengerasan regangan (*strain hardening*) yang membuat material menjadi lebih kuat dan menutup porositas. Tegangan sisa tekan dan pengerjaan dingin berfungsi untuk aplikasi proses *dry shot peening* yaitu pembentukan logam (*metal forming*).

Proses *dry shot peening* juga memiliki keterbatasan. Hal ini tergantung pada *Almen gage* untuk memberikan indikasi intensitas. Menggunakan *Almen gage* ini tidak menjamin bahwa intensitas *dry shot peening* adalah seragam untuk seluruh komponen yang mengalami proses *dry shot peening*. Selain itu *dry shot peening* akan menghasilkan permukaan yang kasar untuk logam yang lunak, yang akan mengakibatkan terjadinya retak .

2.2 Pengerasan Regangan (*Strain Hardening)*

Strain hardening adalah suatu fenomena dimana material yang ulet menjadi lebih keras dan kuat saat mengalami deformasi plastis. *Strain hardening* juga sering disebut dengan *work hardening.* Karena deformasi ini terjadi pada saat temperatur di bawah batas luluh material, maka proses ini dapat dikategorikan sebagai *cold working.* Sebagian besar logam mengalami *strain hardening* pada suhu ruangan [20].

Strain hardening terjadi akibat adanya tegangan luar, maka dislokasi akan bergerak ke permukaan luar sehingga terjadi deformasi plastis. Selama bergerak, dislokasi - dislokasi tersebut akan bergerak satu sama lainnya. Hasil reaksinya ada yang mudah bergerak dan ada pula yang sulit bergerak. Reaksi dislokasi yang sulit bergerak akan berfungsi sebagai sumber dislokasi baru sehingga kerapatan dislokasi akan bertambah. Akibat naiknya kerapatan dislokasi, maka gerakan dislokasi akan lebih sulit bergerak. Akibat nyata dari sulitnya gerakan dislokasi adalah naiknya kekuatan logam. Maka dapat disimpulkan bahwa kenaikan kekuatan suatu material akan meningkatkan pula kekerasannya. Fenomena ini disebut *strain hardening* atau pengerasan regangan.

BAB III

METODA PENELITIAN

3.1 Metoda Penelitian

Pada bab ini akan dibahas tentang metode penelitian, persiapan spesimen uji, peralatan yang digunakan urutan proses pengujian, serta prosedur pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah Pengujian tarik, pengujian kekerasan, pengujian kekasaran, dan pengujian mikrografi.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menentukan Topik

   Bertujuan untuk menentukan tema dan pokok pikiran yang menjadi dasar penelitian.

2. Melakukan studi pustaka

   Bertujuan untuk mendapatkan literatur maupun acuan yang dapat menguatkan penelitian yang dilaksanakan. Materi utama adalah pengaruh proses dry shot peening terhadap sifat mekanis 2024.

3. Melakukan kunjungan penelitian ke PT. Dirgantara Indonesia, Bandung

   Bertujuan untuk mendapatkan bahan awal material yang akan dianalisa, yang kemudian dilakukan proses pembuatan spesimen dan kemudian dilakukan proses *dry shot peen.* Kunjungan ke PT. Dirgantara Indonesia dilakukan pada tanggal 1 Februari 2011 s/d 28 Maret 2011.

4. Menyiapkan material uji

   Material uji yang akan digunakan dalam proses penelitian ini adalah aluminium 2024 yang berbentuk plate dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 40 mm dan tebal 4 mm.

5. Pemotongan material

   Aluminium alloy 2024 dilakukan pemotongan dengan mesin *manual router*, sesuai dengan bentuk spesimen uji masing – masing.

6. Penentuan intensitas tembakan

   Cara penentuan intensitas tembakan selanjutnya akan dijelaskan pada poin 3.2.2. Intensitas yang digunakan sebagai variasi pada proses *dry shot peening* adalah 0,006A, 0,007A, 0,008A, 0,009A, dan 0,010A.

7. Proses *dry shot peening*

   Setelah diperoleh intensitas tembakan yang dibutuhkan, dilakukan penembakan ke seluruh permukaan spesimen uji.

8. Melakukan Pengujian

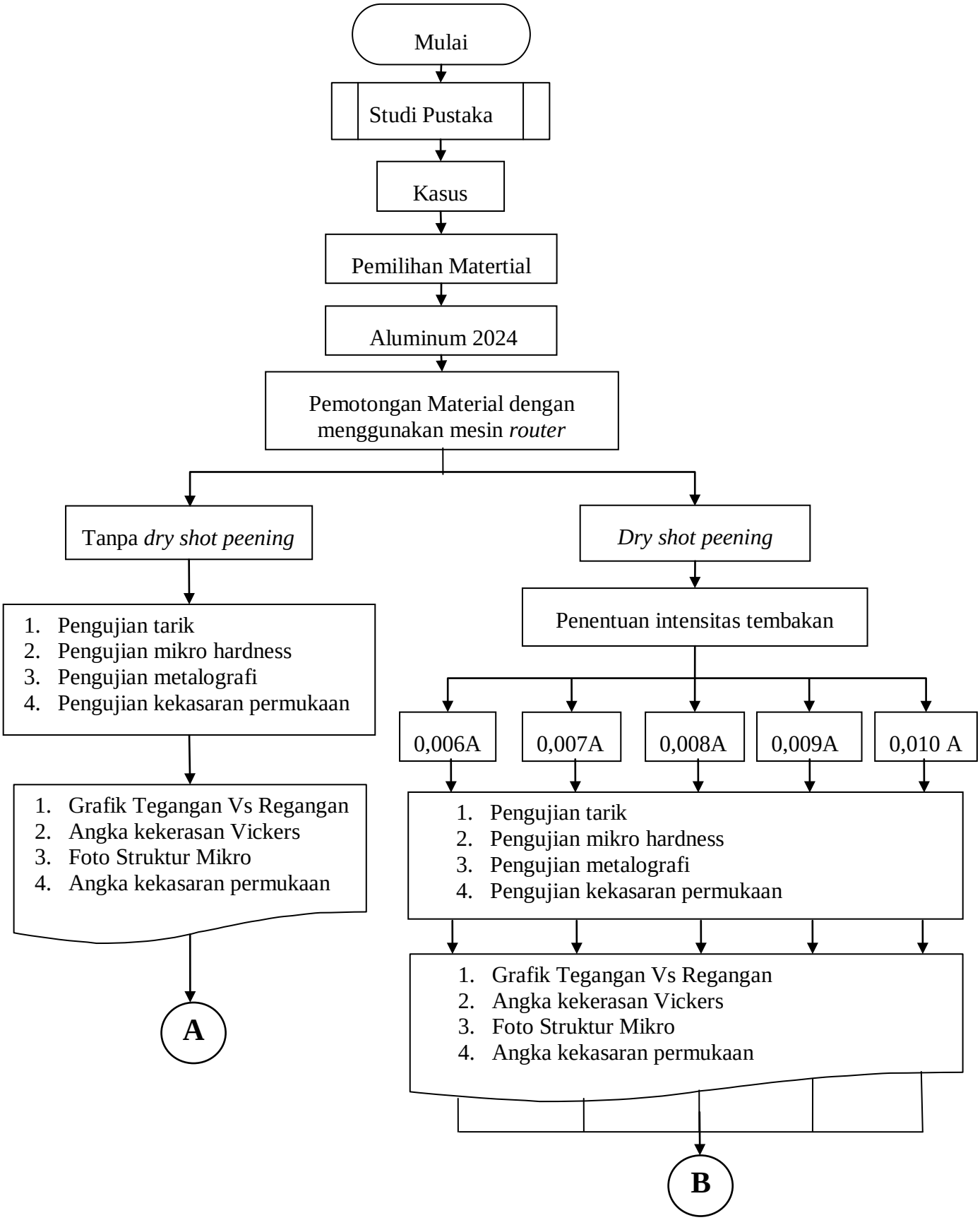
   Pengujian dilakukan untuk mendapatkan sifat mekanik material uji yaitu uji kekerasan mikro *vickers*, uji tarik, uji kekasaran permukaan dan uji mikrografi.

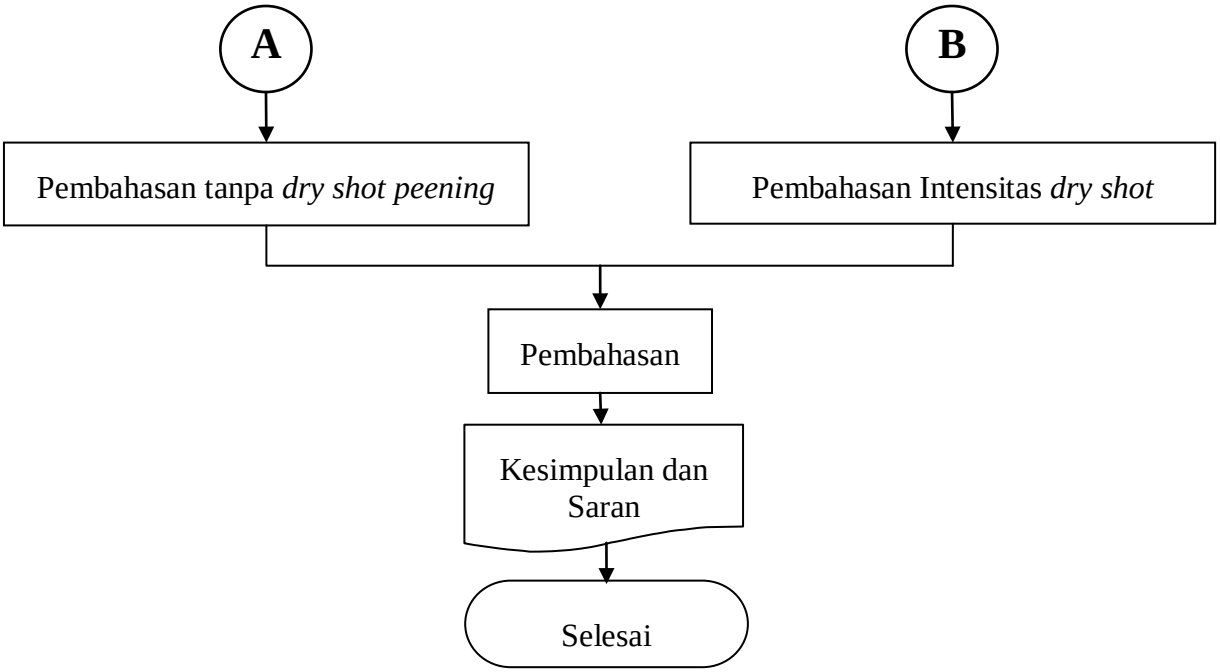
9. Analisa dan pembahasan

   Bertujuan untuk menganalisa data-data yang diporoleh dari hasil pengujian material uji.

10. Kesimpulan

    bertujuan untuk mengidentifikasi sifat mekanis dari material uji dan melakukan perbandingan dari kedua material uji.


Mulai
Studi Pustaka
Kasus
Pemilihan Matertial
Aluminum 2024
Pemotongan Material dengan menggunakan mesin *router*
Tanpa *dry shot peening*
Dry shot peening
1. Pengujian tarik
2. Pengujian mikro hardness
3. Pengujian metalografi
4. Pengujian kekasaran permukaan
Penentuan intensitas tembakan
0,006A
0,007A
0,008A
0,009A
0,010 A
1. Grafik Tegangan Vs Regangan
2. Angka kekerasan Vickers
3. Foto Struktur Mikro
4. Angka kekasaran permukaan
1. Pengujian tarik
2. Pengujian mikro hardness
3. Pengujian metalografi
4. Pengujian kekasaran permukaan
1. Grafik Tegangan Vs Regangan
2. Angka kekerasan Vickers
3. Foto Struktur Mikro
4. Angka kekasaran permukaan
A
B



Gambar 3.1 Skema Pengujian

3.2 Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan spesimen dilakukan di Direktorat Aerostructure PT. Dirgantara Indonesia, Bandung, Jawa Barat. Adapun langkah – langkah dalam proses pembuatan spesimen ini adalah :

1. Mempersiapkan bahan uji alumium 2024
2. Memotong dengan ukuran 150 mm x 40 mm x 4 mm sebanyak 6 buah
3. Memotong menjadi sesuai spesimen uji tarik ASTM E8
4. Memberikan surface treatment yaitu *dry shot peening*

Pemotongan dengan ukuran 150 mm x 40 mm x 4 mm bertujuan agar dapat dilakukan pemotongan sesuai dengan ukuran spesimen spesimen tarik, spesimen uji kekerasan, spesimen uji kekasaran dan spesimen mikrografi.

Tabel 3.1 Parameter penembakan *dry shot peening*

Peening Machine	*Air type*
Shot peen material	S-170 (*cast steel*)
Shot size diameter, mm	0,416
Nozzle diameter, mm	15
Nozzle distance, mm	150
Pressure, bar	3,019

Tabel 3.2 Sifat mekanis aluminium 2024

Material	**Tensile Strength (Mpa)**	**Yield Strength (Mpa)**	**Elongation (%)**	**Young's Modulus (Gpa)**
Aluminium 2024 T3	485	345	18	73

3.2.1 Alat Pengujian

1. Mesin *Dry Shot Peening*

Mesin yang digunakan adalah mesin manual *dry shot peening* yang berada di *surface treatment area*, dengan spesifikasi

Merk / Type mesin : DURR / TST – KA – 2D / SN : 4134

Gambar 3.2 Mesin manual *dry shot peening*

Untuk menghasilkan intensitas tembakan yang dibutuhkan, cukup dengan melakukan pengaturan prosentase pada bukaan nozzle, sehingga semakin kecil bukaan nozle semakin besar intensitas *dry shot peening* yang dihasilkan.

2. *Almen Test Strip*

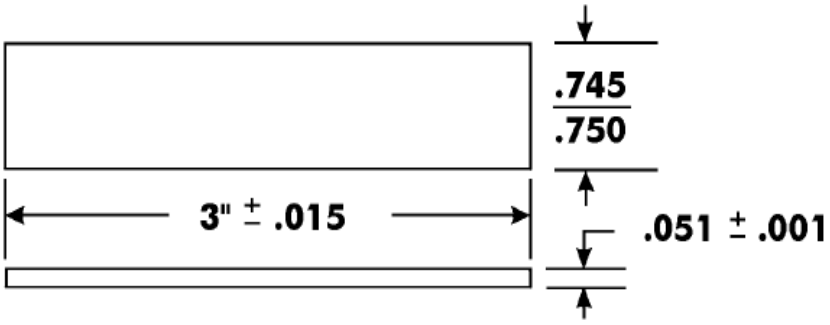
Intensitas penembakan *dry shot peening* diukur dengan menggunakan *Almen test strip. Almen test strip* terbuat baja SAE1070 yang mengalami penembakan pada salah satu sisinya. Tegangan sisa tekan dari *dry shot peening* akan menyebabkan *Almen test strip* melengkung ke arah sisi yang mengalami *dry shot peening* yang akan diukur dengan *almen gage* untuk melihat intensitas tembakan yang terjadi.

Ada tiga kategori *Almen test strip* yang digunakan tergantung pada aplikasi peening:

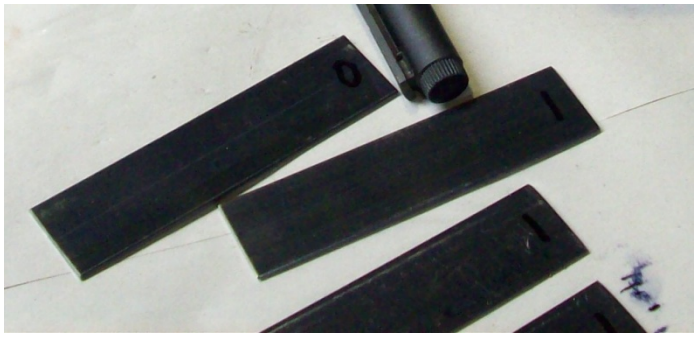
- " N " Strip: ketebalan = 0.031" (0.79 mm) dengan batas intensitas tembakan < 0,004A
- " A " Strip: ketebalan = 0.051" (1.29 mm) dengan batas intensitas tembakan 0,004A – 0,024A
- " C " Strip: ketebalan = 0.094" (2.39 mm) dengan batas intensitas tembakan > 0,024A

Intensitas penembakan berdasarkan pada penggunaan almen A

Yang digunakan dalam pengujiaan proses *dry shot peening* aluminium 2024 dengan ketebalan 4 mm adalah almen test strip A. Karena intensitas tembakan yang dilakukan adalah 0,006A, 0,007A, 0,008A, 0,009A dan 0,010A, yang memenuhi syarat penggunaan almen test strip A.



(a)



(b)

Gambar 3.3 (a) Dimensi *Almen test strip* A [12] (b) bentuk *almen test strip* A

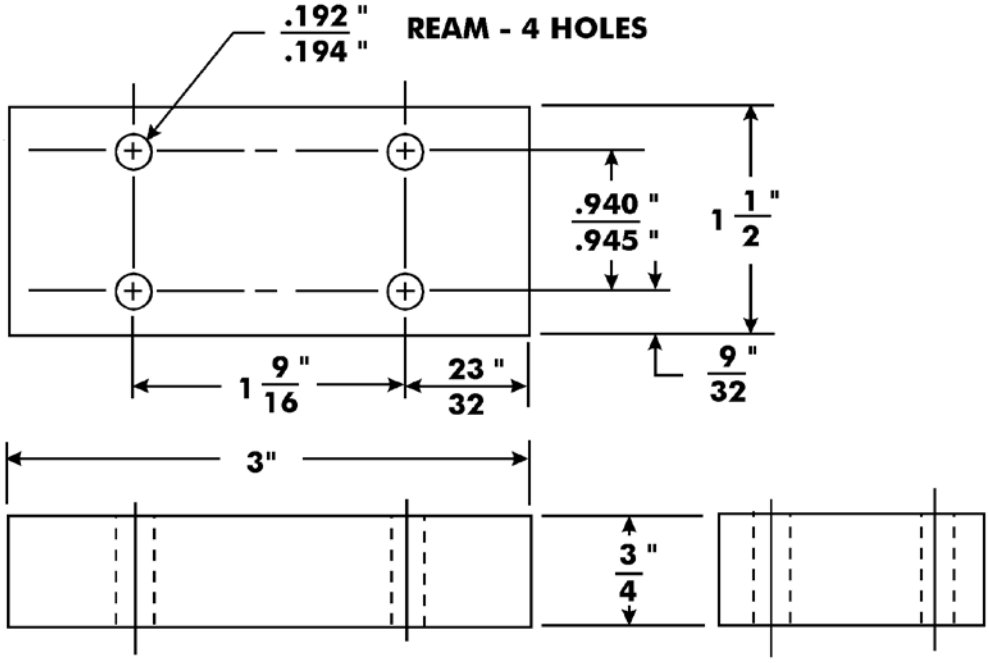
3. *Cast Steel shot*

Cast steel shot adalah salah satu shot peening media, selain *cast steel shot* juga digunakan *Conditioned cut wire shot, Ceramic shot* dan *Glass shot*. Terbuat dari *carbon steel* atau *stainless steel, cast steel shot* memiliki beberapa keunggulan seperti masa pakai yang lebih lama bila dibandingkan dengan *ceramic* dan *glass shot* dan dapat digunakan dalam berbagai macam intensitas tembakan. *Cast steel shot* dapat memberikan intensitas tembakan paling besar dibandingkan *shot peening media* yang lainnya.

Cast steel shot yang digunakan dalam pengujian ini Shot no S-170 dengan diameter butir 0.416mm.

4. *Almen Test Strip Holder*

Almen test strip holder berfungsi untuk menjepit *Almen test strip*, harus terbuat dari baja dengan angka kekerasan ≥ 50 HRC. Dengan dimensi seperti pada gambar di bawah ini



(a)

(b)

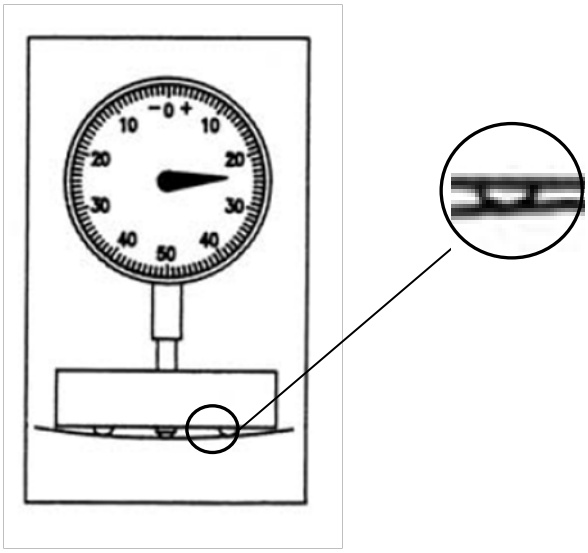
Gambar 3.4 Dimensi *Almen Test Strip Holder* [12] (b) bentuk *almen test strip holder*

5. *Almen Test Gage*

Almen test gage digunakan untuk mengukur *almen test strip* yang telah mengalami proses penembakan, maka *almen test strip* akan melengkung pada salah satu sisinya menghasilkan ketinggian busur lengkungan. Ketinggian busur lengkungan ini dapat diukur dengan *almen test gauge* yang menunjukkan besarnya intensitas tembakan yang diterima *almen test strip*.

Gambar 3.5 *Almen test gage*

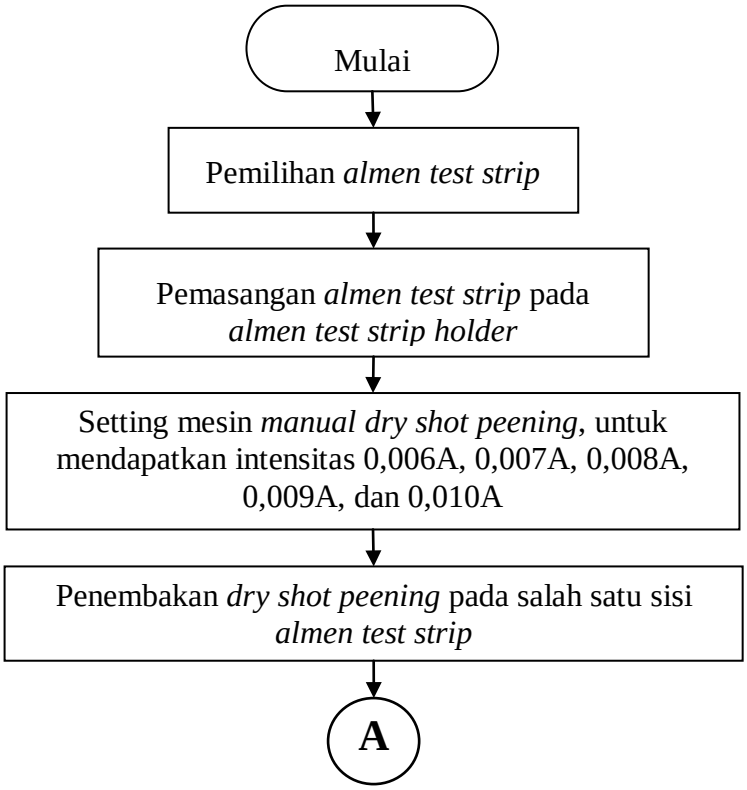
Dengan cara meletakkan *almen test strip* pada dudukan yang dibawahnya terdapat bola – bola yang berfungsi untuk mengukur kelengkungan yang terbentuk pada permukaan almen test strip seperti pada gambar 3.6. yang kemudian hasilnya akan muncul pada display .

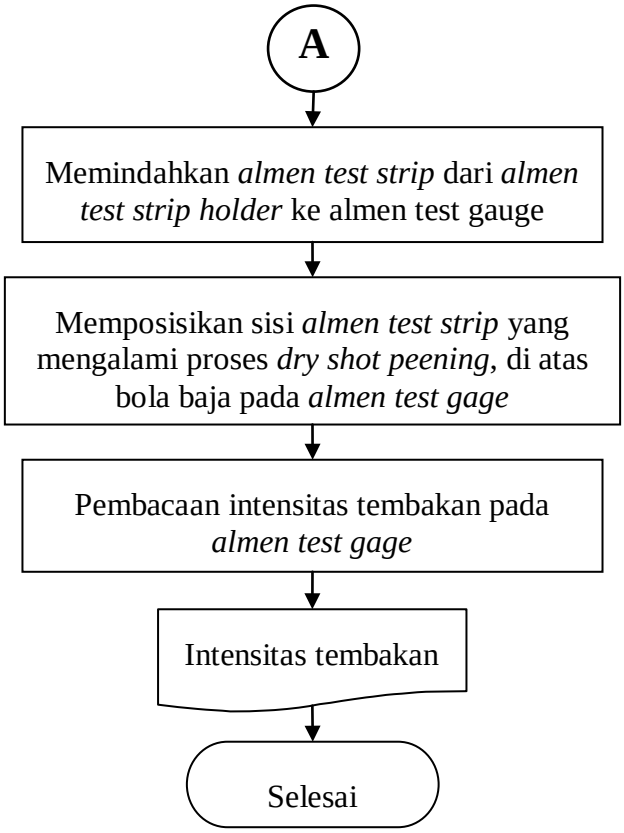


Gambar 3.6 pembacaan intensitas menggunakan *almen test gauge* [10]

3.2.2 Penentuan intensitas tembakan

Penentuan intensitas tembakan dapat dilihat dari gambar III.7 di bawah.





Gambar 3.7 Diagram alir penentuan intensitas tembakan

3.3 Pengujian Spesimen

Material benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium 2024 dengan ukuran 150 mm x 400 mm x 4 mm sebanyak 6 buah. Material benda kerja dibagi menjadi dua spesimen yaitu 5 buah aluminium alloy 2024 yang mengalami proses *dry shot peening* dan 1 buah aluminium 2024 yang tidak mengalami proses *dry shot peening*.

Terdapat tiga jenis spesimen yang dibuat dari aluminium 2024, yaitu :

Tabel 3.3 Pembuatan spesimen

NO	Jenis Pengujian
1	Pengujian Tarik
2	Pengujian Kekasaran
3	Pengujian Mikrografi Pengujian Kekerasan

Gambar 3.8 Spesimen untuk pengujian tarik

Gambar 3.9 Spesimen untuk pengujian Mikrografi dan kekerasan

Gambar 3.10 Spesimen untuk pengujian kekasaran permukaan

3.3.1 Pengujian Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan di Laboratorium Bahan, Direktorat Aerostructure, PT. Dirgantara Indonesia, Bandung. Mesin pengujian tarik yang digunakan adalah Instron 850i. Adapun langkah – langkah untuk pengujian tarik adalah:

1. Preparasi spesimen

   Mempersiapkan spesimen uji tarik, dengan ukuran panjang 145 mm, lebar 40 mm, dan tebal 4 mm sesuai dengan ASTM E 8, untuk pengujian tarik. Pemotongan menggunakan router. Mengukur lebar dan tebal batang uji (do).

2. Setting mesin Instron 850i

   Melakukan setting pada mesin Instron 850i, memasukkan jenis pengujian yang akan dilakukan dan menginput data lebar dan tebal batang uji ke dalam program mesin

3. Pemasangan spesimen

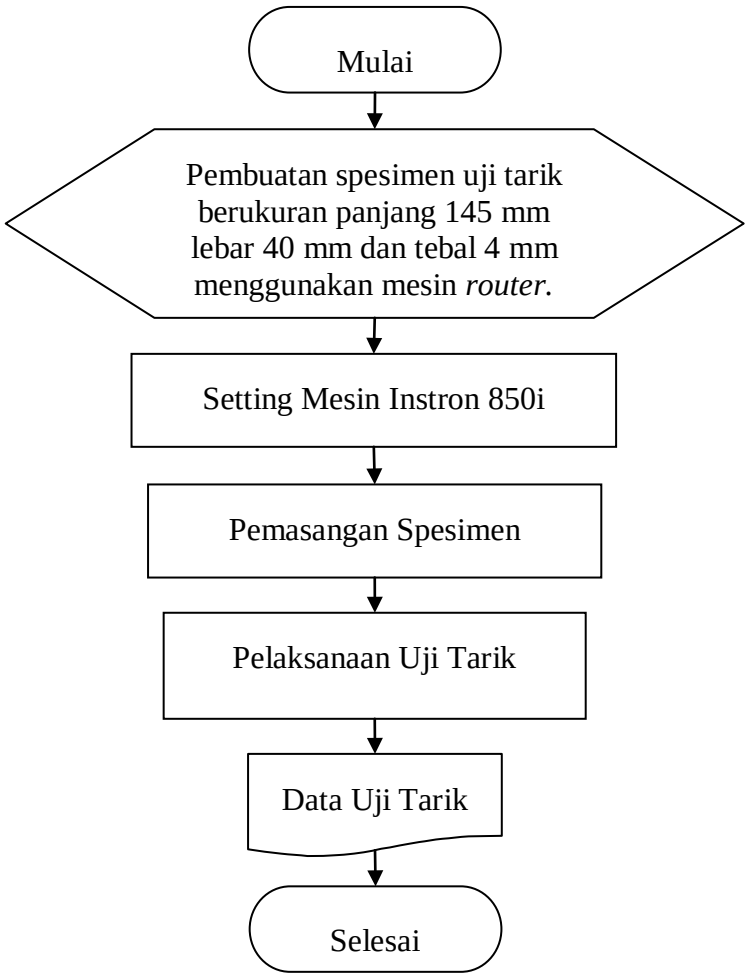
   Memasang spesimen pada *spesimen holder* agar diperoleh posisi yang tetap sehingga akan didapatkan data pengujian yang akurat.

4. Pelaksanaan uji tarik

   Pengujian dilakukan dengan memberikan gaya tarik hingga spesimen putus.

5. Data hasil uji tarik

   Data hasil pengujian tarik berupa grafik tegangan-regangan, beban saat pembeban maksimal, tegangan tarik maksimum, tegangan pada yield point dan elongation.



Gambar 3.11 Diagram Alir Proses Pengujian Tarik

Gambar 3.12 Alat uji tarik Instron 850i [19]

3.3.2 Pengujian Mikrografi

Pengujian Mikrografi dilakukan di Laboratorium Bahan, Direktorat Aerostructure, PT. Dirgantara Indonesia, Bandung. Mesin yang digunkan untuk uji mikrografi adalah Microscope Nikkon Eclipse LV 150. Adapun langkah – langkah untuk pengujian mikrografi dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pemotongan

   Pemilihan lokasi pemotongan spesimen harus sesuai dengan data yang dibutuhkan, karena salah pemotongan spesimen akan menyebabkan salah interprestasi hasil pengujian metalography

2. Mounting

   Spesimen yang akan diuji mikrografi diberi holder dengan resin, yang bertujuan untuk memudahkan preparasi dan pemeriksaan metalography.

3. Grinding

   Spesimen diamplas dengan menggunakan kertas amplas ukuran 120, 240, 320, 500, 800, 1000, dan terakhir dengan ukuran 1200

4. Polishing

   Pada proses polishing amplas diganti dengan dur cloth dan menggunakan diamond paste (DP) dengan ukuran 6 µm dan 1 µm.

5. Etching

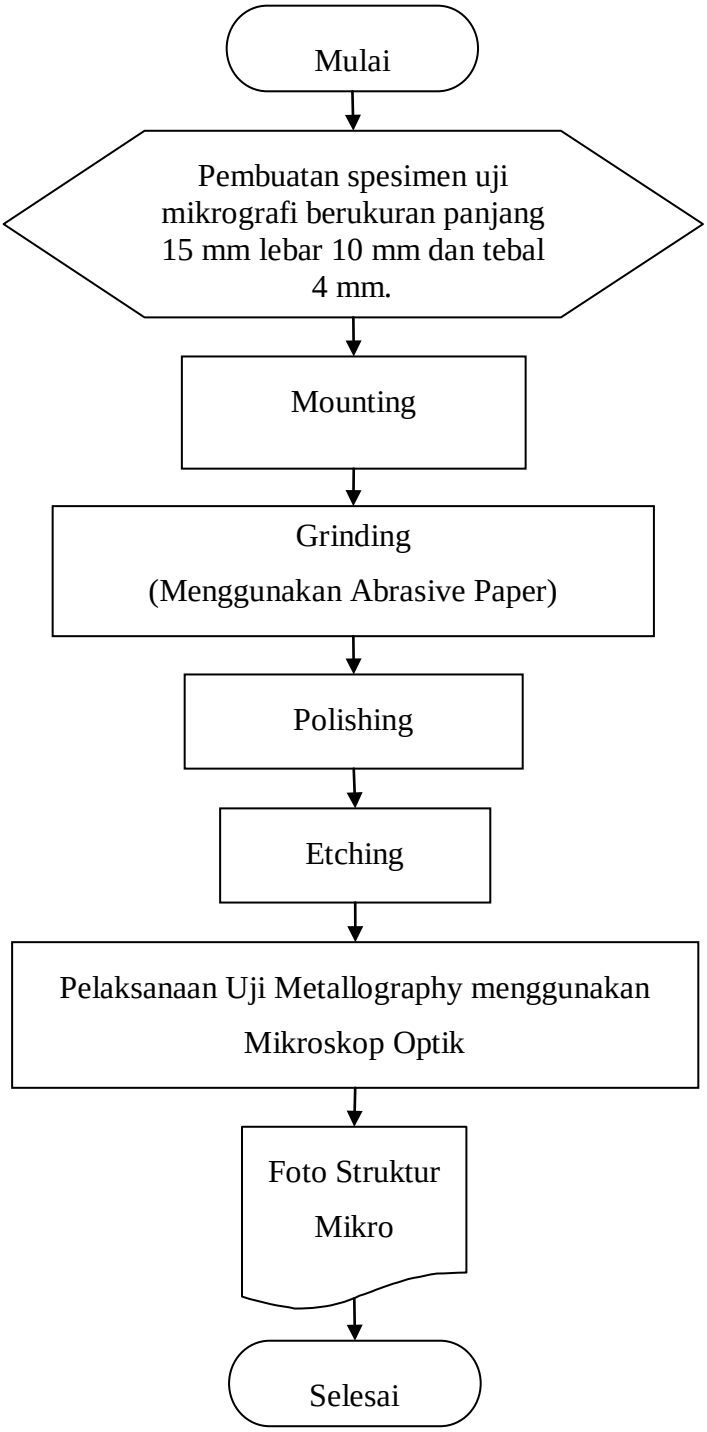
   Setelah dibersihkan dengan detergen, pengetsaan dilakukan dengan larutan keller's. Larutan kellers memiliki komposisi sesuai dengan ASTM E 407 no 3), yaitu 2% HF, 3% HCl, 5% HNO_3, 90% H_2O.

6. Pelaksanaan uji Mikrografi

   Spesimen diletakkan pada dudukan spesimen untuk dilakukan observasi spesimen sebelum dilakukan pemotretan.

7. Foto struktur mikro

   Hasil pemotretan berupa gambar yang kemudian dianalisa



Gambar 3.13 Diagram Alir Proses Pengujian Mikrografi

Gambar 3.14 Microscope Nikkon Eclipse LV 150 [19]

3.3.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *microhardness* Vickers. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan, Direktorat Aerostructure, PT. Dirgantara Indonesia, Bandung. Mesin yang digunakan adalah Microhardness Tester Zwick 3212. Adapun langkah – langkah untuk pengujian kekerasan mikro adalah:

1. Mempersiapkan spesimen

   Spesimen yang digunakan sama dengan spesimen uji mikrografi .

2. Setting posisi spesimen

   Meletakkan spesimen pada meja uji, kemudian menentukan letak titik uji.

3. Pelaksanaan pengujian kekerasan

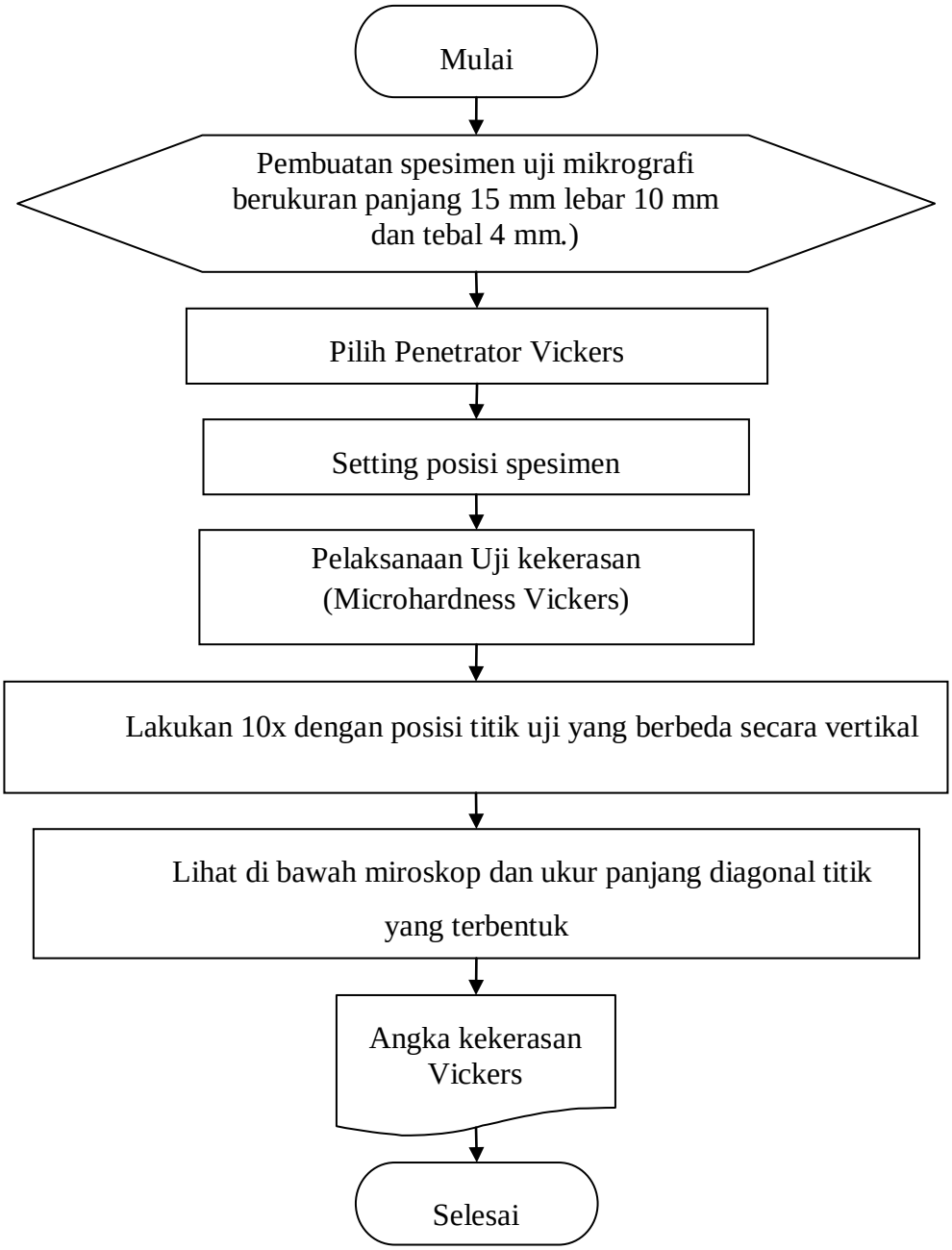
   Uji kekerasan *Vickers* menggunakan pembebanan 0,2 kgf, dengan waktu identasi 15 detik.

4. Pengukuran panjang diagonal

   Pengukuran panjang diagonal titik yang terbentuk menggunakan mikroskop yang disambungkan ke program solution DT

5. Angka kekerasan vickers

   Akan diperoleh angka kekerasan Vickers



Gambar 3.15 Diagram Alir Proses Pengujian Microhardness

Gambar 3.16 Microhardness Tester Zwick 3212 [19]

3.3.4 Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan di Laboratorium Bahan, Direktorat Aerostructure, PT. Dirgantara Indonesia, Bandung. Alat yang digunakan Surfcorder Surface roughness SE 1700. Adapun langkah – langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Kalibrasi alat uji kekasaran

   Melakukan penyetingan pada stilus dengan menggunakan calibration spesimen

2. Penempatan Spesimen

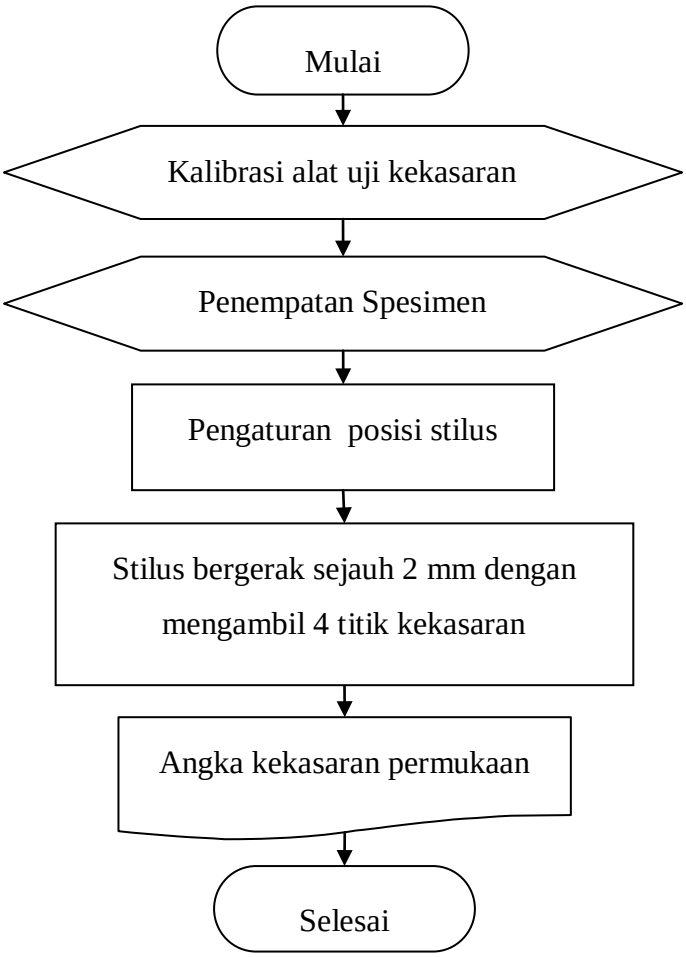
   Meletakkan stilus di atas permukaan spesimen yang akan diuji

3. Pelaksanaan Uji Kekasaran

   Stilus akan berjalan sejauh 4 mm dan mengambil 5 titik sebagai data

4. Angka kekasaran permukaan

   Akan diperoleh angka kekasaran maksimum, minimum dan rata – rata.



Gambar 3.17 Diagram Alir Proses Pengujian Kekasaran Permukaan

Gambar 3.18 Surfcorder Surface roughness SE 1700 [19]