

**Karakterisasi Material Tabung Senapan Angin Produksi Lokal
dan Impor**

Material Characterization of Local and Imported Air Rifle Tubes

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Mahmud Nur Fauzi

NPM: 183030092



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Mahmud Nur Fauzi
Nomor Pokok Mahasiswa : 183030092
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi.
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi.
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. ^o Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 26 Juli 2024

Penulis,



Mahmud Nur Fauzi

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

Nama : Mahmud Nur Fauzi
NPM : 183030092
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS
Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Karakterisasi Material Tabung Senapan Angin Produksi Lokal dan Impor”

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta,

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 26 Juli 2024

Yang menyatakan,



Mahmud Nur Fauzi

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Karakterisasi Material Tabung Senapan Angin Produksi Lokal dan Impor



Nama : Mahmud Nur Fauzi
NPM : 183030092

Pembimbing Utama

Ir. Syahbardia, M.T.

Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. Ir. Hery Sorawan, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Karakterisasi Material Tabung Senapan Angin Produksi Lokal dan Impor



Nama : Mahmud Nur Fauzi
NPM : 183030092

Tanggal sidang skripsi:

Ketua : Ir. Syahbardia, M.T.

Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Ade Bagdja, MME.

Anggota : M. Reza Hermawan, S.T., M.T.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas nikmat, berkah rahmat-NYA dan hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shollallahu ‘Alaihi Wassalam, yang telah membimbing umatnya hingga akhir zaman.

Dengan selesainya penulisan penelitian ini, yang berjudul “**Karakterisasi Material Tabung Senapan Angin Produksi Lokal dan Impor**” maka penulis mengucapkan terima kasih yang telah membantu dan mendukung serta membimbing selama penulisan ini, kepada :

1. Kepada kedua Orang tua Ayahanda Narjudin dan Ibunda Parjilah yang telah memberikan kasih sayang , doa serta dukungan baik berupa moral maupun materi kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan.
3. Bapak Ir. Syahbardia, M.T. selaku Pembimbing Utama Tugas Akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T. selaku Pembimbing Pendamping Tugas Akhir.
5. Semua rekan-rekan teknik mesin angkatan 2018.

Dalam penyusunan laporan ini, kami menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan karena pengalaman dan pengetahuan penulis yang masih terbatas. Oleh karena itu, kritik dan saran dari semua pihak sangat kami harapkan.

Bandung, 26 Juli 2024

Penulis



Mahmud Nur Fauzi

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar belakang.....	1
2. Rumusan masalah	1
3. Tujuan	1
4. Batasan masalah.....	2
5. Sistematika penulisan.....	2
BAB II STUDI LITERATUR	3
1. <i>State of art</i>	3
2. Senapan angin	4
3. Tabung bertekanan.....	4
4. <i>Standard materials</i>	5
5. <i>Hardness testing</i>	8
6. Pengujian tarik	10
7. Pengujian <i>metalografi</i>	11
8. Macam-macam perlakuan panas.....	12
9. Pengujian <i>spektrometri</i>	14
BAB III METODE PENELITIAN	17
1. Tahapan penelitian	17
2. Jadwal kegiatan.....	18
3. Tempat penelitian.....	18
4. <i>Set up</i> pengujian.....	19

5. Metode pengolahan data hasil pengukuran/pengujian	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
1. Data hasil pengujian komposisi	25
2. Data pengamatan <i>metalografi</i>	25
3. Data hasil pengujian kekerasan.....	28
4. Data hasil pengujian tarik	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	34
1. Kesimpulan	34
2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	37
1. Data Hasil Pengujian.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Senapan angin [4].....	4
Gambar 2. Tabung senapan angin [5]	5
Gambar 3. Diagram fasa biner semu Mg ₂ Si [7].....	7
Gambar 4. Pengujian indentasi <i>brinell</i> [10]	9
Gambar 5. Skematis uji kekerasan micro <i>vickers</i> [12].....	9
Gambar 6. Skematis pengujian <i>rockwell</i> [14]	10
Gambar 7. Spesimen uji tarik [17].....	11
Gambar 8. Pengujian <i>metalografi</i> [18]	12
Gambar 9. Spektrum elektromagnetik pada OES [19].....	15
Gambar 10. Skematis cara kerja uji komposisi kimia dengan alat OES [20]	16
Gambar 11. Diagram alir tahapan penelitian	17
Gambar 12. Lokasi penelitian	18
Gambar 13. Tabung senapan angin yang akan diuji	19
Gambar 14. Bagian pemotongan sample uji pada tabung senapan angin	19
Gambar 15. Proses <i>mounting sample</i>	20
Gambar 16. Proses <i>grinding</i>	20
Gambar 17. Proses pengetsaan.....	21
Gambar 18. Alat uji <i>metalografi</i>	22
Gambar 19. Spesimen yang akan diuji tarik	22
Gambar 20. Hasil struktur mikro dari tabung senapan impor	26
Gambar 21. Hasil struktur mikro dari tabung senapan angin lokal.....	26
Gambar 22. Pengolahan data tabung senapan angin lokal pada aplikasi <i>image J</i>	27
Gambar 23. Pengolahan data tabung senapan angin impor pada aplikasi <i>image J</i>	27
Gambar 24. Pengambilan titik pengujian kekerasan.....	28
Gambar 25. Grafik harga kekerasan tabung senapan angin lokal dan impor.....	29
Gambar 26. Spesimen tabung senapan angin setelah dilakukan uji tarik	29
Gambar 27. Grafik uji tarik tabung senapan angin lokal dan impor	32

DAFTAR TABEL

Table 1. Komposisi <i>standard</i> material aluminium 6061 [6]	7
Table 2. Jadwal kegiatan	18
Table 3. Hasil pengujian komposisi tabung senapan lokal dan impor	25
Table 4. Hasil pengujian kekerasan tabung senapan lokal dan impor	28
Table 5. Hasil pengujian tarik senapan angin lokal dan impor	30

ABSTRAK

Tabung senapan angin merupakan komponen utama dari senapan, di mana tabung ini berfungsi sebagai penampung gas yang menjadi tenaga pelontar pelurunya. Penggunaan tabung bertekanan banyak diterapkan dalam senapan angin, namun tabung bertekanan industri lokal belum mampu bersaing dengan tabung bertekanan impor dari segi kualitas. Kualitas lokal belum mampu memproduksi tabung dengan kualitas terbaik, hal tersebut mungkin karena belum mengetahui spesifikasi material yang digunakan dalam tabung bertekanan dengan kualitas impor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik, kekerasan, struktur mikro, dan komposisi dari kedua tabung. Kemudian, dibandingkan dan disimpulkan hasil pengujian yang dilakukan pada kedua tabung senapan angin. Penelitian ini akan dilakukan dengan pengujian *spektrometer*, *metalografi*, dan kekerasan. Pengujian *spektrometri* bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam tabung senapan angin lokal dan impor. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan material dari tabung senapan angin lokal dan impor. Pengujian *metalografi* bertujuan untuk mengetahui struktur mikro dari tabung senapan angin lokal dan impor. Pada hasil pengujian komposisi material, tabung senapan angin keduanya merupakan Aluminium 6061 akan tetapi nilai dari magnesium (Mg) lokal 0,781% dan impor 0,673, dengan demikian nilai magnesium (Mg) tidak pada standarnya berada pada nilai 0,8-1,2%. Nilai kekerasan tabung senapan angin lokal lebih besar, yaitu 123,4 HVN, dibandingkan tabung senapan angin impor yang memiliki nilai kekerasan 116,2 HVN. Hasil pengujian *metalografi*, pada kedua tabung mendapatkan perlakuan panas ketika proses produksi, dibuktikan dengan munculnya senyawa Mg_2Si . Pada tabung lokal, mempunyai senyawa Mg_2Si lebih banyak dibandingkan dengan tabung senapan impor. Hasil pengujian tarik diketahui bahwa tabung senapan lokal mempunyai nilai tegangan sebesar 2120 N atau 368 MPa, lebih tinggi dibandingkan dengan tabung senapan impor dengan nilai tegangan 1840 N atau 327 MPa.

Kata kunci: karakterisasi, *metalografi*, *spektrometri*, uji tarik, *micro vickers testing*

ABSTRACT

Air rifle tubes are the main component of the rifle where this tube is a gas reservoir as a bullet launcher. The use of pressurized tubes is widely used in air rifles, but local industrial pressurized tubes have not been able to compete with imported pressurized tubes in terms of quality. Local quality has not been able to produce the best quality tubes, this may be due to not knowing the material specifications used in pressurized tubes with imported quality. The purpose of this study is to determine the tensile strength, hardness, microstructure, and composition of the two tubes. Then compare and conclude the results of the tests carried out on the two air rifle tubes. This research will be conducted with spectrometer, metallography, and hardness testing. Spectrometric testing aims to determine the chemical composition contained in local and imported air rifle tubes. Hardness testing aims to determine the price of material hardness of local and imported air rifle tubes. Metallographic testing aims to determine the microstructure of local and imported air rifle tubes. In the results of material composition testing, both air rifle tubes are Aluminum 6061 but the value of local magnesium (Mg) is 0.781% and imported 0.673, with the following values the value of magnesium (Mg) is not in the standard value of 0.8-1.2%. The hardness value of the local air rifle tube is greater at 123.4 HVN than the imported air rifle tube which has a hardness value of 116.2 HVN. Metallographic test results, both tubes received heat treatment during production as evidenced by the appearance of the Mg_2Si phase, the local tube has more Mg_2Si phase than the imported rifle tube. The tensile test results showed that the local rifle tube had a stress value of 2120 N or 368 MPa, higher than the imported rifle tube with a stress value of 1840 N or 327 MPa.

Keywords: characterization, metalografi, spektrometri, tensile test, micro vickers testing

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Senapan angin adalah senjata yang menggunakan prinsip *pneumatik* yang menembakan peluru dengan menggunakan tenaga udara atau sejenis gas tertentu yang dimampatkan. Senapan angin biasanya digunakan untuk olahraga dan berburu binatang kecil seperti burung, kelinci, babi hutan dan tupai, ukuran peluru yang dipakai biasanya juga tidak terlalu besar yaitu ukuran kaliber 177 mm atau 4,5 mm dan 5,5 mm biasanya terbuat dari bahan timah, meskipun begitu senapan ini bias membunuh orang kalau prosedur pemakaiannya keliru atau disalah gunakan [1].

Penggunaan tabung bertekanan banyak digunakan dalam senapan angin, namun tabung bertekanan industri lokal belum mampu bersaing dengan tabung bertekanan impor dari segi kualitas.

Kualitas lokal belum mampu memproduksi tabung dengan kualitas terbaik, hal tersebut mungkin dikarenakan belum mengetahui spesifikasi material yang digunakan dalam tabung bertekanan dengan kualitas impor. Melalui tugas akhir ini akan melaksanakan karakterisasi material tabung bertekanan meliputi identifikasi material yang digunakan dalam tabung bertekanan original.

2. Rumusan masalah

Bagaimana cara melakukan karakterisasi dan mendapatkan spesifikasi material produksi lokal dan impor, dengan menggunakan metode *spektrometri*, *metalografi*, uji tarik dan uji kekerasan.

3. Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui karakterisasi material pada tabung yang meliputi:

- Membandingkan komposisi kimia unsur material tabung senapan angin lokal dan impor dengan metode pemeriksaan *spektrometri*.
- Membandingkan struktur mikro material tabung senapan angin lokal dan impor dengan metode pemeriksaan *metalografi*.
- Membandingkan sifat mekanis terutama harga kekerasan tabung senapan angin lokal dan impor melalui uji tarik dan uji kekerasan.

- Mengetahui proses manufaktur pembuatan tabung senapan angin.

4. Batasan masalah

Batasan masalah yang dilakukan dalam penelitian tabung bertekanan ini adalah:

- Analisa komposisi kimia.
- Pemeriksaan struktur mikro.
- Pengujian mekanik yaitu uji kekerasan dengan metoda uji keras dan uji Tarik.

5. Sistematika penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini disajikan latar belakang topik skripsi, rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai dalam masalah, Batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Pada bab ini disajikan teori-teori yang berkaitan dengan masalah yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini disajikan tentang tahapan penelitian, tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, *setup* pengujian, metode pengukuran/pengujian, dan metode pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini disajikan tentang data hasil pengujian dan analisis pengolahan data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan setelah melakukan penelitian dan menganalisis data.

BAB II STUDI LITERATUR

1. *State of art*

Peneliti pertama karya Andrea Tri Wibowo, Gunawan Dwi Haryadi, dan Yusuf Umardani yang berjudul Pengaruh *Heat Treatment* T6 Pada Aluminium Alloy 6061-O Dan Pengelasan *Transversal Tungsten Inert Gas* Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro. Membahas tentang pengaruh pengelasan terhadap *aluminium alloy* 6061.

Penelitian kedua dari Tarmizi dan Sri Mulyati Latifah pada tahun 2012 dengan judul Analisis Kegagalan Tabung Gas LPG Kapasitas 3 Kg. Hasil dari penelitian ini kegagalan terjadi akibat adanya penipisan dinding tabung didaerah kumpung las setelah proses *jogging* sehingga parameter las yang digunakan menjadi lebih besar yang mengakibatkan cacat *burn through* yang menyerupai takikan yang merupakan inisiasi terjadinya retak yang merambat menebus dinding tabung sehingga terjadi kebocoran.

Penelitian ketiga dari Nani Mulyaningsih, Kun Suharno, Ayub Adi Darmawan, Arif Rahman Saleh pada tahun 2020 dengan judul Pengaruh Penggunaan Ekstrak Kulit Manggis Pada Proses Pewarnaan Anodizing Terhadap Uji Kekerasan Tabung *Shock* Luar Sepeda Motor. Hasil dari penelitian ini kekerasan *vickers* pada material tabung *shock* luar tersebut dapat dilihat bahwa nilai awal material tabung *shock* yang diuji tanpa *anodizing* dan pewarnaan memiliki nilai VHN sebesar 88,4 kgf/mm².

Penelitian keempat dari Iwan Toni Saputro dan Meilinda Nurbanasari pada tahun 2023 dengan judul Analisis Kegagalan Tabung Superheater Sekunder pada Pembangkit Listrik Tenaga Batubara 600 MW, hasil pemeriksaan XRD terhadap kedua serbuk deposit menunjukkan adanya senyawa oksida besi yaitu magnetit (Fe₃O₄) dan hematit (Fe₂O₃). Kandungan senyawa magnetit dan hematit pada serbuk deposit mengindikasikan bahwa lapisan oksida yang terbentuk pada dinding dalam tube cukup tebal dan telah melebihi batas kritis sehingga terkelupas dan menyebabkan terjadinya penyempitan aliran steam.

Penelitian kelima dari N S Syafei, D Hidayat, N Rohadi, A Trisanto Tahun 2020 dengan judul Analisis Penyebab Kegagalan Pengelasan Logam *Stainless Steel* (Sa 213t2) dengan Baja Karbon (Ss 304 H). Hasil dari penelitian ini bahwa tabung pipa *boiler* yang dibuat dengan cara mengelas dua metal yang berbeda antara metal SS 213 T22 dan metal SA 304 H dengan menggunakan metal lasan (*filler*) ternyata metal SA 304 H terlepas diakibatkan adanya proses pemanasan yang cukup lama, dan diantara metal tersebut bahwa metal SA 304 H lebih rendah nahan panasnya dari pada metal SS 213 T22 dan metal lasan (*filler*).

2. Senapan angin

Senapan angin pada umumnya dibagi menjadi dua yaitu menggunakan energi potensial pegas, dan tekanan gas/angin sebagai energi pelontar pelurunya, digunakan sebagai olahraga [2].

PCP singkatan dari *Pre Charged Pneumatic*, merupakan senapan angin hasil perkembangan teknologi menggunakan sumber tenaga dari udara bertekanan tinggi. Senapan ini sering dijuluki sebagai senapan eksklusif atau premium. Memiliki ukuran yang besar namun tidak berat. Beratnya hanya 1,5 hingga 2,5 kg. Senapan *PCP* memiliki kecepatan peluru 1200 fps dengan akurasi 110 s/d 120 meter. Cocok bila digunakan untuk berburu hewan ukuran besar. Pengisian angin pada senapan *PCP* tidak bisa dilakukan sewaktu-waktu. Cara pompanya melalui sebuah lubang/*kopler* yang ada diujung tabung dan menghubungkannya dengan kompresor khusus. Cara kerja senapan angin *PCP* menggunakan tabung kusus yang bermuatan angin dengan kapasitas maksimal 2500 Psi (*safety*). Selain itu juga dilengkapi dengan pemukul yang bertujuan untuk mengeluarkan angin dari dalam tabung. Setiap kali mengisi tabung dengan tekanan udara dari 2000 s/d 2500 Psi bisa menghasilkan lebih kurang 40 s/d 50 kali tembakan sesuai dengan besar dari tabung angin itu sendiri. Senapan angin *PCP* juga memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan [3].



Gambar 1. Senapan angin [4]

3. Tabung bertekanan

Silinder gas terkompresi adalah bejana bertekanan tinggi yang dirancang untuk menyimpan dan mengangkut gas pada tekanan di atas atmosfer. Silinder terbuat dari bahan tahan lama seperti baja atau aluminium, dan dilengkapi dengan katup untuk mengontrol pelepasan gas. Tabung gas terkompresi digunakan diberbagai industri untuk berbagai keperluan, termasuk

pengelasan, pekerjaan laboratorium, aplikasi medis, industri manufaktur, dan senjata. Penanganan dan penyimpanan tabung gas bertekanan yang benar sangat penting untuk menjamin keselamatan dan mencegah kecelakaan [2].



Gambar 2. Tabung senapan angin [5]

Spesifikasi tabung senapan angin impor.

- Material yang digunakan Aluminium *alloy* 6061-T6
- Kapasitas 500cc
- Diameter tabung 60 mm
- Diameter leher tabung 26 mm
- Berat tabung 670 gram
- Panjang 300 mm

4. *Standard materials*

Aluminium *alloy* merupakan material berbasis aluminium yang ditambah dengan elemen paduan. Aluminium memiliki kelas yang tergantung pada unsur paduan dan perlakuan panas yang dilakukan terhadap paduan aluminium tersebut. Berikut Macam-macam Aluminium *alloy*:

A. Aluminium *Copper Alloy* (Seri 2xxx)

Paduan aluminium ini (2011, 2014, 2017, 2018, 2124, 2219, 2319, 201,0; 203,0; 206,0; 224,0; 242,0 dll) memerlukan *solution heat treatment* untuk mendapatkan sifat yang optimal, di dalam kondisi *solution heat treatment* , sifat mekanik yang mirip dengan baja karbon rendah dan kadang-kadang melebihi sifat mekanik baja karbon rendah. Dalam

beberapa contoh, proses perlakuan panas (aging) digunakan untuk lebih meningkatkan sifat mekanik. Paduan aluminium dalam seri 2xxx tidak memiliki ketahanan korosi yang baik ketimbang kebanyakan paduan aluminium lainnya, dan dalam kondisi tertentu paduan ini mungkin akan terjadi korosi pada antar butir. Paduan ini banyak digunakan untuk alat-alat yang bekerja pada temperatur tinggi misalnya pada piston dan silinder *head* motor bakar.

B. Aluminium *Manganese Alloy* (3xxx)

Paduan aluminium ini (3003, 3004, 3105, 383,0; 385,0; A360; 390,0) umumnya memiliki ketidakmampuan panas tetapi memiliki kekuatan sekitar 20% lebih dari paduan aluminium seri 1xxx karena hanya memiliki *presentase* mangan yang sedikit (sampai sekitar 1,5%) yang dapat ditambahkan ke aluminium. Mangan digunakan sebagai elemen utama dalam beberapa paduan. Paduan dalam seri ini tidak dapat dikeraskan dengan *heat treatment*. Seri ini mudah dibentuk, tahan korosi, dan kemampuan las yang baik. Banyak digunakan untuk pipa dan tangki minyak.

C. Aluminium *Silicone Alloy* (Seri 4xxx)

Seri 4xxx ini udah ditempa dan memiliki koefisien muai panas sangat rendah yang biasa digunakan untuk piston yang ditempa. Paduan ini juga memiliki ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang sangat kecil, dan sebagai penghantar panas dan listrik yang baik.

D. Aluminium *Magnesium Alloy* (Seri 5xxx)

Unsur paduan utama *grade* aluminium ini adalah magnesium, bila digunakan sebagai elemen paduan utama atau digabungkan dengan mangan, hasilnya adalah paduan yang memiliki kekerasan sedang hingga kekuatan yang tinggi. Magnesium jauh lebih efektif daripada mangan sebagai pengeras - sekitar 0,8% Mg sama dengan 1,25% Mn dan dapat ditambahkan dalam jumlah yang jauh lebih tinggi. Paduan aluminium dalam seri ini (5005, 5052, 5083, 5086, dll) memiliki karakteristik pengelasan yang baik dan ketahanan yang relatif baik terhadap korosi dalam atmosfer laut. Seri 5xxx umumnya non *heat treatable* dan banyak digunakan sebagai bahan untuk tangki LNG juga sebagai pipa saluran minyak dan gas pada kendaraan.

E. Aluminium *Magnesium Silicone Alloy* (Seri 6xxx)

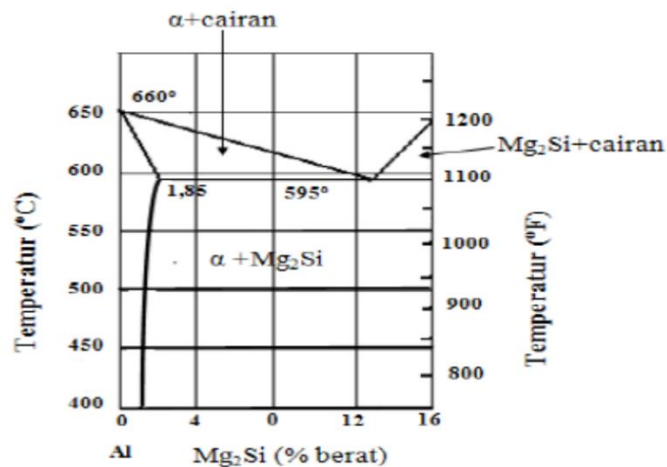
Paduan aluminium dalam seri 6xxx (6061 dan 6063) mengandung silikon dan magnesium sekitar dalam proporsi yang diperlukan untuk pembentukan magnesium silisida (Mg_2Si),

sehingga membuat paduan ini memiliki mampu perlakuan panas yang baik. Meskipun tidak sekuat pada paduan 2xxx dan 7xxx, paduan aluminium seri 6xxx memiliki sifat mampu bentuk yang baik, mampu las, mampu mesin, dan ketahanan korosi yang relatif baik dengan kekuatan sedang. Aluminium seri 6061 memiliki komposisi kimia dimana unsur Al memiliki *persentase* yang paling besar, kemudian disusul dengan *persentase* unsur Mg dan unsur Si, mengingat bahwa aluminium seri 6061 ini merupakan paduan dari Al-Mg-Si, seperti yang telah ditunjukkan pada tabel 1 berikut ini.

Table 1. Komposisi *standard* material aluminium 6061 [6]

Alloy group	Nominal chemical composition ^[a] , Wt %										
	Mg	Si	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zu	Zr	Other
Wrought alloys											
1xxx (Al > 99.00%)	0.006-0.25	0.006-0.7	0.002-0.006	0.01-0.03	0.002-0.05	0.006-0.6	...	0.006-0.35	0.006-0.05
2xxx (Cu)	0.02-0.8	0.10-1.3	0.02-0.3	0.05-0.2	0.05-1.3	0.12-1.3	0.05-2.3	0.8-6.8	0.10-0.80	0.05-0.5	...
3xxx (Mn)	0.05-1.3	0.3-1.8	0.05-0.10	0.05-0.40	0.05-1.8	0.1-1.0	0.05	0.05-0.50	0.05-1.0	0.1-0.5	...
4xxx (Si)	0.05-2.0	0.8-13.5	0.04-0.30	0.05-0.25	0.03-1.5	0.20-1.0	0.15-1.3	0.05-1.5	0.05-0.25
5xxx (Mg)	0.2-5.6	0.08-0.7	0.05-0.20	0.05-0.35	0.05-1.4	0.03-0.7	0.10-0.05	0.03-0.35	0.03-2.8	0.05-	...
6xxx (Mg + Si)	0.05-1.5	0.20-1.8	0.08-0.20	0.03-0.035	0.03-1.0	0.08-1.0	0.2	0.10-1.2	0.05-2.4	0.05-0.20	...

Paduan aluminium seri 6061 berdasarkan tabel di atas maka unsur yang memiliki komposisi paling besar serta sangat mempengaruhi sifat mekanik dari paduan aluminium seri 6061 adalah Magnesium (Mg) dan Silikon (Si), sehingga jika paduan aluminium seri 6061 diberi perlakuan panas maka yang terbentuk adalah senyawa Mg_2Si . Dimana senyawa tersebut dapat diperjelas dengan diagram fasa biner semu pada gambar 3 ini.



Gambar 3. Diagram fasa biner semu Mg_2Si [7]

Seri 6xxx banyak digunakan untuk piston motor dan silinder *head* motor bakar, part sepeda, rangka konstruksi bangunan dan lain lain. Dan yang paling sering digunakan untuk seri 6xxx ini adalah seri 6061 dan 6063 [6].

F. Aluminium Zinc Alloy (Seri 7xxx)

Seri 7xxx mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan-paduan lainnya, penggunaan paduan ini paling besar adalah untuk konstruksi pesawat udara. Disamping itu penggunaannya menjadi lebih penting sebagai bahan konstruksi.

Memiliki sifat mekanik yang cukup baik menjadikan aluminium tipe 6061 sebagai bahan material pilihan tabung senapan angin. Dengan tingkat ketahanan korosi yang tinggi, ringan, awet, dan tahan lama. Banyak jenis produk yang menggunakannya mulai dari kemasan hingga konstruksi [6].

5. *Hardness testing*

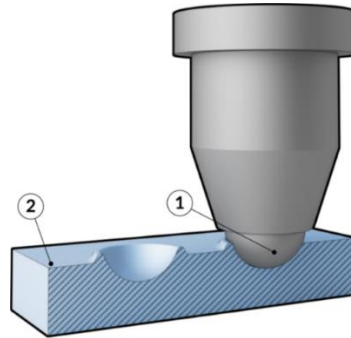
Kekerasan (*hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan) [8].

Pengujian kekerasan merupakan metode yang sederhana dan relatif terjangkau, untuk karakterisasi bahan secara mekanis karena tidak memerlukan persiapan specimen yang rumit, peralatan pengujian yang murah, dan *relative* cepat dari segi pengujiannya. Secara teoritis dan empiris telah dihasilkan hubungan kuantitatif yang cukup akurat antara kekerasan dan sifat mekanik lainnya dari material tersebut seperti *ultimate tensile strength*, kekuatan luluh dan koefisien pengerasan regangan, kekuatan kelelahan dan *creep*. Hubungan ini membantu mengukur sifat-sifat dengan keakuratan yang cukup. Sering kali pengujian kekerasan adalah satu-satunya alternatif uji tidak merusak yang tersedia untuk memenuhi syarat dan menjadikan komponen siap digunakan untuk aplikasi lapangan [9].

A. Metode *Brinell*

Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekan pada

permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian Brinell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Indentor (bola baja) biasanya telah dikeraskan dan *diplating* ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten [8].

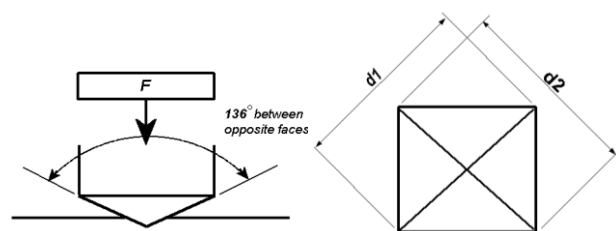


Gambar 4. Pengujian identasi *brinell* [10]

B. Metode *Vickers*

Vickers Hardness Tester adalah salah satu metode dari pengujian *Hardness Tester* yang digunakan untuk mengukur/menganalisa terhadap kekerasan material, Pengujian *Vickers* memiliki keunggulan dibandingkan metode lainnya karena pengujian tersebut lebih mudah dilakukan dibandingkan metode pengujian *Hardness Tester* lainnya, karena kalkulasi yang diperlukan tidak terlalu bergantung pada ukuran. indentor, dan indentor dapat digunakan untuk semua material selain daya kekerasan pada indentor [11].

Penggunaan pengujian kekerasan tersebut sangat berguna untuk melakukan evaluasi terhadap material, pengendalian kualitas pada proses produksi, hingga upaya untuk perkembangan suatu penelitian, kekerasan pada material, saat melakukan uji kekerasan *Vickers* jarak dari antara lekukan harus lebih dari 3 diameter lekukan untuk menghindari interaksi dari daerah yang dilakukan pengerasan. Selain itu pengujian *Vickers* biasanya sering digunakan untuk melakukan pengujian bahan, komponen dalam industri seperti otomotif hingga laboratorium untuk melakukan analisa atau evaluasi sampel uji [11].

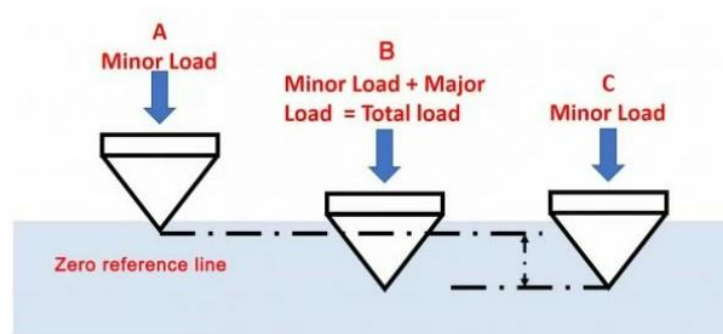


Gambar 5. Skematis uji kekerasan micro *vickers* [12]

C. Metode *Rockwell*

Rockwell Hardness tester adalah salah satu pengujian kekerasan yang banyak digunakan karena pengujian ini terbilang sederhana, cepat, tidak memakai mikroskop atau mengukur jejak perubahan, dan tidak merusak atau pengujian *Non Destructive Test (NDT)* [13].

Rockwell Hardness Tester adalah pengujian dengan cara menekan permukaan material atau benda uji dengan suatu indentor. Penekanan indentor tersebut dilakukan dengan cara menekan beban pendahuluan (beban minor), lalu ditambah dengan beban utama (beban mayor), kemudian beban mayor dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan [13].



Gambar 6. Skematis pengujian *rockwell* [14]

6. Pengujian tarik

Uji tarik adalah suatu pengujian untuk mengetahui sifat bahan. Dengan menarik bahan yang diuji, maka bahan tersebut akan bereaksi terhadap tenaga tarikan dan seberapa besar kekuatan material tersebut. Alat uji untuk melakukan uji tarik ini harus memiliki cengkraman yang kuat dan kekuatan yang tinggi [15].

Dalam melakukan uji tarik ini kita akan menarik bahan sampai kondisinya berubah. Dari hal itu kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yaitu hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang [15].

Dalam uji tarik ini, menggunakan hukum *Hook*, yaitu hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut yang disebut daerah linier. Kemudian pertambahan panjang yang berbanding dengan beban mengikuti aturan *Hooke*, yaitu rasio tegangan dan regangan adalah konstan [15].

Dari rumusan yang diperoleh tersebut maka bisa melakukan perhitungan uji tarik dengan sebuah rumus, [16]

Stress (Tegangan Mekanis)

$$\sigma = F/A$$

F = gaya tarikan

A = luas penampang

Strain (Regangan)

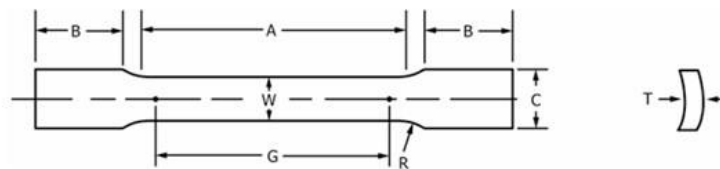
$$\varepsilon = \Delta L/L$$

ΔL = Pertambahan panjang

L = Panjang awal

Maka, hubungan antara *stress* dan *strain* dirumuskan:

$$E = \sigma/\varepsilon$$



Gambar 7. Spesimen uji tarik [17]

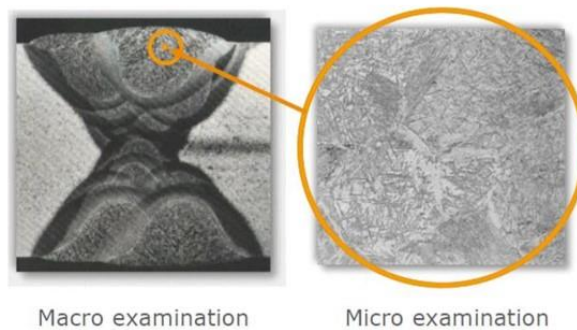
7. Pengujian metalografi

Metalografi adalah perpaduan ilmu dan seni yang mempelajari tentang struktur mikroskopis logam dan paduan menggunakan mikroskop optik, mikroskop elektron atau jenis mikroskop lainnya. Kinerja dan sifat material terutama sifat mekanik logam ditentukan oleh struktur mikro, dengan menganalisis struktur mikro material maka kinerja dan kinerja saat digunakan dapat dipahami dengan lebih baik.

Metalografi digunakan dibidang pengembangan bahan, inspeksi, produksi, manufaktur, dan untuk analisis kegagalan. Analisis metalografi atau mikrostruktur mencakup, tetapi tidak terbatas pada, jenis analisis berikut:

- Ukuran butir (ASTM E112, E930, E118).
- Analisis fasa (ASTM E566).
- Serangan korosi intergranular.
- Ketebalan lapisan (ASTM B487).

- Ukuran, bentuk dan distribusi inklusi (ASTM E454).
- Zona Terkena Dampak Las dan Panas.
- Karbulrasi, ketebalan Nitridasi.
- Dekarburisasi (ASTM E1077).



Gambar 8. Pengujian *metalografi* [18]

8. Macam-macam perlakuan panas

Bagian ini memperkenalkan beberapa perlakuan panas yang paling umum digunakan untuk paduan aluminium.

A. *Anil*

Annealing adalah proses yang digunakan untuk melawan efek tertentu dari pengerjaan dingin (pengerjaan aluminium tanpa panas). Saat anda mengerjakan material dengan dingin, material tersebut akan menimbulkan tekanan internal, yang meningkatkan kekuatan dan kekerasannya. Namun, hal ini harus mengorbankan keuletan dan sifat mampu bentuk, suatu efek yang dikenal sebagai pengerasan kerja.

Pengerasan kerja diinginkan untuk membuat produk lebih kuat. Namun, jika produk tersebut mengalami proses pembentukan lebih lanjut setelahnya, penurunan sifat mampu bentuk dapat menyebabkan retak dan akhirnya produk terkelupas.

Disinilah peran *anil* membantu mengatur ulang struktur kristal untuk menghilangkan tekanan internal dan meningkatkan sifat mampu bentuk. Anda kemudian dapat membentuknya secara efektif dengan gaya yang lebih rendah, dan dapat menahan deformasi yang lebih besar sebelum gagal.

Annealing juga dapat menghilangkan tekanan internal pada bagian aluminium cor untuk mencegah retak dikemudian hari dan prosesnya melibatkan pemanasan paduan

hingga suhu tertentu, menahannya di sana selama jangka waktu tertentu, lalu mendinginkannya secara perlahan kembali ke suhu kamar.

B. Solusi Perlakuan Panas

Perlakuan panas larutan melibatkan proses pemanasan yang mirip dengan *anil*, tetapi alih-alih mendinginkan secara bertahap hingga mencapai suhu kamar, produk malah didinginkan. Pendinginan, yang biasa dilakukan di dalam air, pada dasarnya “membekukan” struktur mikro sebelum atom dapat mendistribusikan kembali dirinya.

Setelah pendinginan, aluminium mampu mengeras karena penuaan. *Quenching* juga menyediakan jendela yang memungkinkan anda melakukan proses pembentukan lebih lanjut.

Perlakuan panas larutan memaksimalkan konsentrasi unsur-unsur paduan yang mengeras dalam larutan padat sehingga unsur-unsur tersebut tidak mengendap sampai terjadi penuaan.

Suhu ideal untuk mencapai kelarutan ini hanya beberapa derajat di bawah suhu leleh paduan. Karena jendela suhu yang sangat sempit ini, tungku yang sangat akurat harus digunakan untuk mencapai dan mempertahankan kondisi yang diperlukan.

C. Penuaan Alami dan Buatan

Penuaan merupakan proses yang dapat terjadi secara alami jika produk telah diberi perlakuan panas larutan. Proses penuaan secara bertahap meningkatkan kekuatan dan kekerasan paduan ke tingkat yang lebih besar daripada yang ada pada awalnya.

Setelah proses penuaan dimulai, struktur mikro paduan akan mulai terkunci pada posisi akhirnya karena pengendapan unsur larutan padat.

Dengan penuaan alami, sebagian besar pengerasan terjadi dalam waktu 24 jam setelah perawatan, dan mencapai efektivitas penuh setelah empat hingga lima hari. Namun, beberapa paduan tidak dapat mencapai kekuatan maksimumnya hanya dengan penuaan alami karena komponen larutan padatnya tidak dapat mengendap sepenuhnya.

Paduan ini mendapat manfaat dari pemanasan lebih lanjut untuk mencapai pengendapan sempurna, meskipun suhunya jauh lebih rendah daripada suhu yang digunakan untuk perlakuan panas larutan.

Proses penuaan pada suhu tinggi disebut penuaan buatan, juga dikenal sebagai pengerasan presipitasi. Paduan tersebut dipanaskan hingga suhu tertentu dan ditahan di

sana selama enam hingga 24 jam sebelum didinginkan kembali ke suhu kamar. Hasilnya adalah peningkatan kekuatan dan kekerasan dengan mengorbankan penurunan keuletan.

D. Homogenisasi

Proses perlakuan panas akhir, homogenisasi, memiliki tujuan utama untuk mendistribusikan kembali unsur-unsur paduan internal untuk memperoleh produk kimia yang homogen. Hal ini bermanfaat untuk coran, yang mengeras pada tingkat yang berbeda-beda di seluruh ketebalannya, dimulai dari tepi cetakan.

Hal ini memungkinkan elemen dengan suhu leleh yang lebih rendah (aluminium murni) mengeras terlebih dahulu di tepi luar dan elemen dengan suhu leleh lebih tinggi bermigrasi dan terkonsentrasi di tengah dinding pengecoran.

Jika tidak ada tindakan yang diambil, produk mungkin menjadi terlalu lunak di beberapa bagian dan terlalu keras serta rapuh di bagian lain, sehingga lebih rentan terhadap kegagalan. Untuk menghomogenisasi paduan aluminium, bagian tersebut dipanaskan hingga titik tepat di bawah titik lelehnya, dan kemudian dibiarkan mendingin secara perlahan.

Homogenisasi berbeda dengan anil karena dilakukan pada suhu yang jauh lebih tinggi. Meskipun anil hanya memungkinkan rekristalisasi melalui pergerakan batas butir, homogenisasi juga memungkinkan migrasi elemen paduan, sehingga menciptakan kimia yang merata di seluruh produk.

9. Pengujian spektrometri

Dalam dunia industri logam, pengujian komposisi kimia dari suatu logam penting dilakukan untuk memastikan kualitas sebuah produk, terutama pada proses *incoming quality assurance*. Pada saat penerimaan material di industri manufaktur baik sebagai bahan baku produksi maupun sebagai komponen konstruksi yang siap pakai.

Dalam melakukan uji komposisi kimia, banyak hal yang harus dilakukan, dalam hal pemilihan jenis analisa hingga penggunaan alat yang akan dipakai dalam proses analisa. Untuk analisisnya, menggunakan metode analisis kualitatif dan analisis kuantitatif.

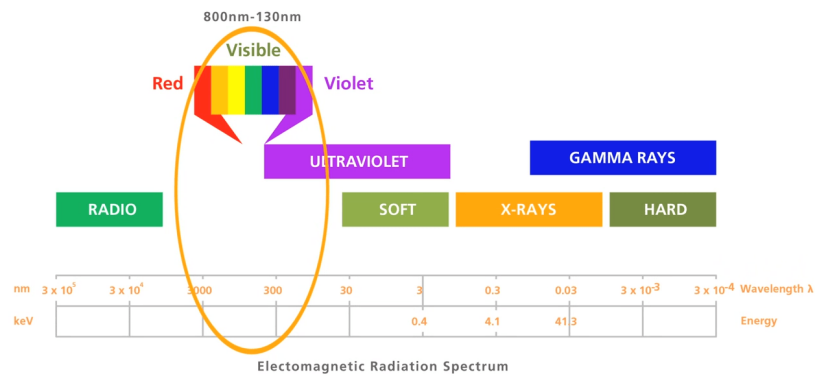
A. Metode Analisis

Analisis kualitatif adalah analisis kimia yang hanya tahu bahwa sampel mengandung senyawa atau unsur tertentu tanpa tahu berapa banyak unsur yang terkandung di dalamnya.

Maka untuk mengetahui berapa banyaknya senyawa atau unsur tersebut, dapat menggunakan analisis kuantitatif.

Analisis kuantitatif, adalah analisis kimia yang menyangkut penentuan jumlah zat tertentu yang ada di dalam suatu sampel. Analisis kuantitatif terdiri atas volumetri, gravimetri, titrimetric, presipitrimetri, iodometri, dan spektrometri.

Optical Emission Spectroscopy (OES) adalah teknik analisa yang banyak digunakan untuk menentukan komposisi unsur dari berbagai logam. Bagian dari spektrum elektromagnetik yang digunakan pada *OES* meliputi spektrum tampak (*visible*) dan sebagian spektrum ultraviolet. Dalam rentang panjang gelombang, bagian spektrum yang digunakan antara 130 nanometer sampai sekitar 800 nanometer (Gambar 8).



Gambar 9. Spektrum elektromagnetik pada *OES* [19]

B. Cara kerja *Optical Emission Spectroscopy (OES)*

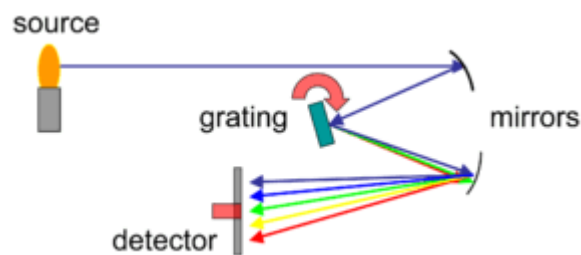
Sumber listrik disini untuk merangsang atom dalam *sample* logam sehingga akan memancarkan cahaya karakter atau Emisi Optik. Hal ini memerlukan pemanasan pada sebagian kecil daerah *sample* hingga ribuan derajat Celsius dengan menggunakan sumber listrik tegangan tinggi pada alat *spectrometer* melalui elektroda. Perbedaan potensial listrik antara *sample* dan elektroda menghasilkan pelepasan listrik, pelepasan listrik ini melewati *sample*, memanaskan dan menguapkan material di permukaan dan menarik atom material, yang kemudian memancarkan garis emisi karakteristik elemen (*element characteristic emission lines*).

Pada proses pelepasan listrik dapat menghasilkan dua bentuk pelepasan listrik, berupa busur nyala yang merupakan peristiwa *on/off* yang mirip seperti sambaran petir atau berupa percikan (*spark*) yang merupakan peristiwa multi pelepasan (*multi-discharge*)

dimana tegangan elektroda dinyalakan dan dimatikan. Kedua mode operasi ini digunakan tergantung pada elemen yang diukur dan akurasi yang diperlukan.

Komponen yang kedua adalah sistem *optic*. Cahaya *multiple optical emission lines* dari *sample* yang diuapkan, dikenal sebagai plasma masuk ke *spectrometer*. Sebuah *diffraction grating* pada *spectrometer* memisahkan cahaya yang masuk menjadi panjang gelombang elemen khusus dan *detector* yang sesuai akan mengukur intensitas cahaya untuk setiap panjang gelombang. Intensitas yang diukur berbanding lurus dengan konsentrasi *offset* elemen dalam *sample*.

Komponen ketiga adalah sistem komputer. Sistem komputer menerima intensitas terukur dan memproses data melalui kalibrasi yang telah ditentukan untuk menghasilkan konsentrasi unsur. *User interface* memastikan minimal intervensi operator dengan hasil yang ditampilkan dengan jelas yang dapat dicetak atau disimpan sebagai referensi.

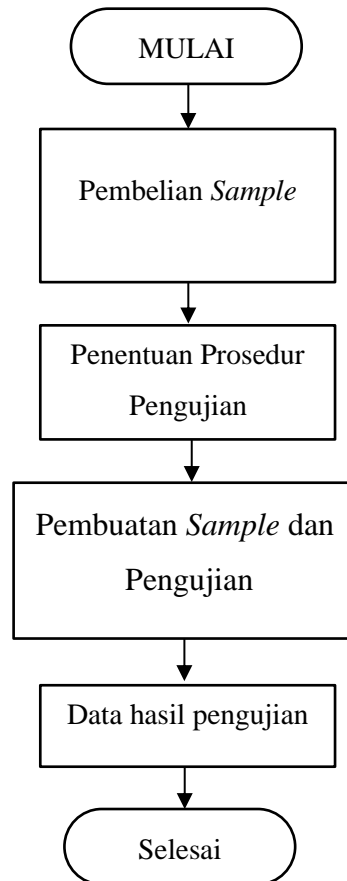


Gambar 10. Skematis cara kerja uji komposisi kimia dengan alat OES [20]

BAB III METODE PENELITIAN

1. Tahapan penelitian

Diagram alir ini menjelaskan tahapan proses yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian Skripsi dengan judul “Karakterisasi Material Tabung Senapan Angin Produksi Lokal dan Impor” dijelaskan pada gambar diagram alir dibawah ini:



Gambar 11. Diagram alir tahapan penelitian

Penjelasan diagram alir metodologi penelitian, Adapun penjelasan mengenai diagram alir diatas yaitu:

- Pembelian *sample* ini melakukan pembelian *sample* tabung senapan angin melalui *online*.
- Penentuan prosedur pengujian ini melakukan diskusi dengan oprator B4T untuk penentuan standar pengujian.

4. *Set up* pengujian

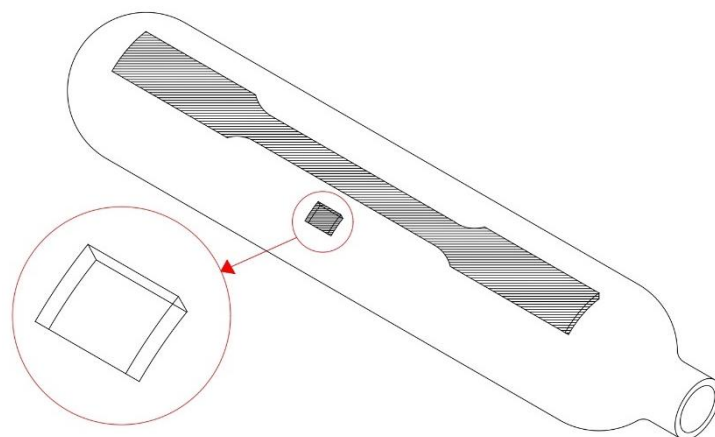
Setup pengujian yang di lakukan pada penelitian ini adalah mengetahui karakteristik material tabung senapan angin. Bahan uji penelitian ini adalah tabung senapan angin yang biasa di gunakan pada senapan angin berjenis senapan *PCP* sebagai tampungan angin untuk pelontar peluru, yang mana ada 2 jenis tabung senapan angin buatan lokal dan impor Taiwan.



Gambar 13. Tabung senapan angin yang akan diuji

A. Pemotongan *sample*

Penggunaan alat pemotong pelat di-*workshop* B4T. Pemotongan *sample* yang memadai adalah aspek yang tidak terlalu besar sesuai dengan *standard* pada masing-masing uji. *Sample* tidak boleh terkena perlakuan panas yang ekstrim pada *system* pemotongan untuk menghindari kerusakan pada struktur mikro pada *sample*.



Gambar 14. Bagian pemotongan *sample* uji pada tabung senapan angin

B. Pembungkaihan

Sample hasil pemotongan dibungkai dengan menggunakan kombinasi resin hitam dan katalis hingga *sample* membeku dan memadat dengan perkiraan kurun waktu yang di butuhkan berkisar beberapa jam. Membuat mudah di pegang pada saat pengampasan dan pemolesan.



Gambar 15. Proses *mounting sample*

C. Proses *Grinding*

Permukaan yang telah dibungkai diratakan dan dihaluskan dengan amplas diawali dengan *grade size*: 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1500, dan 2000. Hal ini dilakukan dengan menggunakan mesin *grinding* dan *polishing* yang ada di B4T dengan menambahkan air sebagai media pendingin.



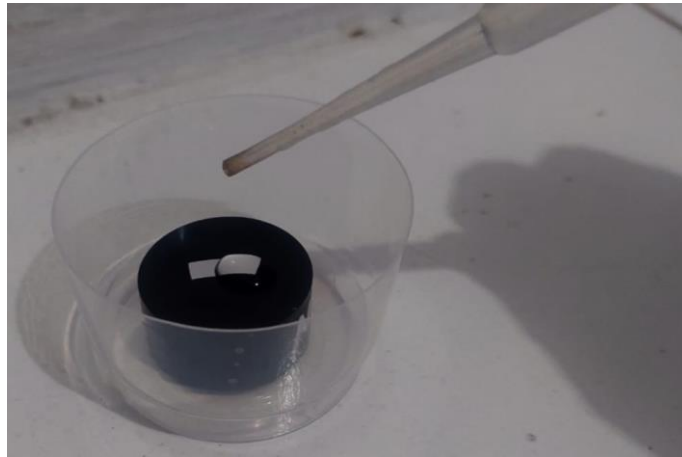
Gambar 16. Proses *grinding*

D. Proses *Polishing*

Sample yang telah melalui *grinding* kemudian dipindahkan ke proses pemolesan menggunakan bludru. Pemolesan terdiri dari menempatkan benda uji pada plat yang berputar, pasta alumina cair diletakan di atas kain pemoles sehingga tidak ada goresan pada lapisan luar *sample*. Jika terlihat rata kemudian *sample* tersebut dibersihkan dan dilanjutkan dengan pengetsaan.

E. Proses Pengetsaan

Hasil dari pemolesan akan membuat lapisan menutupi lapisan luar struktur logam. Struktur logam harus terlihat jelas di bawah lensa pembesar dengan menghilangkan lapisan dengan etsa. *System* pengetsaan *sample* dioleskan dengan cairan *hydrofluoric acid* dan diamkan selama 24 jam dan dicuci dengan air bersih dan dikeringkan.



Gambar 17. Proses pengetsaan

F. Mikroskop

Pada dasarnya, alat pembesar mikroskop terdiri dari dua titik lensa fokus positif, khususnya titik fokus yang mendapat cahaya langsung dari benda atau titik fokus didekat benda yang akan dilihat, yang dikenal sebagai titik fokus tujuan (lensa objektif), sedangkan titik fokus yaitu dekat mata dikenal sebagai titik fokus visual (lensa okuler). Amplifikasi habis-habisan oleh alat pembesar ini dicirikan oleh proporsi antara penyimpangan titik pembukaan gambar terakhir dan titik buka tanpa penggunaan alat. Amplifikasi lensa pembesar sebagian besar berkisar 100, 200, 400, 600, 800, dan 1000. Kemudian dipoles menggunakan kain beludru dan pasta pasta alumina, Setelah itu dilakukan pengetsaan menggunakan cairan kimia.

Maka setelah urutan proses pengerjaan di atas selesai, maka pada saat itu selesailah, cara pengambilan foto mikrostruktur yang paling umum, lebih spesifiknya: pengambilan gambar artinya melihat dan mengambil keadaan mikrosstruktur dari sampel uji. Keadaan struktur mikro ini harus terlihat dengan menggunakan alat pembesar optik mikroskop optik, Kemudian pada saat itu gambar struktur mikro akan terlihat dan dapat diamati.



Gambar 18. Alat uji *metalografi*

G. Pemotongan *Sample Uji Tarik*

Tabung senapan angin dipotong sesuai ukuran standart ASTM B557 untuk pengujian tarik.



Gambar 19. Spesimen yang akan diuji tarik

5. Metode pengolahan data hasil pengukuran/pengujian

A. Pengujian Kekerasan

Secara umum kekerasan adalah kemampuan untuk menahan deformasi atau gaya eksternal yang bekerja pada suatu material, dan untuk logam dengan sifat ini, ini adalah ukuran ketahanan terhadap deformasi plastis, uji kekerasan yang umum digunakan untuk bahan logam adalah uji *brinell*, *vickers*, dan *rockwell*.

B. Pengujian Tarik

Salah satu hal yang dapat menyebabkan kerusakan elemen struktur mesin adalah tegangan pada elemen mesin yang melebihi kekuatan material. Kekuatan adalah properti dari setiap bahan. Kekuatan suatu material dapat ditentukan dengan suatu pengujian yang dikenal sebagai kekuatan tarik. Selain *sample* yang putus akibat proses tegangan, diperoleh juga kurva uji tegangan dari pengujian ini. Kurva ini merupakan contoh proses pembebanan pada benda kerja dari ekspansi pertama hingga benda kerja patah.

C. Pengujian Komposisi Kimia

Uji komposisi bertujuan untuk mendapatkan komposisi kimia dari bahan yang terkandung dalam aluminium. Dengan pengujian komposisi bahan maka diperoleh hasil berapa saja nilai unsur penyusun aluminium tersebut.

Proses pengujian komposisi material yaitu antara lain:

- Potong bahan yang akan digunakan sebagai uji komposisi dengan grinder. Bersihkan permukaan lainnya dengan pasir atau penggiling hingga halus.
- Bahan yang telah dimurnikan kemudian diletakkan di atas unggulan dan dibakar dengan elektroda hingga meleleh atau mengkristal kembali. Selama rekristalisasi mesin, penguji menangkap warna dengan sensor cahaya mesin pengulji, setelah itu dikirim ke komputer, yang menyimpan hasilnya.

D. Pengujian *Metalografi*

Metalografi adalah studi tentang metode pengujian logam untuk menentukan sifat paduan, struktur, suhu dan *persentase*. Dalam proses pemeriksaan metalografi, pemeriksa logam dibagi lagi menjadi dua yaitu:

- Pengujian makro (*macroscopic testing*) pengujian makro adalah suatu prosedur di mana material diperiksa dengan mata telanjang untuk dapat memeriksa retakan dan

lubang pada permukaan material. Validitas tes makro bervariasi antara 0,5 dan 50 kali.

- Pengujian mikro (*microscopic testing*) pengujian mikro adalah suatu metode untuk menguji material logam dengan kristal logamnya tergolong sangat halus. Sedemikian bagusnya pengujian membutuhkan lensa mikroskop dengan kualitas perbesaran 50-1000x. Struktur mikro logam dapat diperoleh melalui proses preparasi *sample* metalografi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data hasil pengujian komposisi

Pengujian komposisi kimia dengan menggunakan *Optical Emission Spectrometer (SEM)* dilakukan di B4T.

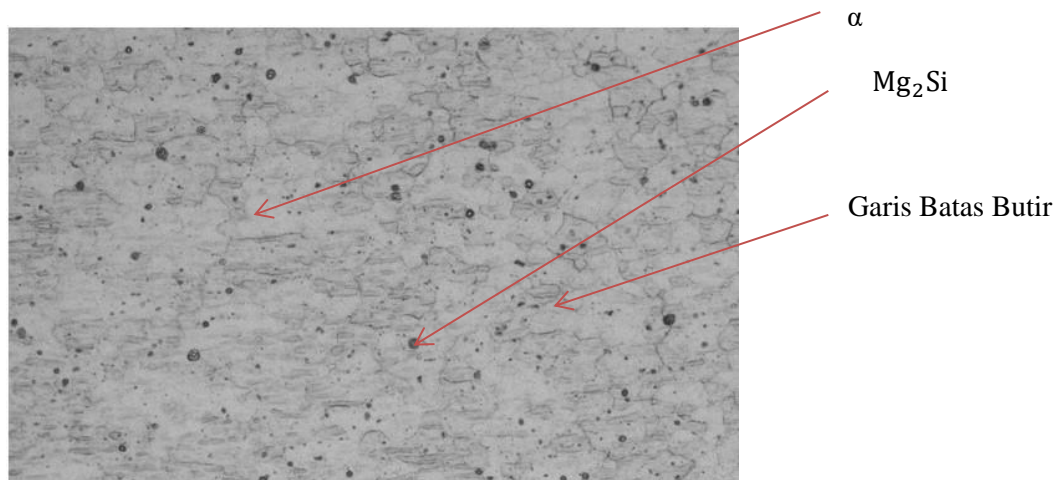
Table 3. Hasil pengujian komposisi tabung senapan lokal dan impor

Parameter	Hasil Uji Tabung Lokal	Hasil Uji Tabung Impor	Standart
(Si) Silikon	0.544	0.518	0,4 s.d. 0,8
(Fe) Besi	0.315	0.178	maks 0,7
(Cu) Tembaga	0.31	0.233	0,15 s.d. 0,4
(Mn) Mangan	0.102	0.0307	maks 0,15
(Mg) Magnesium	0.781	0.673	0,8 s.d. 1,2
(Cr) Krom	0.101	0.0957	0,04 s.d. 0,35
(Zn) Seng	0.009	0.0063	maks 0.25
(Ti) Titanium	0.0537	0.0371	maks 0,15
(Al) Aluminium	97.8	98.2	95,9 s.d. 98,6

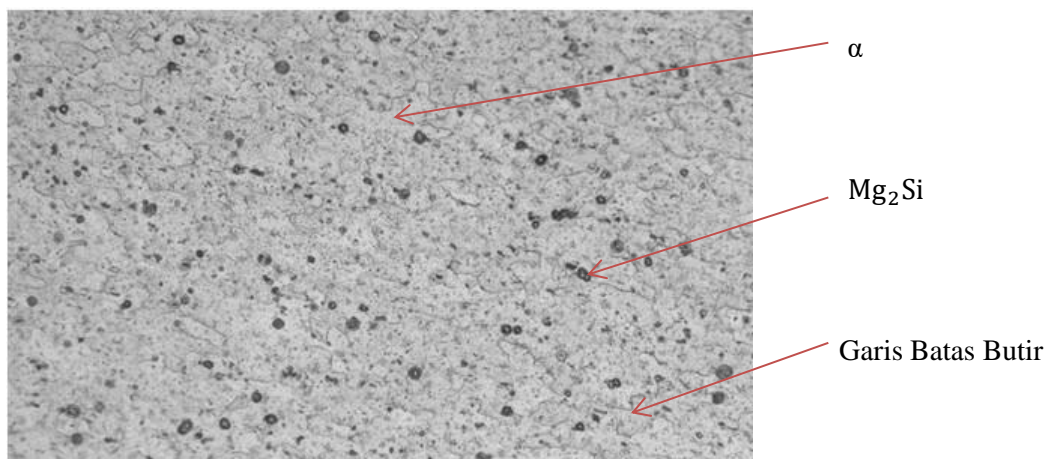
Dari hasil pengujian komposisi dapat dinyatakan bahwa senapan angin keduanya menggunakan aluminium 6061, akan tetapi nilai magnesium (Mg) keduanya tidak sesuai standarnya yang berada pada nilai 0.8-1.2 %. Unsur paduan yang mempengaruhi kekuatan mekanisnya yaitu Silikon dan Magnesium, nilai silikon pada tabung senapan angin lokal 0,544% dan pada tabung senapan impor 0,518%, nilai magnesium pada tabung senapan angin lokal 0,781% dan pada tabung senapan angin impor 0,673%. Jika dilihat banyaknya unsur paduan pada tabung senapan angin lokal dan impor maka kekuatan mekanis yang lebih unggul yaitu tabung senapan lokal.

2. Data pengamatan *metalografi*

Pengujian metalografi yang dilakukan adalah pengamatan struktur mikro pada tabung senapan angin lokal dan impor dengan perbesaran lensa 200x. Berikut gambar hasil pengamatan struktur mikro:



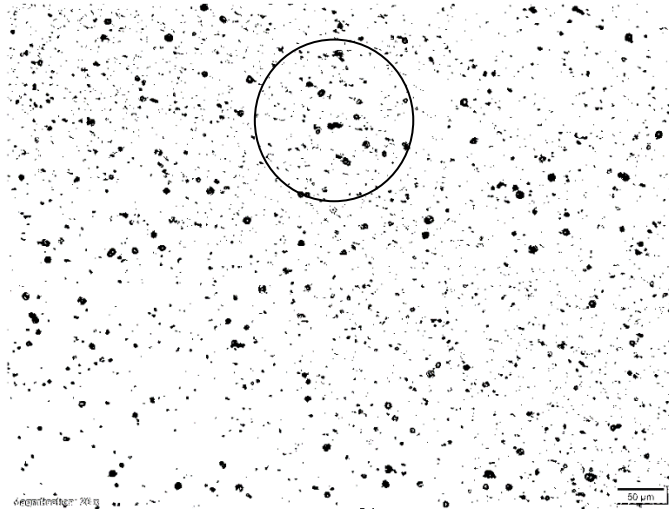
Gambar 20. Hasil struktur mikro dari tabung senapan impor



Gambar 21. Hasil struktur mikro dari tabung senapan angin lokal

Dari pengamatan struktur mikro di atas dapat dilihat aluminium (Al) berwarna terang, dan fasa Mg₂Si berwarna hitam. Hasil pengujian juga membuktikan bahwa kedua tabung mendapatkan perlakuan panas saat proses produksi, dibuktikan dengan munculnya senyawa Mg₂Si pada material tersebut. Senyawa Mg₂Si pada tabung senapan angin lokal lebih banyak dibandingkan tabung senapan angin produksi impor, banyaknya senyawa Mg₂Si mempengaruhi nilai kekerasan material.

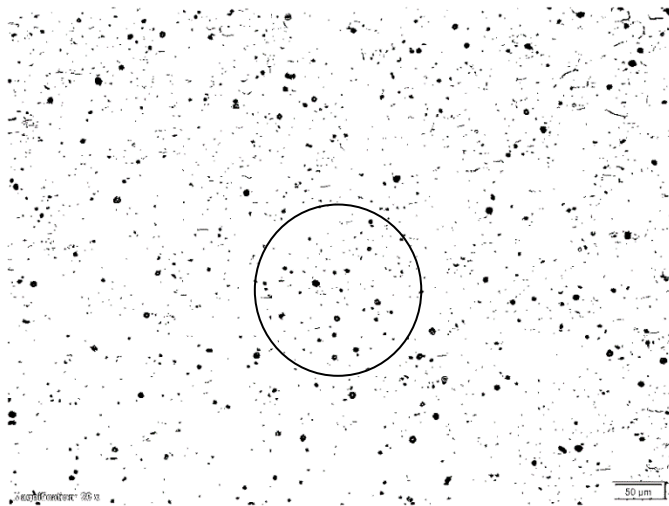
Menghitung *persentase* senyawa pada tabung senapan angin lokal diolah menggunakan aplikasi *image J* seperti gambar 22.



Gambar 22. Pengolahan data tabung senapan angin lokal pada aplikasi *image J*

Hasil pengolahan gambar menggunakan aplikasi *image j* mendapatkan data pada lingkaran dengan luas area $25228\mu m^2$ dan 4,843% senyawa Mg_2Si .

Menghitung *persentase* senyawa pada tabung senapan angin impor diolah menggunakan aplikasi *image J* seperti gambar 23.



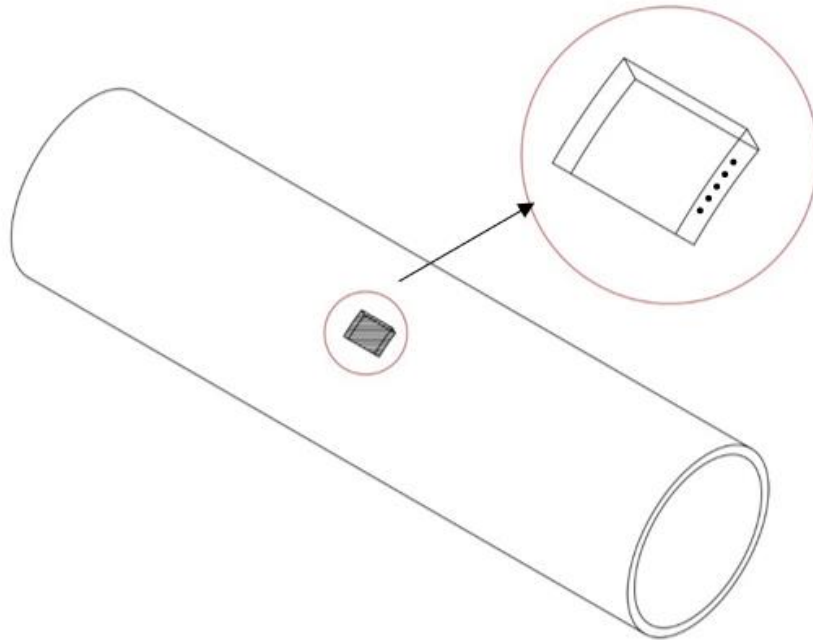
Gambar 23. Pengolahan data tabung senapan angin impor pada aplikasi *image J*

Hasil pengolahan gambar menggunakan aplikasi *image j* mendapatkan data pada lingkaran dengan luas area $25670\mu m^2$ dan 1,896% senyawa Mg_2Si .

Senyawa Mg_2Si yang muncul pada tabung senapan angin lokal lebih banyak 4,843% dibandingkan dengan senyawa Mg_2Si yang muncul pada tabung senapan angin impor dengan nilai 1,896%. Jika dilihat pada pengujian *spektrometri* nilai magnesium dan silikon pada tabung senapan angin lokal lebih banyak dibandingkan dengan tabung senapan angin impor maka senyawa Mg_2Si pada tabung senapan angin lokal lebih banyak dibandingkan dengan tabung senapan angin impor.

3. Data hasil pengujian kekerasan

Pengambilan titik pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar 24.



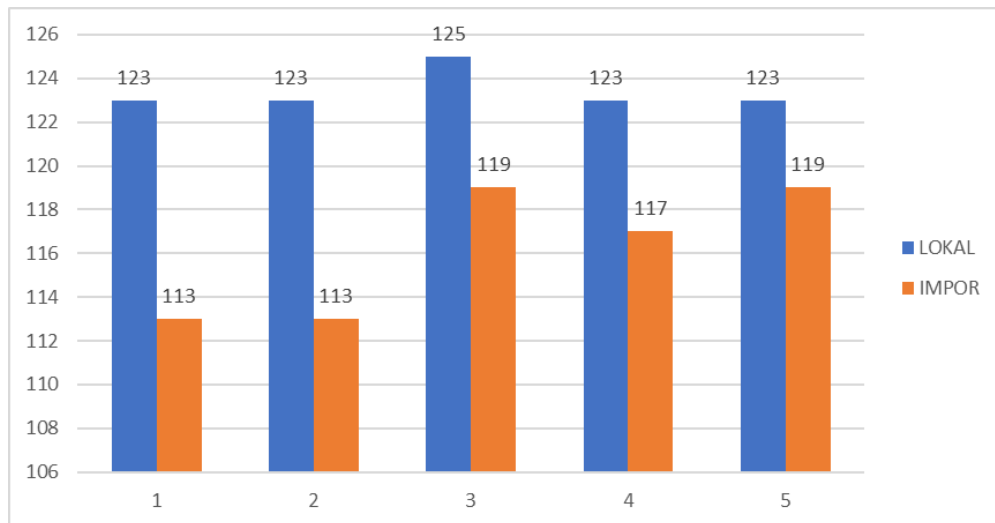
Gambar 24. Pengambilan titik pengujian kekerasan

Data hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada *table* berikut:

Table 4. Hasil pengujian kekerasan tabung senapan lokal dan impor

Identifikasi Contoh	Nilai kekerasan					Rata-Rata
	Uji Ke-					
	1	2	3	4	5	
LOKAL	123	123	125	123	123	123.4
IMPOR	113	113	119	117	119	116.2

Hasil Analisa uji kekerasan tabung senapan angin dapat dilihat pada gambar grafik 25.



Gambar 25. Grafik harga kekerasan tabung senapan angin lokal dan impor

Pengujian kekerasan dilakukan dengan mengambil 5 titik pengujian pada tabung senapan angin dengan menggunakan metode *micro vickers*, dari data hasil pengujian diketahui bahwa tabung senapan lokal mempunyai harga kekerasan rata-rata 123,4 VHN lebih tinggi dibanding dengan tabung senapan impor dengan rata-rata 116,2 VHN, perbedaan kekerasan tersebut dipengaruhi oleh komposisi dari tabung senapan tersebut.

4. Data hasil pengujian tarik

Hasil pengujian tarik pada spesimen tabung senapan angin dapat dilihat pada gambar 26.



Gambar 26. Spesimen tabung senapan angin setelah dilakukan uji tarik

Data hasil pengujian tarik tabung senapan angin lokal dan impor dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

Table 5. Hasil pengujian tarik senapan angin lokal dan impor

URAIAN	HASIL UJI		STANDAR
	LOKAL	IMPOR	
Lebar x Tebal, mm	12,47 x 4,53	12,50 x 4,41	-
Luas Penampang ,mm ²	56.49	55.13	-
Panjang Ukur, mm	50		-
Beban Luluh, kgf	1930	1720	-
Yield strength, kgf/mm ² (MPa)	34.2 335	31.2 306	270 MPa
Beban Maksimum, kgf	2120	1840	-
Tensile strength, kgf/mm ² (MPa)	37.5 368	33.4 327	310 MPa
Panjang setelah patah, mm	58.49	59.75	-
Regangan, %	17	19.5	12-17 %
Regangan Elastis %	12%	14%	
Modulus Elastisitas (GPa)	2.8	2.2	68,9 Gpa
Modulus Toughness (MPa)	31.26	31.92	29 MPa

Menghitung regangan pada hasil uji tarik tabung senapan angin lokal dan impor .

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

Keterangan :

ε = Regangan

l = Panjang setelah ditarik

l_0 = Panjang awal

Perhitungan tabung senapan angin lokal

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{58,49 - 50}{50} \times 100\% \\ &= 17\% \end{aligned}$$

Perhitungan tabung senapan angin impor

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{55,13 - 50}{50} \times 100\% \\ &= 19,5\% \end{aligned}$$

Menghitung *modulus elastisitas* hasil uji tarik tabung senapan angin lokal dan impor.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Keterangan :

E = *Modulus elastisitas*

σ = Tegangan tarik

ε = Regangan

Perhitungan tabung senapan angin lokal

$$E = \frac{335}{11\%}$$

$$=2,8 \text{ GPa}$$

Perhitungan tabung senapan angin impor

$$E = \frac{306}{13\%}$$

$$=2,2 \text{ GPa}$$

Menghitung *modulus toughness* hasil uji tarik tabung senapan angin lokal dan impor.

$$MT = 0,5 \times \sigma \times \varepsilon$$

Keterangan :

MT = Modulus ketangguhan

σ = Tegangan

ε = Regangan

Perhitungan tabung senapan angin lokal

$$MT = 0,5 \times 368 \times 17\%$$

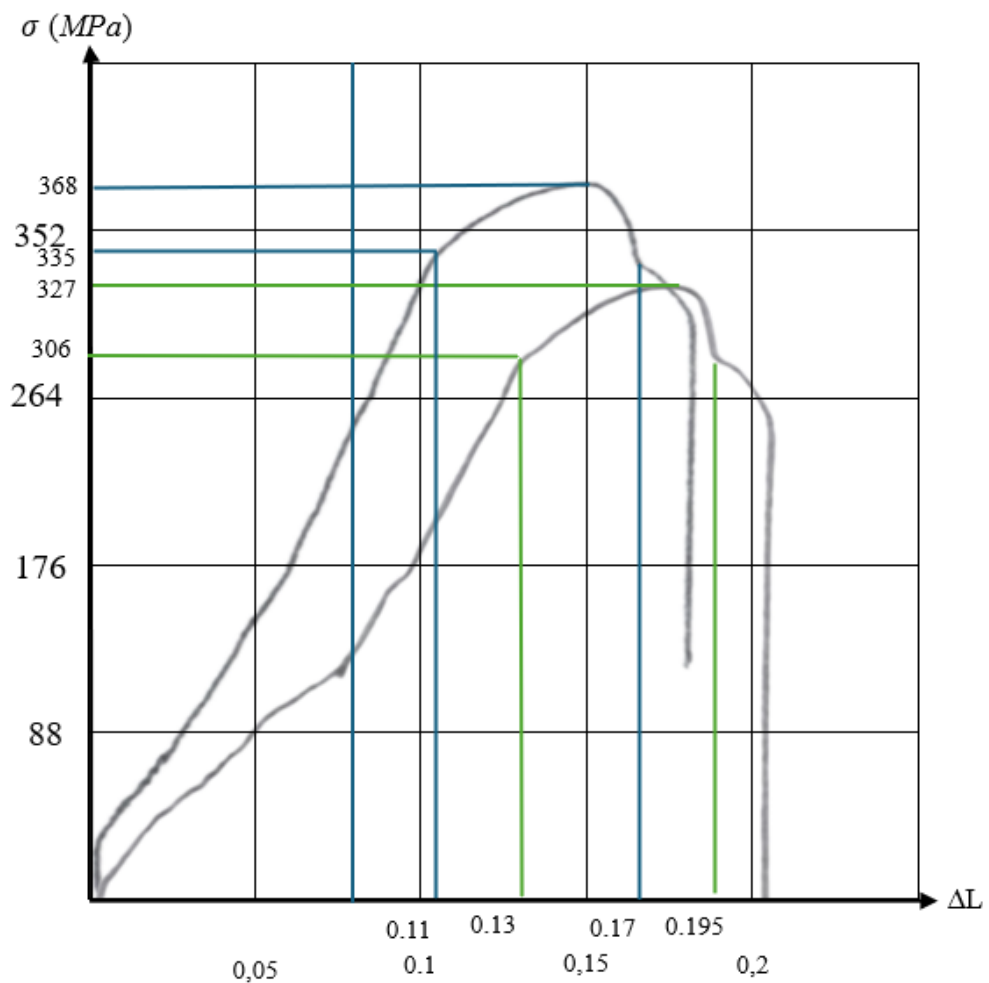
$$= 31,26 \text{ MPa}$$

Perhitungan tabung senapan angin impor

$$MT = 0,5 \times 327 \times 19,5\%$$

$$= 31,92 \text{ MPa}$$

Pada gambar 27 adalah grafik uji tarik *stress* dan *strain* dari tabung senapan angin lokal dan impor.



Gambar 27. Grafik uji tarik tabung senapan angin lokal dan impor

Pengujian Tarik dilakukan dengan menarik *specimen* tarik dari tabung senapan angin lokal dan impor. Dari hasil pengujian tarik diketahui bahwa tabung senapan lokal mempunyai nilai tegangan 2120 kgf atau 368 MPa, lebih tinggi dibandingkan dengan

tabung senapan impor dengan nilai 1840 kgf atau 327 *MPa*. Dari grafik uji tarik yang didapatkan pada kedua tabung nilai regangan pada fase elastis tidak relevan, dan mempengaruhi nilai *modulus elastisitas* yang tidak sesuai standar, oleh karena itu harus dilakukan pengujian ulang untuk mendapatkan nilai yang lebih relevan.

Pada hasil *spektrometri* nilai unsur kimia magesium dan silikon pada tabung senapan angin lokal lebih tinggi dibandingkan dengan tabung senapan angin impor, dibuktikan dengan pengujian *metalografi* munculnya fasa Mg_2Si mengindikasikan material tersebut mendapatkan perlakuan panas. Nilai senyawa yang muncul pada tabung senapan angin lokal lebih banyak sebesar 4,843% dibandingkan dengan tabung senapan angin impor dengan nilai 1,896%. Hal tersebut mempengaruhi nilai kekerasan material pada tabung senapan angin, jika dilihat pada tabung senapan angin lokal nilai beban maksimumnya lebih besar 368 *MPa* dibandingkan dengan tabung senapan angin impor dengan beban maksimal 327 *MPa*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil analisis data dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

- Pada hasil uji komposisi diketahui bahwa jenis material tabung senapan angin lokal dan impor menggunakan aluminium 6061. Kandungan unsur silikon (Si) tabung senapan angin lokal 0,544% dan impor 0,518%. Unsur magnesium (Mg) tabung senapan angin lokal 0,781% dan impor 0,673%.
- Pada hasil pengamatan struktur mikro dapat disimpulkan keduanya mendapatkan perlakuan panas dibuktikan dengan munculnya senyawa Mg_2Si . Senyawa Mg_2Si pada tabung senapan angin lokal lebih banyak 4,843% dibandingkan tabung senapan angin produksi impor dengan nilai 1,896%.
- Menurut grafik pengujian kekerasan pada *sample* tabung senapan angin lokal memiliki nilai kekerasan rata-rata 123,4 VHN, lebih tinggi dibandingkan dengan uji kekerasan tabung senapan angin impor dengan nilai kekerasan rata-rata 116,2 VHN. Dari hasil pengujian tarik bahwa tabung senapan lokal mempunyai nilai tegangan 2120 kgf atau 368 MPa, lebih tinggi dibandingkan dengan tabung senapan impor dengan nilai 1840 kgf atau 327 MPa.
- Pada proses pembuatan tabung senapan angin impor pada tahap pertama material berbentuk tabung ditekan menggunakan mesin *drawing*, dilanjut dengan mesin *spining* untuk membuat atas bagian tabung dan di-*milling* untuk pembuatan ulir dalam, langkah terakhir adalah dimasukan kedalam ruang *heat treatment*.

2. Saran

Untuk menjabarkan karakterisasi tabung dan pembuatan tabung senapan angin masih diperlukan pengujian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. P. Kosasih, Juheri, and A. Zaenudin, "Pengujian Balistik Peluru Senapan Angin Lokal dan Peluru Senapan Angin Impor Kaliber. 177/4,5 mm," *Fak. Tek. Univ. Subang*, vol. 434-1-6-20, 2020.
- [2] Sugiharto, G. Santoso, and B. D. Widodo, "Kaji Eksperimental Gerak Pellet Senapan Angin Potensial Pegas Produk Industri Kecil Dalam Usaha Perbaikan Dan Standarisasi Komponen Utamanya," *Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin V*, vol. M1-029, 2006.
- [3] D. Addoy, "Kupas Tuntas Senapan Angin PCP," Megah. Accessed: Dec. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.megah.co.id/blogs/news/kupas-tuntas-senapan-angin-pcp-pemula-wajib-tau>.
- [4] A. F. Mustofa, "PCP Bullpup Predator Tabung Dural Padat Od 45," GSA Sport Indonesia. Accessed: Dec. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.gsasportindonesia.co.id/product/pcp-bullpup-predator-tabung-dural-padat-od-45>.
- [5] R. Jaya, "Tabung PCP bocap 500cc Taiwan," toko pedia. Accessed: Dec. 28, 2023. [Online]. Available: https://www.tokopedia.com/razitajaya/tabung-pcp-bocap-500cc-taiwan?utm_source=google.
- [6] A. Nurvrianto, "Aluminium 6061 yang Sering Dijumpai Di Sekitar Kita," cantenan. Accessed: Dec. 28, 2023. [Online]. Available: <https://cantenan.com/artikel/aluminium-6061>.
- [7] W. Wardoyo, "Diagram Fasa Paduan AMg 2 Si," researchgate. Accessed: Dec. 25, 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Gambar-1-Diagram-fasa-paduan-AMg-2-Si-Sumber-Surdia-T-Saito-S-2000hal139_fig1_336575914.
- [8] Dti, "Apa itu Hardness Testing," dynatech. Accessed: Dec. 26, 2023. [Online]. Available: <https://dynatech-int.com/id/apa-itu-hardness-testing>.
- [9] J. R. Davis, *Metals Handbook Desk Edition Materials Park*, 2nd Editio. ASM Internasional, 1998.
- [10] Bühler, "Pengujian Kekerasan Brinell," Buehler. Accessed: Dec. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.buehler.com/blog/brinell-hardness-testing>.
- [11] Rizki, "Vickers Hardness Tester Solusi Uji Material," *testingindonesia*. Accessed:

- Dec. 27, 2023. [Online]. Available: <https://testingindonesia.co.id/vickers-hardness-tester-solusi-uji-material>.
- [12] E. Gordon, "Vickers Hardness Test," Site Links. Accessed: Dec. 24, 2023. [Online]. Available: https://www.gordonengland.co.uk/hardness/vickers.htm#google_vignette.
- [13] Arya, "Apa itu Rockwell Hardness?," alat uji. Accessed: Dec. 24, 2023. [Online]. Available: <https://www.alat uji.com/article/detail/1035/apa-itu-rockwell-hardness-1035>.
- [14] W. Xiaolan, "Automatic Rockwell & Superficial Hardness Tester TIME6166/6167/6168," Beijing TIME High Technology Ltd. Accessed: Dec. 25, 2023. [Online]. Available: <https://www.hardnessgauge.com/testing-types/rockwell-hardness-testing>.
- [15] Dti, "Tips Melakukan Perhitungan Alat Uji Tarik," dynatech. Accessed: Dec. 26, 2023. [Online]. Available: <https://dynatech-int.com/id/tips-melakukan-perhitungan-alat-uji-tarik>.
- [16] T. Surdia and S. Sato, *Pengetahuan Bahan Teknik. Pradnya Paramita*. Pradnya Paramita, 2020.
- [17] "Standard Test Methods of Tension *Testing* Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products [Metric]1." ASTM B 557M – 02a.
- [18] D. Farah, "Apa yang Dimaksud Dengan *Metalografi*," Dictio. Accessed: Dec. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.dictio.id/t/apa-yang-dimaksud-dengan-metalografi/147120>.
- [19] C. Petiot, "What is X-ray fluorescence (XRF)," Hitachi Hightech. Accessed: Dec. 26, 2023. [Online]. Available: <https://hha.hitachi-hightech.com/ko/blogs-events/blogs/2017/10/01/what-is-x-ray-fluorescence-xrf>.
- [20] H. Kurnia, "Analisis Instrumen Spektrofotometri UV-VIS,IR," Slide Player. Accessed: Dec. 23, 2023. [Online]. Available: <https://slideplayer.info/slide/13264787>.

LAMPIRAN

1. Data Hasil Pengujian

Data hasil Pengujian Tarik



BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
**BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA
 INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK**

Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT – INDONESIA
 Telp. 022 – 2504088, 2510682, 2504828 Fax. 022 – 2502027
 Website : www.bst.go.id Email: bst@bst.go.id

HASIL PENGUJIAN TARIK *Tension Test Results*

NO. LAPORAN : 7-01-23-00927
Report No

<u>URAIAN</u> <i>Description</i>	<u>HASIL UJI</u> <i>Test Results</i>		<u>METODA UJI</u> <i>Test of Method</i>
<u>Tanda contoh</u> <i>Samples identification</i>	Ø 60 mm ; 50 Liter	Ø 50 mm ; 36 Liter	–
1. <u>Lebar x tebal</u> , mm <i>Width x thickness</i>	Lokal	Impor	M B557-14
2. <u>Luas penampang</u> , mm ² <i>Area section</i>	56,49	55,13	ASTM B557-14
3. <u>Panjang ukur</u> , mm <i>Gage length</i>	50,0		ASTM B557-14
4. <u>Beban ulur</u> , kgf <i>Yield load</i>	1930	1720	ASTM B557-14
5. <u>Kuat ulur</u> , kgf/mm ² (MPa) <i>Yield strength</i>	34,2 (335)	31,2 (306)	ASTM B557-14
6. <u>Beban maksimum</u> , kgf <i>Max.load</i>	2120	1840	ASTM B557-14
7. <u>Kuat tarik</u> , kgf/mm ² (MPa) <i>Tensile strength</i>	37,5 (368)	33,4 (327)	ASTM B557-14
8. <u>Panjang setelah patah</u> , mm <i>Length after fracture</i>	58,49	59,75	ASTM B557-14
9. <u>Regang dalam 50,0 mm</u> , % <i>Elongation</i>	17,0	19,5	ASTM B557-14

Keterangan :
 1. Hasil pengujian ini tidak untuk diumumkan, hanya terkait dengan barang yang diuji dan tidak mewakili populasi produk.
This report not for publication, the result related only to the items tested and not represented population of the product.
 2. Laporan ini tidak boleh diperbanyak kecuali secara keseluruhan.
This report shall not be reproduced except in full reporting.

- Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
- Berdasarkan Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik pasal 11 tahun 2008, Tanda Tangan Elektronik memiliki kekuatan hukum dan akibat hukum yang sah.
- Dokumen dapat diverifikasi menggunakan aplikasi VeryDS yang tersedia di *Playstore* atau dengan mengakses <https://bsre.bssn.go.id/verifikasi>.

Data Hasil Pengujian Spektrometri Lokal



BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI
BAHAN DAN BARANG TEKNIK
 Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT – INDONESIA
 Telp. 022 – 2504088, 2510682, 2504828 Fax. 022 – 2502027
 Website : www.bst.go.id E-mail : bst@bst.go.id

HASIL PENGUJIAN *Test Results*

NO. LAPORAN : 4-03-23-00003
Report No

Result of the Chemical Analysis in % by weight :

PARAMETER	HASIL UJI	METODE UJI
Silikon (Si)	0.544	Inhouse Methode WI-4-02-22 (Optical Emission Spectrometry)
Besi (Fe)	0.315	
Tembaga (Cu)	0.310	
Mangan (Mn)	0.102	
Magnesium (Mg)	0.781	
Krom (Cr)	0.101	
Seng (Zn)	0.0090	
Titanium (Ti)	0.0537	
Aluminium (Al)	97.8	

Keterangan :
Remarks

1. Hasil pengujian ini tidak untuk diumumkan, hanya terkait dengan barang yang diuji dan tidak mewakili populasi produk.
This report not for publication, the result related only to the items tested and not represented population of the product.
2. Laporan ini tidak boleh diperbanyak kecuali secara keseluruhan.
This report shall not be reproduced except in full reporting.

- Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
- Berdasarkan Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik pasal 11 tahun 2008, Tanda Tangan Elektronik memiliki kekuatan hukum dan akibat hukum yang sah.
- Dokumen dapat diverifikasi menggunakan aplikasi VeryDS yang tersedia di *Playstore* atau dengan mengakses <https://bsre.bsn.go.id/verifikasi>.

Data Hasil Pengujian Spektrometri Impor



BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI
BAHAN DAN BARANG TEKNIK
 Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT – INDONESIA
 Telp. 022 – 2504088, 2510682, 2504828 Fax. 022 – 2502027
 Website : www.b4t.go.id E-mail : b4t@b4t.go.id

HASIL PENGUJIAN *Test Results*

NO LAPORAN : 4-03-23-00004
Report No

Result of the Chemical Analysis in % by weight :

PARAMETER	HASIL UJI	METODE UJI
Silikon (Si)	0.518	Inhouse Methode WI-4-02-22 (Optical Emission Spectrometry)
Besi (Fe)	0.178	
Tembaga (Cu)	0.233	
Mangan (Mn)	0.0307	
Magnesium (Mg)	0.673	
Krom (Cr)	0.0957	
Seng (Zn)	0.0063	
Titanium (Ti)	0.0371	
Aluminium (Al)	98.2	

Keterangan :
Remarks

1. Hasil pengujian ini tidak untuk diumumkan, hanya terkait dengan barang yang diuji dan tidak mewakili populasi produk.
This report not for publication, the result related only to the items tested and not represented population of the product.
2. Laporan ini tidak boleh diperbanyak kecuali secara keseluruhan.
This report shall not be reproduced except in full reporting.

- Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
- Berdasarkan Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik pasal 11 tahun 2008, Tanda Tangan Elektronik memiliki kekuatan hukum dan akibat hukum yang sah.
- Dokumen dapat diverifikasi menggunakan aplikasi VeryDS yang tersedia di *Playstore* atau dengan mengakses <https://bsre.bsn.go.id/verifikasi>.

Data Hasil Pengujian *Micro Vickers* Impor



BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI
BAHAN DAN BARANG TEKNIK

Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT – INDONESIA
Telp. 022 – 2504088, 2510682, 2504828 Fax. 022 – 2502027
Website : www.bdt.go.id E-mail : bdtt@bdt.go.id

LAMPIRAN HASIL UJI KERAS							
No Laporan: 2-01-23-00116		Material Logam Tabung Senapan Angin					
No	Identifikasi Contoh	Nilai Keras Vickers, HV 1,0 kgf/mm ²					
		Uji Ke-					
		1	2	3	4	5	Nilai Rata- Rata
1.	Sampel 2	113	113	119	117	119	116,2
Lokasi Pengujian: <div style="text-align: center; border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 20px auto;"> </div>							
Keterangan : 1. Hasil pengujian ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk contoh yang bersangkutan. <i>This report not for publication and the result here in are for the submitted sample only.</i> 2. Laporan ini tidak boleh diperbanyak kecuali secara keseluruhan. <i>This report shall not be reproduced except in full.</i>							

Data Hasil Pengujian *Micro Vickers* Lokal



BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI
BAHAN DAN BARANG TEKNIK

Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT – INDONESIA
 Telp. 022 – 2504088, 2510682, 2504828 Fax. 022 – 2502027
 Website : www.b4t.go.id E-mail : b4t@b4t.go.id

LAMPIRAN HASIL UJI KERAS							
No Laporan: 2-01-23-00116		Material Logam Tabung Senapan Angin					
No	Identifikasi Contoh	Nilai Keras Vickers, HV 1,0 kgf/mm ²					
		Uji Ke-					
		1	2	3	4	5	Nilai Rata- Rata
1.	Sampel 2	113	113	119	117	119	116,2
Lokasi Pengujian: <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div>							
Keterangan : 1. Hasil pengujian ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk contoh yang bersangkutan. <i>This report not for publication and the result here in are for the submitted sample only.</i> 2. Laporan ini tidak boleh diperbanyak kecuali secara keseluruhan. <i>This report shall not be reproduced except in full.</i>							

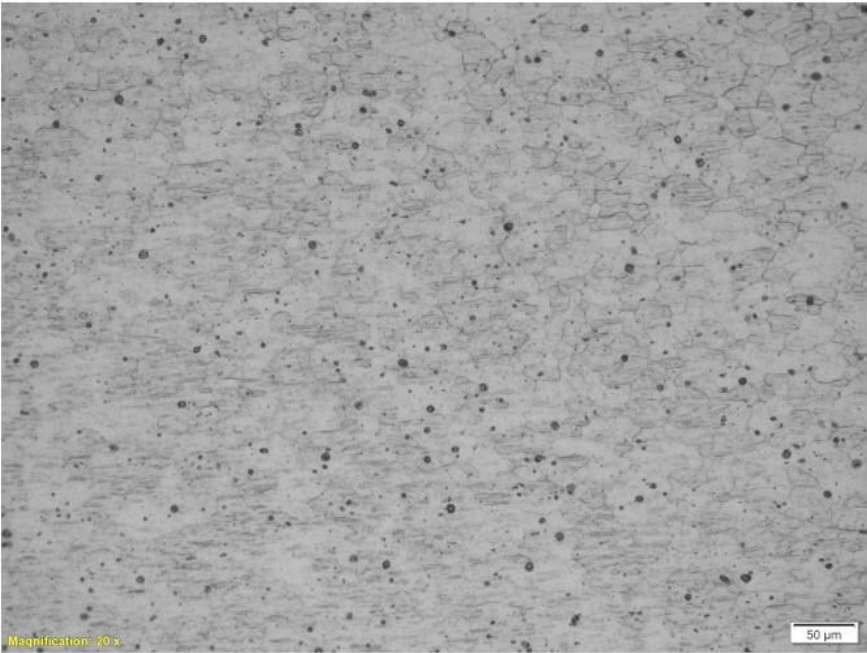
- Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
- Berdasarkan Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik pasal 11 tahun 2008, Tanda Tangan Elektronik memiliki kekuatan hukum dan akibat hukum yang sah.
- Dokumen dapat diverifikasi menggunakan aplikasi VeryDS yang tersedia di *Playstore* atau dengan mengakses <https://bsre.bssn.go.id/verifikasi>.

Data Hasil Pengujian Metalografi Tabung impor



BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI
BAHAN DAN BARANG TEKNIK

Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT – INDONESIA
 Telp. 022 – 2504088, 2510682, 2504828 Fax. 022 – 2502027
 Website : www.bdt.go.id E-mail : bdtd@bdt.go.id

LAMPIRAN	
UJI MIKROSKOPIK	
No Laporan: 2-02-23-00116	Material Logam Tabung Senapan Angin
	
Lokasi Uji	: Sampel 2
Pembesaran	: 200x
Etsa	: <i>Hydrofluoric acid</i>
Struktur Mikro	: Partikel presipitat di batas butir
<p>Keterangan : 1. Hasil pengujian ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk contoh yang bersangkutan. <i>This report not for publication and the result here in are for the submitted sample only.</i> 2. Laporan ini tidak boleh diperbanyak kecuali secara keseluruhan. <i>This report shall not be reproduced except in full.</i></p>	


- Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
- Berdasarkan Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik pasal 11 tahun 2008, Tanda Tangan Elektronik memiliki kekuatan hukum dan akibat hukum yang sah.
- Dokumen dapat diverifikasi menggunakan aplikasi VeryDS yang tersedia di *Playstore* atau dengan mengakses <https://bsre.bssn.go.id/verifikasi>.

Data Hasil Pengujian Metalografi Tabung Lokal



BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI
BAHAN DAN BARANG TEKNIK

Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT – INDONESIA
 Telp. 022 – 2504088, 2510682, 2504828 Fax. 022 – 2502027
 Website : www.bdt.go.id E-mail : bdtd@bdt.go.id

LAMPIRAN	
UJI MIKROSKOPIK	
No Laporan: 2-02-23-00115	Material Logam Tabung Senapan Angin
	
Lokasi Uji	: Sampel 1
Pembesaran	: 200×
Etsa	: <i>Hydrofluoric acid</i>
Struktur Mikro	: Partikel presipitat di batas butir
<p>Keterangan : 1. Hasil pengujian ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk contoh yang bersangkutan. <i>This report not for publication and the result here in are for the submitted sample only.</i> 2. Laporan ini tidak boleh diperbanyak kecuali secara keseluruhan. <i>This report shall not be reproduced except in full.</i></p>	

- Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
- Berdasarkan Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik pasal 11 tahun 2008, Tanda Tangan Elektronik memiliki kekuatan hukum dan akibat hukum yang sah.
- Dokumen dapat diverifikasi menggunakan aplikasi VeryDS yang tersedia di *Playstore* atau dengan mengakses <https://bsre.bssn.go.id/verifikasi>.