

Pengaruh Variasi Temperatur *Aging* Terhadap Mikro Struktur Dan Sifat Mekanis Pada Aluminium

Dean Baskoro Aji Pratama¹, Sutrisna^{2,*}, Rivian Muhfidin³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

*Corresponding author: sutrisna@itny.ac.id.

Abstract

Aluminum is a very light metal, as a metallic material aluminum has a maximum tensile strength in the cold of 17-20 kg/cm², its melting point is at 660 C as well as the boiling point is at 1800. Aluminum has good mechanical properties such as corrosion resistance, light weight, high strength and hardness, and can be recycled. This study aims to study the effect of variations in Aging temperature on the microstructure and mechanical properties of aluminum alloys. The material used in this research is aluminum. Process heat treatment with a temperature of 500 held for 1 hour then cooled in free air, then heated (Aging) with varying temperatures (150, 175, 200, 225, and 250) in each holding time of 1 hour and cooled again in free air. The tests carried out were composition, microstructure, hardness, and tensile tests. The results of the chemical composition test showed that the elements contained in Aluminum were (Al) 99.30%, (Fe) 0.523%, (Si) 0.113%, which belonged to the pure aluminum series 1. The results of microstructure observations show that Aluminum undergoing a temperature Aging process will experience a change in microstructure, namely structure refinement at an Aging temperature of 150°C and 175°C. The results of the hardness test using the Vickers method showed that the specimen on Aluminum had the highest hardness value of 162.87 kg/mm² which was found in the raw material specimen. The lowest hardness value of 112.16 kg/mm² found in the Aging process specimen at a temperature of 150°C. The results of the tensile stress test show a significant increase in the aluminum specimen after the Aging process is carried out to a certain temperature, and will decrease again when the Aging temperature is added. The highest stress value was obtained in the Aging process specimen at a temperature of 200°C with a stress value of 183.2 Mpa, this was due to the formation of ductile fractures which resulted in increased hardness.

Keywords: Aluminum, Aging, Material Testing

Abstrak

Aluminium merupakan logam yang sangat ringan, sebagai bahan logam aluminium memiliki kekuatan tarik maksimum dalam keadaan dingin sebesar 17-20 kg/cm², titik cairnya berada pada 660°C serta titik didih berada di 1800 . Aluminium memiliki sifat mekanik yang baik seperti tahan korosi, bobot yang ringan, kekuatan dan kekerasan yang tinggi, serta mampu di daur ulang. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi suhu *Aging* terhadap struktur mikro dan sifat mekanik pada paduan aluminium. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium. Proses heat treatment dengan temperatur 500 di tahan selama 1 jam lalu di dinginkan di udara bebas, kemudian di panaskan (*Aging*) dengan suhu bervariasi (150, 175, 200, 225 dan 250) dalam waktu tahan masing-masing 1 jam dan di dinginkan kembali di udara bebas. Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi, mikro struktur, kekerasan, dan tarik. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa unsur yang

terdapat pada Aluminium adalah (Al) 99,30%, (Fe) 0,523%, (Si) 0,113%, yang tergolong dalam aluminium murni seri 1. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa Aluminium yang mengalami proses temperatur *Aging* akan mengalami perubahan struktur mikro yaitu terjadi penghalusan struktur pada suhu *Aging* 150°C dan 175°C. Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers menunjukkan bahwa spesimen pada Aluminium memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 162,87 kg/mm² yang terdapat pada spesimen raw material. Harga kekerasan terendah 112,16 kg/mm² terdapat pada spesimen proses *Aging* pada temperatur 150°C. Hasil dari pengujian tegangan tarik menunjukkan kenaikan yang signifikan pada spesimen aluminium setelah dilakukan proses *Aging* sampai suhu tertentu, dan akan turun kembali bila suhu *Aging* di tambah. Nilai tegangan tertinggi didapat pada spesimen proses *Aging* pada temperatur 200°C dengan nilai tegangan sebesar 183,2 Mpa, Hal ini disebabkan terbentuknya patahan ulet yang mengakibatkan kekerasan meningkat.

Kata kunci: Aluminium, *Aging*, Pengujian Bahan.

PENDAHULUAN

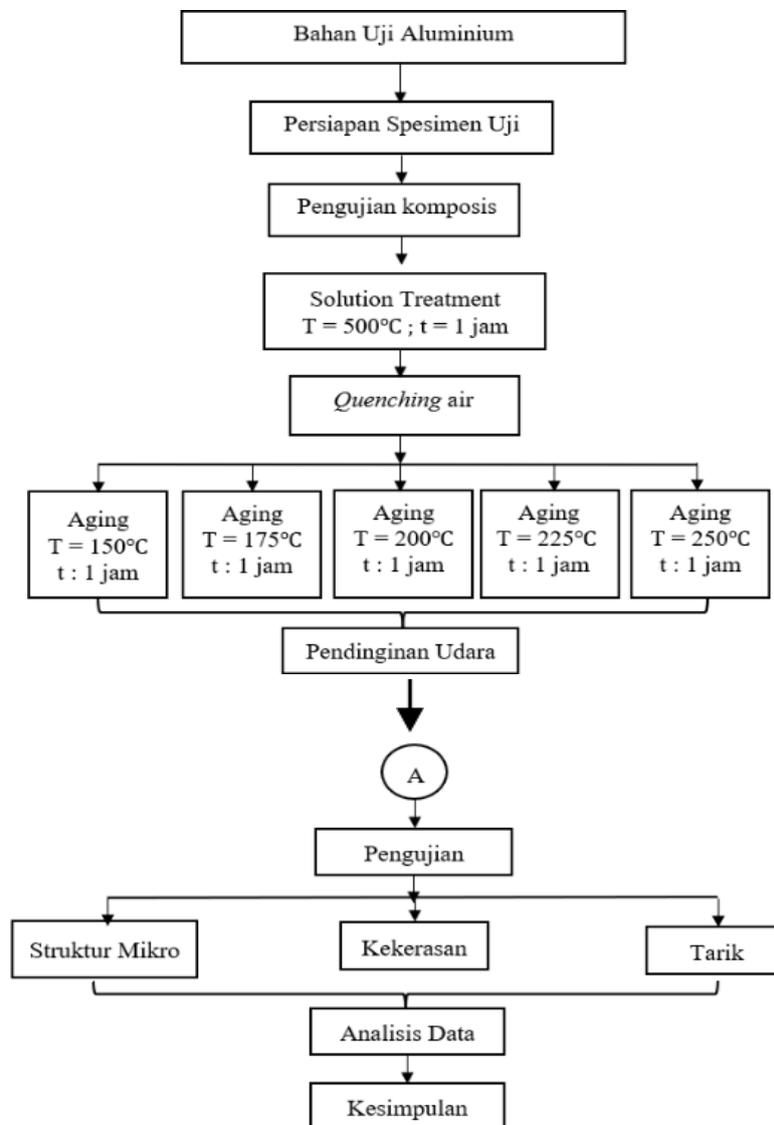
Perkembangan dunia industri di zaman sekarang sangatlah berkembang pesat. Dalam dunia industri sendiri teknologi memiliki peran sebagai sarana bersaing di pasar global. Semakin meningkatnya persaingan di dunia industri menyebabkan kebutuhan akan bahan aluminium semakin meningkat setiap saat. Penggunaan bahan aluminium di dunia industri pada saat ini terus berkembang pesat karena aluminium memiliki kelebihan dibandingkan dengan logam lainnya (Derry Dwi, 2018). Menurut Syaifudin (2015) aluminium memiliki sifat mekanik yang baik seperti tahan korosi, bobot yang ringan, kekuatan dan kekerasan yang tinggi, serta mampu di daur ulang. Sebagai bahan logam aluminium memiliki kekuatan tarik maksimum dalam keadaan dingin sebesar 17-20 kg/cm², titik cairnya berada pada 660°C serta titik didih berada di 1800 .

Derry Dwi (2018) berpendapat bahwa sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan di pengaruhi dengan konsentrasi bahan dan perlakuan yang di terapkan pada bahan tersebut, salah satunya dengan *Aging*. *Aging* merupakan proses penuaan dengan metode pemanasan kembali logam berdasarkan waktu pada suhu yang tidak terlalu tinggi. Adanya proses *Aging* ini bertujuan untuk mengeraskan dan membentuk keseragaman struktur bahan. *Aging* dapat dilakukan dengan membiarkan larutan lewat jenuh itu pada temperatur kamar selama beberapa waktu. Dinamakan natural *Aging* atau dengan memanaskan kembali larutan lewat jenuh itu ke temperatur di bawah garis solvus dan dibiarkan pada temperatur tersebut selama beberapa saat. Dinamakan artificial *Aging* Bila *Aging* temperatur terlalu tinggi dan atau *Aging* time terlalu panjang maka partikel yang terjadi akan terlalu besar (sudah mikroskopik) sehingga efek penguatannya akan menurun bahkan menghilang sama sekali, dan ini dinamakan over aged. pada aluminium paduan Al-Fe-Si dengan perlakuan *Aging* dapat meningkatkan daya tarik dan kekerasan bahan pada cara temperatur dan waktu yang tepat.

Salah satu yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kekuatan suatu logam ialah dengan melalui proses perlakuan panas (heat treatment). Dari diagram fasa sistem paduan kita dapat menentukan rentang suhu yang akan kita pergunakan dalam pembentukan mikro tertentu untuk meningkatkan sifat mekanik paduan (Syaifudin, 2015). Pada penelitian ini akan dilakukan proses penuaan (*Aging*) pada aluminium dengan menggunakan variable temperature untuk menghasilkan kekerasan dan kekuatan tarik yang optimal.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bahan aluminium, alcohol, bahan etsa larutan HNO₃ + HCl, autosol, kain bludru, air dan amplas dengan nomor (400 mesh, 600 mesh, 800 mesh, dan 1000 mesh). Proses yang dilakukan adalah *Aging* dengan tahapan sebagai berikut :

- Spesimen dipanaskan pada temperatur 500°C selama 1 jam (60 menit).
- Pencelupan kedalam air untuk proses *quenching*.
- Lakukan proses *Aging* pada temperatur 150°C, 175°C, 200°C, 225°C, dan 250°C dengan waktu tahan 1 jam (60 menit)
- Dinginkan di udara bebas
- Pengujian yang dilakukan adalah uji Struktur Mikro, uji Kekerasan, dan uji Tarik.

Pengujian Kekerasan

Angka kekerasan *vickers* didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak.

Menurut Dieter (1988), VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$VHN = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \quad (1)$$

Keterangan:

P = beban yang digunakan (kg)

D = panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°

Pengujian Tarik

Seperti perpanjangan dan pengurangan di daerah plastis. Hasil pengukuran uji tarik berupa kurva tegangan-regangan yang diperoleh dari pengukuran perpanjangan spesimen uji. Tegangan (σ) yang dipergunakan pada kurva diperoleh dari membagi beban (P) dengan luas awal penampang spesimen uji (A_0). Menurut Haris dkk (2015), dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (2)$$

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan membagi perpanjangan spesimen uji ΔL dengan panjang awalnya, L_0 . Persamaan regangan ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 1. Hasil pengujian menggunakan *spectrometer*

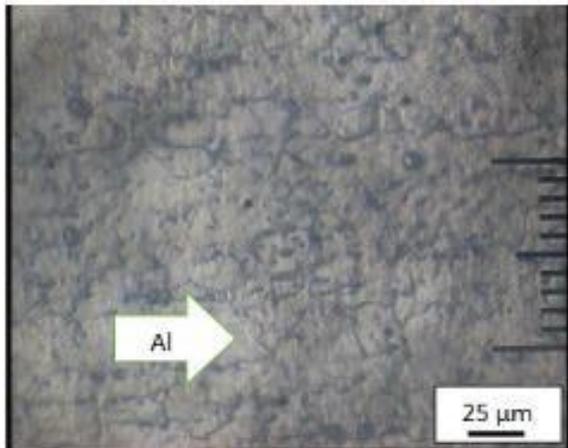
Unsur	W (%Berat)
Al	99,3
Si	0,113
Fe	0,523
Mn	0,0054
Mg	0,0072
Cu	0,0029
Ni	0,0072
Zn	<0,0030
Ti	0,017
Pb	<0,0050
Total	100

Pengujian komposisi yang telah dilakukan pada aluminium menggunakan *spectrometer* menunjukkan bahwa ada cukup banyak unsur yang terkandung didalamnya, Hasil komposisi kadar aluminium sebesar 99,30% yang termasuk kedalam aluminium seri 1 merupakan aluminium murni dengan kandungan minimum 99.00%. Adapun unsur lain yang terdapat pada aluminium sangat sedikit sekali. Pada material beberapa unsur berpengaruh terhadap sifat bahan, penambahan aluminium (Al) sebagai penstabil, sehingga meningkatkan keuletan dan melunakkan material serta ketahanan korosi. Unsur besi (Fe) berada di dalam paduan

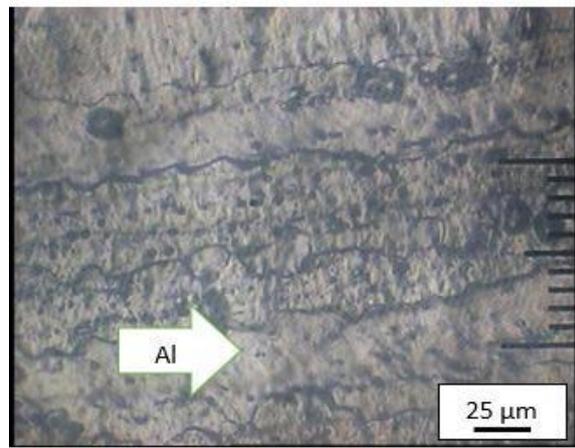
aluminium sebagai pengotor utaman namun dalam beberapa paduan besi hadir sebagai elemen paduan yang menyebabkan meningkatnya kekerasan (*hardness*) akantetapi efek sampingnya juga akan meningkatkan kegetasan (*brittleness*) paduan tersebut. Keberadaan unsur silikon (Si) pada paduan meningkatkan sifat mampu cor logam cair.

Analisa Hasil Pengujian Struktur Mikro

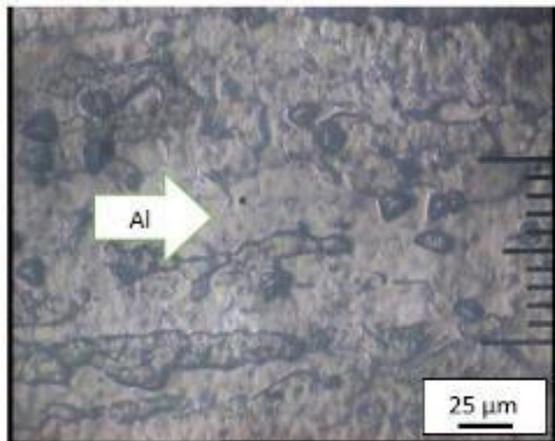
Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik untuk pegamatan struktur mikro spesimen dengan pembesaran 200x. Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu spesimen dietsa menggunakan zat kimia berupa cairan asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl) dengan perbandingan 1:3. Spesimen telah dipotong dengan berbentuk persegi dengan masing-masing sisi 5mm berjumlah 6 buah yang terdiri dari 1 spesimen *raw maaterial* dan 5 spesimen yang sudah dilakukan proses perlakuan *Aging* dengan variasi temperatur 150°C, 175°C, 200°C, 225°C, dan 250°C.



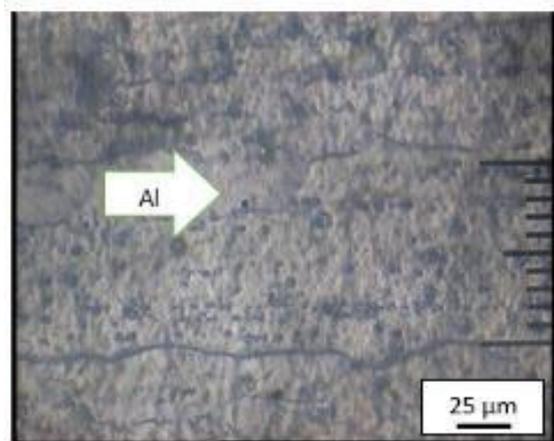
Gambar 2. Foto mikro pada aluminium *raw material*



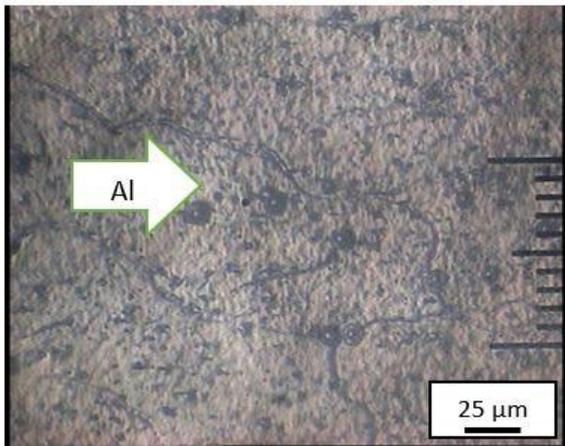
Gambar 3. Foto mikro pada aluminium *Aging 150°C*



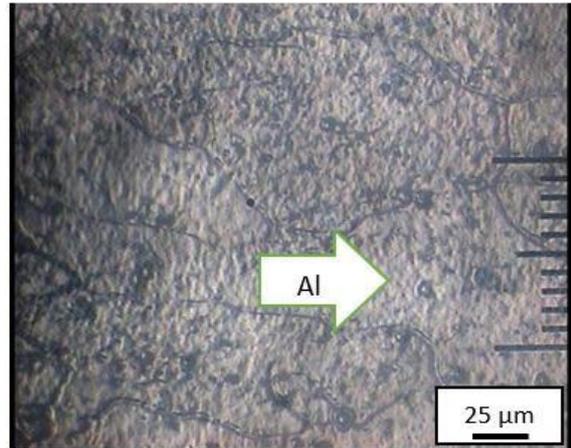
Gambar 4. Foto mikro pada aluminium *Aging 175°C*



Gambar 5. Foto mikro pada aluminium *Aging 200°C*



Gambar 6. Foto mikro pada aluminium *Aging* 225°



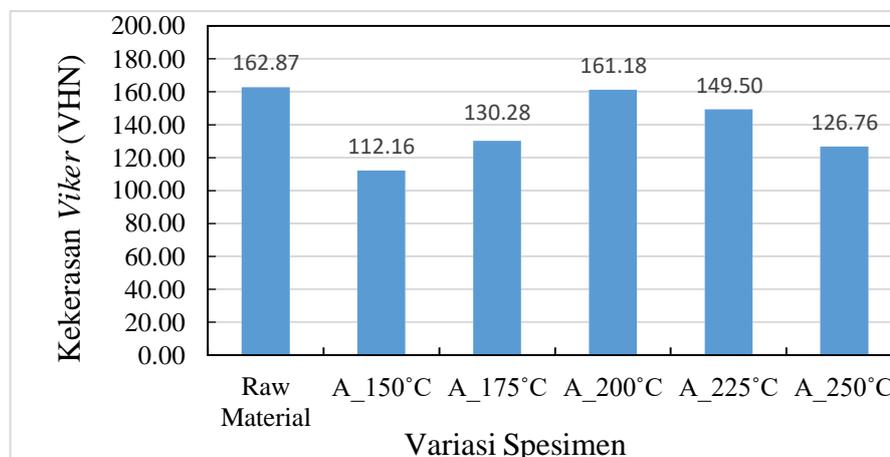
Gambar 7. Foto mikro pada aluminium *Aging* 250°

Unsur yang terdapat pada aluminium yaitu 99,30% namun aluminium masih sangat lemah dan lunak, untuk menambah kekuatannya biasanya dipadu dengan logam lain. Seperti pada aluminium ini memiliki kandungan logam Fe 0,523% dan Si 0,113%, pada Aluminium lebih banyak mengandung Al, yang tergolong dalam aluminium murni seri 1. Hasil pengamatan struktur mikro pada *raw material* terlihat Al nya lebih besar dan menggumpal. Hasil ini juga terjadi pada spesimen yang dipanaskan pada suhu 500°C. Pada suhu proses *Aging* 150°C dan 175°C terlihat struktur Al lebih menyebar dan merata. Hal ini yang menyebabkan kekuatannya meningkat.

Semakin tinggi tempratur *Aging* maka aluminium semakin terlihat sifat fisisnya, yaitu mengalami penghalusan struktur butiran pada suhu *Aging* 200°C, yang dapat meningkatkan harga kekerasannya. Untuk suhu *Aging* 225°C strukturnya terlihat tidak ada perubahan yang signifikan. Pada suhu 250°C, strukturnya terlihat semakin sedikit atau kembali ke struktur awal *raw material* (normalisasi). Hal ini disebabkan oleh terjadinya *over Aging*.

Analisa Hasil Pengujian Kekerasan

Metode uji kekerasan yang dipilih dalam penelitian ini adalah metode uji kekerasan *Vickers*. Nilai kekerasan *Vickers* dapat dihitung dengan cara beban yang diberikan terhadap permukaan dibagi dengan nilai panjang diagonal rata-rata bekas injakan seperti yang terdapat pada Persamaan 2.2. Contoh perhitungan uji kekerasan *Vickers* pada specimen *raw material* (R.M) dengan pembebanan 20 kg.



Gambar 9. Diagram rata-rata pengujian kekerasagn paduan aluminium.

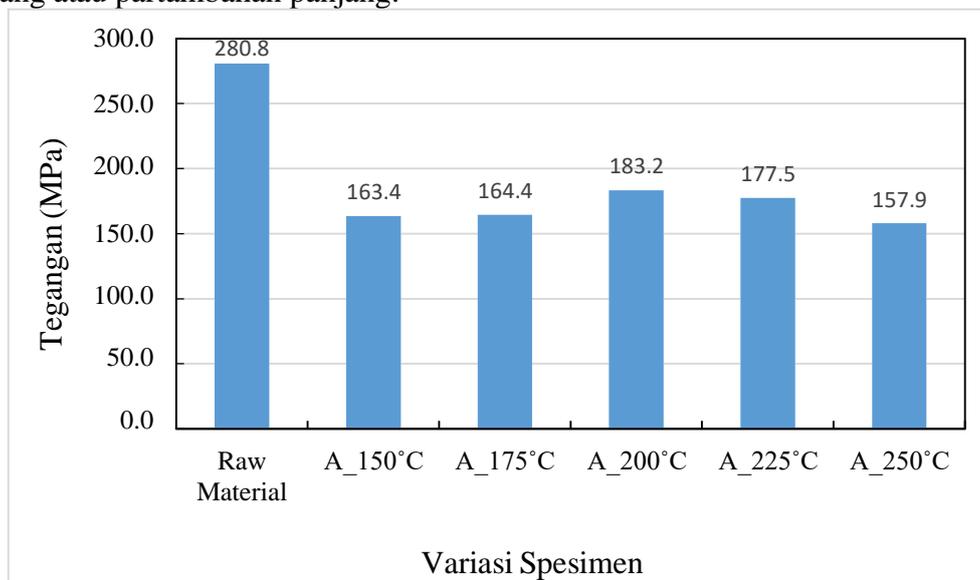
Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian kekerasan menggunakan metode kekerasan

Vickers dengan beban sebesar 20 kg. Setiap spesimen dilakukan pengujian pada 3 titik berbeda yang diatur secara berurutan. Berdasarkan hasil uji kekerasan terhadap spesimen uji pada aluminium yang mengalami proses *Aging* dari suhu 150 sampai 250 menunjukkan bahwa nilai kekerasannya mengalami penurunan di dibandingkan dengan yang *raw material*. Pada suhu *Aging* 250 nilai kekerasannya mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh kekerangan fasa β sehingga aluminium menjadi lebih lunak. Pada spesimen yang tanpa mengalami proses *heat treatment* memiliki nilai kekerasan 162,87 Kg/mm². Specimen *Raw material* ini memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi. Specimen 1 dengan suhu *Aging* 150 mengalami penurunan yaitu sebesar 50,71 Kg/mm² karena adanya pengaruh darisuhu *Aging*. Pada spesimen 2 uji kekerasan dengan suhu *Aging* 175 memiliki nilai kekerasan sebesar 130,28 Kg/mm². Nilai kekerasannya lebih tinggi jika dibandingkan suhu *Aging* 150 , mengalamikenaikan sebesar 18,12 Kg/mm².

Pada spesimen 3 uji kekerasan dengan suhu *Aging* 200 memiliki nilai kekerasan sebesar 161,18 Kg/mm². Nilai kekerasannya lebih tinggi jika dibandingkan suhu *Aging* 175 ,mengalami kenaikan sebesar 30,9 Kg/mm². pada suhu *Aging* ini memiliki nilai kekerasan yang paling baik di atara suhu *Aging* yang lainnya. Pada spesimen 4 uji kekerasan dengan suhu *Aging* 225 memiliki nilai kekerasan sebesar 149,50 Kg/mm². Nilai kekerasannya Kembali mengalami penurunan jika dibandingkan suhu *Aging* 200 , mengalami penurunan sebesar 11,68 Kg/mm². Pada spesimen 5 uji kekerasan dengan suhu *Aging* 250 memiliki nilai kekerasan sebesar 126,76 Kg/mm². Nilai kekerasannya lebih rendah jika dibandingkan suhu *Aging* 225 , mengalami penurunan sebesar 22,74 Kg/mm². Pada spesimen uji kekerasan, setelah di lakukan proses *Aging* diperoleh nilai kekerasan tertinggi terjadi pada suhu *Aging* 200 , tingginya nilai kekerasan ini disebabkan struktur yang terlihat lebih kecil dan rapat.

Analisa Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

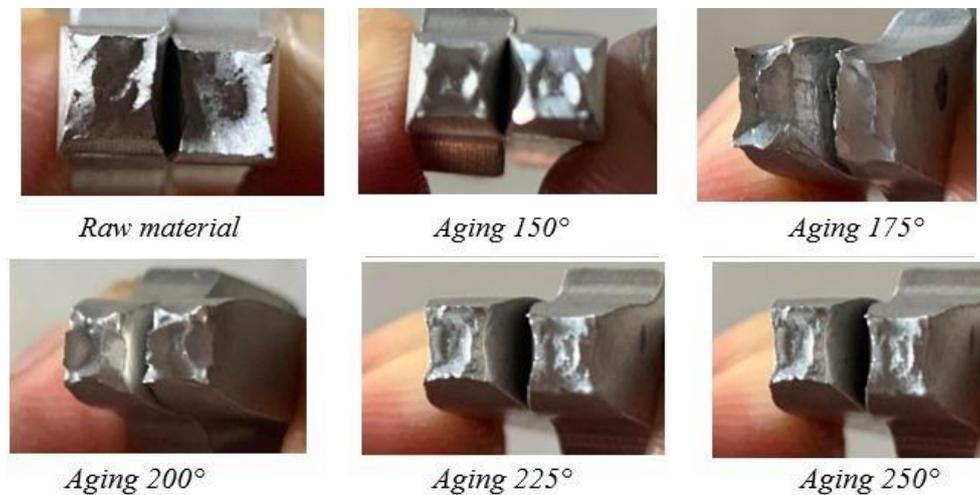
Pengujian Tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik suatu logam. Pengujian tarik biasanya dilakukan terhadap spesimen dengan memberikan beban tarik secara perlahan-lahan. Jika logam ditarik dengan beban maka akan terjadi deformasi yang berupa pengecilan penampang atau partambahan panjang.



Gambar 10. Diagram pengujian tegangan paduan aluminium

Hasil dari pengujian tarik spesimen *raw material* (Tabel 4.3.) diperoleh dengan nilai tegangan tarik sebesar 280,8 MPa dan nilai regangan 17,25%. Pada spesimen proses *Aging* dengan temperatur 150 , menunjukkan nilai tegangan sebesar 163,4 MPa dan nilai regangan 25,84%. Hasil pengujian kekuatan tarik proses *Aging* 175 , dengan nilai tegangan sebesar 164,4 MPa dan regangan 23,38%. Selanjutnya pengujian kekuatan tarik spesimen proses

Aging 200 , memperoleh nilai tegangan sebesar 183,2 MPa dan regangan 24,59%. Pengujian kekuatan tarik selanjutnya yaitu spesimen dengan proses *Aging* 225 , memperoleh nilai tegangan sebesar 177,5 MPa dan regangan 22,69%. Hasil pengujian kekuatan tarik spesimen proses *Aging* 250 , memperoleh nilai tegangan sebesar 157,9 MPa dan nilai regangan sebesar 21,13%.



Gambar 4.9. Foto makro pada pengujian tarik

Berdasarkan data hasil perhitungan uji kekuatan tarik pada spesimen aluminium menunjukkan nilai tegangan tertinggi didapat pada spesimen proses *Aging* pada temperatur 200°C dengan nilai tegangan sebesar 183,2 MPa. Hal ini disebabkan terbentuknya patahan ulet yang mengakibatkan kekerasan meningkat di tunjukkan pada (Gambar 4.9). nilai tegangan terendah pada spesimen proses *Aging* 250°C dengan nilai tegangan sebesar 157,9 MPa. Sedangkan pada regangan nilai tertinggi didapat pada specimen proses *Aging* 150°C dengan nilai 25,84%, sedangkan regangan yang terendah pada tempratur *Aging* 250°C dengan nilai 21,13%. Dari hasil uji yang diperoleh disimpulkan bahwa perlakuan proses *Aging* dengan variasi temperatur 150°C, 175°C, 200°C, 225°C dan 250°C dapat mempengaruhi nilai tegangan dan regangan pada setiap spesimen yang mengalami peningkatan relatif tinggi.

KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:
1. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa unsur yang terdapat yaitu aluminium murni (99,30%).
 2. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa Aluminium yang mengalami proses tempratur *Aging* akan mengalami perubahan struktur mikro yaitu terjadi penghalusan struktur pada suhu *Aging* 200°C.
 3. Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers menunjukkan bahwa spesimen pada Aluminium memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 162,87 kg/mm² yang terdapat pada spesimen raw material. Harga kekerasan terendah 112,16 kg/mm² terdapat pada spesimen proses *Aging* pada temperatur 150°C, semakin tinggi temperatur *Aging*, kekerasan meningkat pada suhu 200°C dan akan menurun ketika suhu *Aging* terlalu tinggi.
 4. Hasil dari pengujian tegangan tarik menunjukkan kenaikan yang signifikan pada spesimen aluminium setelah dilakukan proses *Aging* sampai suhu 200°C, dan akan turun kembali bila suhu *Aging* meningkat. Nilai tegangan tertinggi didapat pada spesimen proses *Aging* pada temperatur 200°C dengan nilai tegangan sebesar 183,2 MPa. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya patahan ulet yang mengakibatkan kekerasan meningkat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Peneliti banyak menerima bimbingan, petunjuk dan nasehat agar terus semangat terutama Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah mendukung dalam penelitian saya.

REFERENSI

- Alfianto, Derry Dwi. (2018). Pengaruh *Aging* 140°C, 160°C, 180°C Dan 200°C Selama 5 Jam Terhadap Sifat Mekanis Aluminium Paduan Tembaga 3.5%. Skripsi tidak dipublikasikan, STTNAS, Yogyakarta.
- Dieter, G.E. (1988). Metalurgi Mekanik. Jakarta: Editi ke 3, Jilid 2, Erlangga.
- Haris A., B. I. (2015). Perbandingan Uji Tarik Metode eksperimntal dan Numerik pada Baja ST37 dan SS304.
- Syaifudin. (2015). Studi Pengaruh Suhu *Aging* Terhadap Sifat Mekanis Pada Aluminium, Skripsi tidakdipublikasikan, STTNAS, Yogyakarta