

## PENGARUH VARIASI TEMPERATUR *HARDENING* DAN *TEMPERING* PADUAN AlMgSi-Fe12% HASIL PENGECORAN TERHADAP KEKERASAN

<sup>(1)</sup>*Sumpena*, <sup>(2)</sup>*Wardoyo*

<sup>(1,2)</sup>*Prodi Teknik Mesin Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta*

<sup>(1)</sup>*Email: sumpenast@yahoo.co.id*

*Jl. Proklamasi No.1 Babarsari Yogyakarta*

### ABSTRACT

*The purpose of this research is to know the effect of Heat Treatment Hardening-Tempering Alloy AlMgSi-Fe12% foundry result to hardness and toughness. The test was carried out on raw material and material test specimen after obtaining Hardening heat treatment at 600°C and quenching with SAE 20 oil medium. While Tempering variation at temperature 200°C, temperature 250°C and temperature 300°C with detention time for 15 min at each temperature, each heat treatment. Hardness testing method is done by standard micro Vickers test method with 100 gf loading. The result of raw material testing for hardness value is 60,92 VHN. Test results after heat treatment process at temperature 200°C cause hardness value increased by 63,50 VHN. At temperature 250°C cause hardness value decreased to 59,94 VHN. At temperature 300°C cause hardness value increase to 76,98 VHN*

*keywords: hardness, heat treatment, alloy AlMgSi-Fe12%*

### I. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam ringan memiliki ketahanan korosi yang baik dan penghantar listrik yang baik. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Sn, Zn, secara satu persatu atau bersamaan memberikan sifat-sifat fisik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah. Matrial ini dipergunakan di dalam penggunaan yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan matrial pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi. (Surdia T. Saito S. 2000).

Aluminium paduan secara umum dapat di klasifikasikan menjadi dua yaitu *heat treatable* dan *non heat treatable*. Paduan *heat treatable* dapat diperkuat dengan memberikan perlakuan *hardening*, pengerasan dengan variasi suhu dan proses perlakuan panas lainnya. Pada paduan *non heat treatable* dapat diperkuat dengan pengerjaan dingin, dan *annealing* untuk memperlunak akibat dari

proses pengerasan. Paduan ini terdiri dari Al-Mn, Al-Mg, dan Al-Si. Sedangkan paduan yang terkandung pada *heat treatable* adalah Cu, Zn, dan Mg serta Si.

Paduan AlMgSi mempunyai sifat mekanik mampu bentuk yang baik, tahan korosi dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan. Paduan jenis ini banyak dipergunakan untuk rangka-rangka konstruksi. Karena paduan dalam sistim ini mempunyai kekerasan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka dipergunakan untuk kabel penghantar listrik. (Surdia T. Shiroku S. 1999)

Perlakuan panas adalah proses perlakuan panas sampai temperatur tertentu kemudian didinginkan dengan cara tertentu untuk memberikan sifat yang lebih baik. Untuk pemanasan tersebut dipergunakan dapur yang umumnya dengan listrik, dan dengan gas, karena pengukuran temperatur harus dapat seteliti mungkin. (Soedjono. Mashudi. 1978).

*Hardening* adalah memanaskan logam sampai temperatur tertentu selama

masih dalam keadaan tidak merubah bentuk logam dan ditahan dalam waktu beberapa lama pada temperatur itu, kemudian didinginkan dengan cepat (*quenching*), sehingga menimbulkan suatu susunan yang keras. Perlakuan panas dengan cara ini bertujuan membuat logam menjadi keras. Proses *hardening* ini menyebabkan pada susunan atom-atom yang teratur sehingga menimbulkan tegangan dan logam itu menjadi keras.

*Tempering* adalah memanaskan kembali logam yang telah dikeraskan melalui proses *hardening* yang bertujuan untuk mengurangi tegangan dalam dan didinginkan secara perlahan untuk menghasilkan keuletan dan sifat mekanik yang tangguh. (Soedjono. Mashudi. 1978).

Tujuan Penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas *Hardening* dan *Tempering* terhadap sifat kekerasan dan sifat ketangguhan (*Impact*) hasil pengecoran paduan AlMgSi-12%.

## II. LANDASAN TEORI

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai Negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang sangat terkenal dan sempurna adalah standar aluminium *Association* di Amerika (AA) yang didasarkan atas standar terdahulu dari Aloca (*Aluminium Company of America*). Paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka, sedangkan paduan coran dinyatakan dengan 3 angka. Standar AA menggunakan penandaan dengan 4 angka. Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur yang ditambahkan, yaitu: Al murni, Al-Cu, Al-Mn, Al-Si, Al-Mg, Al-Mg-Si dan Al-Zn. (Surdia T. Saito S. 2000).

### A. Paduan AlMgSi

Pada aluminium sedikit ditambahkan Mg penguatan sangat jarang terjadi, tetapi apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penguatan penguatan

panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini disebabkan karena senyawa  $Mg_2Si$  berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari aluminium. Sebagai paduan praktis dapat diperoleh paduan 5053, 6063 dan 6061. Paduan ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya, tetapi sangat liat mampu bentuk yang baik untuk penempaan.

Paduan AlMgSi mempunyai mampu bentuk yang baik pada ekstrusi dan tahan korosi, dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan. Paduan 6063 dipergunakan banyak untuk rangka-rangka konstruksi. Karena paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka dipergunakan untuk kabel tenaga. Dalam hal ini pencampuran dengan Cu, Fe dan Mn perlu dihindari karena unsur-unsur itu menyebabkan tahanan listrik menjadi tinggi. (Surdia T. Saito S. 2000).

### B. Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan sampai suhu tertentu dan selama waktu tertentu kemudian diikuti dengan pendinginan dengan media pendinginan tertentu untuk mengubah sifat fisik dan mekanik logam tanpa mengubah ukurannya. Dalam proses Perlakuan panas ada 3 (tiga) hal yang harus dilewati yaitu:

Proses pemanasan

Perlakuan panas berlaku untuk logam dalam keadaan padat karena memiliki struktur kristal. Benda amorf tidak dapat dikeraskan karena susunan atomnya tidak teratur sedangkan benda kristal dapat dikeraskan karena memiliki struktur atom yang teratur. Benda amorf mencair dan membeku secara berangsur sedangkan benda kristal titik cair dan beku dengan cara tertentu. Titik ubah atau titik henti, yaitu: Titik ubah

atas dan titik ubah bawah. Keduanya merupakan batas perubahan kristal logam pada saat dipanaskan dan didinginkan. Jika pemanasan sudah mencapai titik ubah bawah maka perlit sudah mulai berubah menjadi austenit sedangkan sementit tidak harus berubah menjadi austenit karena sementit sendiri sudah bersifat keras. Jika pemanasan logam belum mencapai titik ubah bawah maka belum terjadi perubahan struktur atom.

#### Waktu penahanan ( *Holding Time* )

Waktu penahanan tergantung pada: udara di dalam dapur, kapasitas panas, jenis logam, sumber panas yang digunakan, kemampuan dapur memancarkan panas, komposisi udara, jenis dapur, ukuran benda kerja.

#### Proses pendinginan ( *quenching* )

Media pendingin sangat berpengaruh terhadap hasil pada proses perlakuan panas. Media pendingin yang umum digunakan:

- Air memberikan pendinginan cepat sekali dan untuk mempertinggi daya pendinginan dilarutkan garam dapur 5%–10%.
- Minyak memberikan pendinginan sedang dan untuk persyaratan tertentu dipakainya minyak pendingin yang khusus.
- Udara memberikan pendinginan lambat, sehingga sirkulasinya dibuat ringan.
- Garam memberikan pendinginan teratur, sangat bagus pada proses penyepuhan.

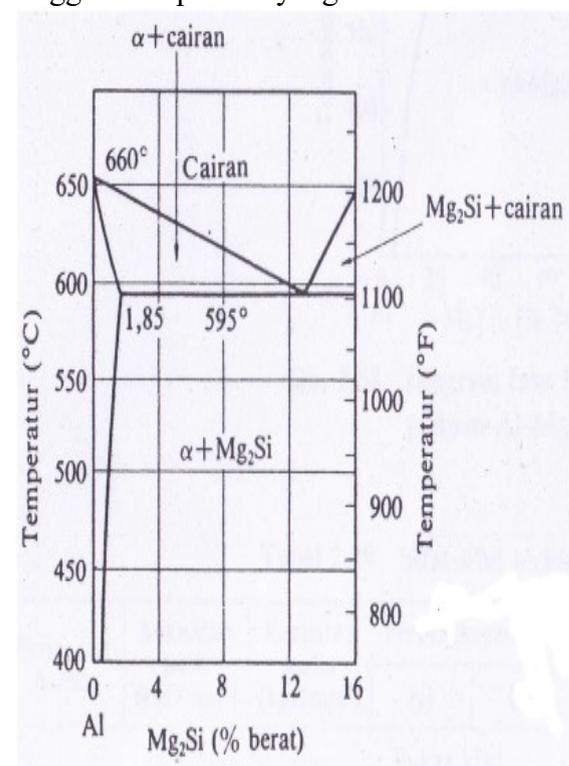
### C. Perlakuan panas *Hardening*

*Hardening* adalah memanaskan logam sampai temperatur tertentu dengan waktu beberapa lama pada temperatur itu, kemudian didinginkan dengan cepat, sehingga menimbulkan suatu susunan yang keras. *Hardening* bertujuan untuk meningkatkan kekerasan, ketahanan aus dan ketangguhan dengan kombinasi kekerasan. Proses *hardening* ini

menyebabkan pada susunan atom–atom yang teratur timbul tegangan dan logam itu menjadi keras. Adapun tahapan–tahapan proses *hardening* adalah sebagai berikut:

Pertama proses pemanasan sehingga struktur ferit berubah menjadi struktur austenite seluruhnya. Kedua proses penahanan pada temperatur tertentu (*holding*). Ketiga setelah dipanaskan hingga membentuk austenit kemudian didinginkan secara cepat (*mendadak*). Pendinginan cepat akan menghasilkan struktur martensit karena garis pendinginan lebih cepat yang nantinya akan tetap terbentuk fase austenit. Akan tetapi hasilnya akan bersifat rapuh karena tegangan dalamnya besar.

Gambar 1 menunjukkan diagram fasa paduan  $AlMg_2Si$  yang berasal dari larutan yang menurun dari  $Mg_2Si$  terhadap larutan padat Al dari temperatur tinggi ketemperatur yang lebih rendah.



Gambar 1. Diagram fasa paduan  $AlMg_2Si$  (Sumber: Surdia T. Saito S. 2000 hal.139).

Berdasarkan gambar 1 menjadi acuan proses perlakuan *hardening* dan *tempering*. Aluminium dengan

kandungan MgSi sebesar 6,82% maka proses *hardening* dilakukan pada temperatur 600°C. Pada diagram diatas perlakuan dibawah temperatur 600°C material tidak mengalami perubahan bentuk sedangkan perlakuan diatas temperatur 600°C material mengalami perubahan bentuk dan mencair.

#### D. Perlakuan Panas *Tempering*

*Tempering* adalah suatu proses panas yang bertujuan untuk menurunkan kekerasan benda kerja, mengurangi tegangan dalam yang menyebabkan benda kerja bersifat rapuh, merubah struktur kristal atom sehingga bersifat lunak dan mudah dikerjakan. Sehingga dari proses tersebut didapatkan benda kerja yang memiliki sifat kombinasi antara kerasan, keliatan, keuletan (tahan terhadap *impact*), kekuatan dan berstruktur kristal stabil.

Pada proses *hardening* benda kerja yang dihasilkan bersifat keras akan tetapi rapuh, sehingga tidak cocok untuk beberapa penggunaan. Sifat rapuh disebabkan terbentuknya martensit yang berlebihan yang mengakibatkan struktur kristal atom menjadi stabil. Ketika dipanaskan kembali atom karbon yang terjebak di dalam struktur kristal atom akan berdifusi (pemerataan kadar tanpa dinding pemisah) membentuk grafit dan kembali menjadi ferit dan sementit yang stabil.

Tahapan proses *tempering* adalah sebagai berikut: karena proses *tempering* ini adalah proses lanjutan dari *hardening*. Maka pertama benda kerja dikeraskan terlebih dahulu setelah *diquencing* kemudian benda dipanaskan kembali pada temperatur antara 150°C–400°C untuk mendapatkan sifat yang lebih lunak lebih ulet. Harus diperhatikan proses *tempering* adalah waktu dan temperatur yang digunakan. Pada tahap terakhir proses *tempering* adalah pendinginan dalam udara terbuka.

Pada proses *tempering* temperatur yang digunakan adalah temperatur

dibawah proses *hardening*, jika proses *tempering* dilakukan diatas temperatur perlakuan *hardening* maka sifat setelah perlakuan *hardening* akan hilang.

#### E. Pengujian Kekerasan.

Pengujian kekerasan dengan cara penekanan banyak digunakan di industri permesinan. Pengujian kekerasan yang menggunakan metode penekanan ada tiga jenis, yaitu pengujian kekerasan metode *Rockwell*, *Brinell* dan metode *Vickers*. Metode *Brinell* dan *Vickers* memiliki prinsip dasar yang sama dalam menentukan angka kekerasannya menitik beratkan pada penghitungan kekuatan bahan uji terhadap pembebanan setiap daya luas penampang bidang yang menerima pembebanan tersebut. Sedangkan metode *Rockwell* menitik beratkan pada pengukuran kedalaman hasil penekanan alat penekan yang membentuk bekasnya pada benda uji. (Koswara E. Sudjana H. 1999).

#### Pengujian kekerasan *Vickers*

Proses pengujian kekerasan metode *Vickers* diatur dengan standar DIN 50133. Yang termasuk di dalamnya antara lain tentang pemakaian indenter. Piramida intan dengan sudut 136° puncak piramida berbentuk garis lurus. Ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu *micro* (10g – 1000g) dan *macro* (1kg – 100kg).

Didasarkan pada cara memperoleh angka kekerasan yang diberikan oleh *Vickers*, rumus tersebut merupakan angka kekuatan bahan uji terhadap pembebanan pada setiap luas penampang bidang yang menerima pembebanan itu berbentuk piramida, bagian permukaan berbentuk segi empat, dan berdiagonal (mm).

Pada mesin uji tertentu yang spesifik, biasanya mikroskop pengukur sudah terpasang secara langsung dan bisa digunakan setelah penekanan dilakukan tanpa merubah kedudukan bahan uji dari posisi *anvil*. Tentu saja, proses pengukuran dengan mikroskop yang

langsung terpasang akan menjaga ketelitiannya, bila dibandingkan dengan mikroskop terpisah. Meskipun demikian proses pengujian, baik yang menggunakan mikroskop langsung atau pun terpisah, bahan uji hendaknya dilakukan paling sedikit 3 kali agar diperoleh harga ukur yang akurat.

Hasil pengukuran kekerasan *Vickers*, dalam bentuk angka kekerasan bahan logam, dinyatakan dalam harga satuan tertentu, menurut ketentuan dan standar yang baku demikian pula angka kekerasannya. Satuan kekerasan *Vickers* ini sudah diakui oleh standar internasional dan digunakan oleh semua industri di seluruh dunia serta dapat dikonversikan dengan satuan dari harga kekerasan lain dalam berbagai metode. (Koswara E. Sudjana H. 1999).

Untuk mengetahui angka kekerasan *Vickers* suatu bahan uji dapat menggunakan rumus berikut.

$$H_v = 1,8544 \frac{P}{d^2} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \dots\dots(1)$$

Keterangan:

$H_v$  = *Hardness Vickers* (angka kekerasan *Vickers*) satuan (Kg/mm<sup>2</sup>)

P = Gaya (Kg)

d<sup>2</sup> = Diagonal indentasi (mm)

**Tinjauan Pustaka**

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya antara lain:

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Variasi material	Kekerasan <i>brinell</i> HB (kg/mm <sup>2</sup> )	Nilai impact J/ mm <sup>2</sup>
1	Sigit Gunawan dan Sigit Budi Hartono 2016	Efek perlakuan panas aging terhadap kekerasan dan Ketangguhan <i>impak</i> paduan aluminium aa 514.0	250°C 300°C 350°C 400°C 450°C	31,16 kg/mm <sup>2</sup> 29,66 kg/mm <sup>2</sup> 32,66 kg/mm <sup>2</sup> 30,83 kg/mm <sup>2</sup> 32,5 kg/mm <sup>2</sup>	1,446 1,412 1,244 1.211 1,446

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Temper	Si	Kekerasan <i>Vickers</i> HV (N/mm <sup>2</sup> )	<i>Impact</i> /m m <sup>2</sup>
2	Toga Agung Saputro, 2014.	Analisa <i>Heat Treatment</i> Pada Aluminium Magnesium Silikon (AlMgSi) Dengan Silikon (Si) (1%, 3%, 5%) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis.	125°C	Si 1%	42,23 N/mm <sup>2</sup>	0,014 j/mm <sup>2</sup>
				Si 3%	41,42 N/mm <sup>2</sup>	0,013 j/mm <sup>2</sup>
				Si 5%	41,01 N/mm <sup>2</sup>	0,012 j/mm <sup>2</sup>
				Si 1%	43,88 N/mm <sup>2</sup>	0,021 j/mm <sup>2</sup>
				Si 3%	41,98 N/mm <sup>2</sup>	0,019 j/mm <sup>2</sup>
				Si 5%	41,18 N/mm <sup>2</sup>	0,018 j/mm <sup>2</sup>
			125°C	Si 1%	44,89 N/mm <sup>2</sup>	0,033 j/mm <sup>2</sup>
				Si 3%	43,54 N/mm <sup>2</sup>	0,016 j/mm <sup>2</sup>
				Si 5%	42,29 N/mm <sup>2</sup>	0,025 j/mm <sup>2</sup>
			125°C	Si 1%	45,97 N/mm <sup>2</sup>	0,045 j/mm <sup>2</sup>
				Si 3%	44,21 N/mm <sup>2</sup>	0,037 j/mm <sup>2</sup>
				Si 5%	43,22 N/mm <sup>2</sup>	0,032 j/mm <sup>2</sup>

3	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Variasi material	Kekerasan <i>brinell</i> HB (kg/mm <sup>2</sup> )	Nilai impact J/ mm <sup>2</sup>
	Wisnaningsih dan M. Yunus, 2017	Pengaruh temperatur <i>aging</i> terhadap paduan aluminium Seri 6069 terhadap nilai kekerasan dan kekuatan <i>impact</i>	Raw material	28 kg /mm <sup>2</sup>	66,00
			165°C	47,6 kg/mm <sup>2</sup>	95,33
			175°C	56,2 kg/mm <sup>2</sup>	97
			185°C	58 kg/mm <sup>2</sup>	78,67

**III. METODE PENELITIAN**

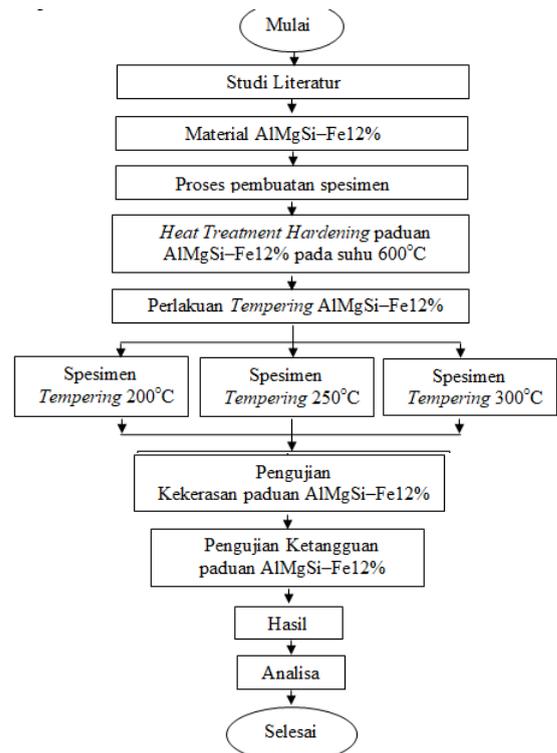
**A. Bahan Penelitian**

Bahan paduan Al 78,13%, Mg 2,99%, Si 3,83%–Fe12%.

**B. Alat Penelitian**

- 1) Dapur pemanas (*furnace*)
- 2) Alat uji kekerasan mikro *Vickers*
- 3) Alat uji ketangguhan *impact* metode *charpy*

**C. Diagram Alir Penelitian**

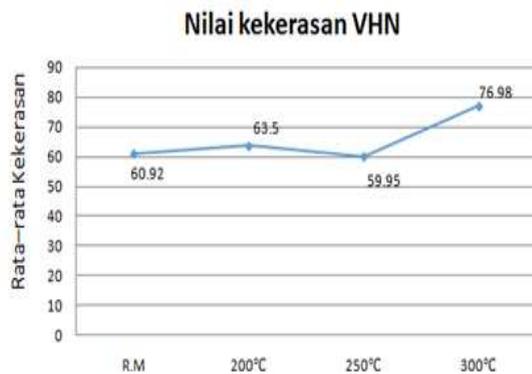


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil dan pembahasan pengujian kekerasan.**

Hasil pengujian kekerasan mikro *vickers raw* material dan material dengan proses perlakuan panas dan *diquenching* ke dalam oli SAE 20 dilanjutkan perlakuan pemanasan ulang dengan variasi temperatur, maka didapatkan data sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan.

Data dari gambar 2 menunjukkan nilai kekerasan untuk *raw* material sebesar 60,96 VHN. Nilai kekerasan akibat perlakuan panas pada temperatur 200°C sebesar 63,50 VHN berarti mengalami peningkatan sebesar 2,54 VHN dari *raw* material. Nilai kekerasan akibat perlakuan panas pada temperatur 250°C sebesar 59,94 VHN berarti mengalami penurunan sebesar 1,02 VHN dari *raw* material. Terdapat udara didalam tungku sehingga saat proses pemanasan terjadi oksidasi yang mengakibatkan menurunnya nilai kekerasan. Nilai kekerasan akibat perlakuan panas pada temperatur 300°C sebesar 76,98 VHN berarti mengalami peningkatan sebesar 16,02 VHN dari *raw* material.

Pada proses *hardening* spesimen mengalami kejutan sehingga proses difusi tidak berlangsung hanya terjadi perubahan struktur jaringan kristal. Karena proses pendinginan berlangsung sangat cepat maka menimbulkan tegangan pada spesimen dan benda uji bersifat keras dan rapuh.

Terdapatnya oksigen di dalam tungku sehingga menyebabkan dekarburasi yang menyebabkan

menurunnya nilai kekerasan. Menurunnya nilai kekerasan juga disebabkan oleh kegagalan perlakuan panas hal ini dapat terjadi karena kurangnya proses kontrol yang tidak mencukupi.

Faktor lainnya disebabkan saat pendinginan adalah waktu *transfer* saat *quenching* pemindahan terlalu lama akan menyebabkan temperatur turun secara cepat maka akan menghilangkan efek pengerasan.

## V. KESIMPULAN

Pada proses perlakuan panas *hardening* dengan temperatur 600°C *diquenching* kedalam oli SAE 20 dan dilanjutkan proses *tempering* dengan variasi temperatur 200°C, temperatur 250°C dan temperatur 300°C masing-masing temperatur dipertahankan selama 15 menit didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Setelah dilakukan pengujian mikro *vickers* menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 300°C sebesar 76,98 VHN dan nilai kekerasan terendah pada temperatur 250°C sebesar 59,95 VHN.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bagus S. Dan Media N. (2011) Perubahan Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro (Al-Mg-Si) Akibat Variasi Temperatur Pemanasan. Perpustakaan UPN Veteran Jakarta.
- Hendra S. (2014) Pengaruh Perlakuan Panas Dan Penuaan Terhadap Sifat Mekanis Pada Aterial Komposit Matrik Al-4,5%Cu-4%Mg/10%Si. Fakultas Teknik Universitas Gunadarma Depok Jakarta.
- Purnomo (2017) Material Teknik Malang Jawa Timur: Seribu Bintang
- Sigit G. Dan Sigit B. Efek Perlakuan Panas Aging Terhadap Kekerasan

Dan Ketangguhan *Impact* Paduan Aluminium Aa 514.0 Jurusan Teknik Mesin Sttnas Yogyakarta.

Surdia, T., Dan Saito S. (2000). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Sriwardani, N., *Heat Treatment Process* Proses Perlakuan Panas Surakarta Lpp Uns Dan Uns Press 2009.

Soedjono Dan Mashudi. (1978) *Pengetahuan Bahan 1*. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan.

Surdia, T., & Chijiwa, K. (1982). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Toga A. S. (2014) *Analisa Heat Treatment Pada Aluminium Magnesium Silikon (Al-Mg-Si) Dengan Silikon (Si) (1%, 3%, 5%) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis*. Naskah Publikasi Universitas Muhamadiyah Surakarta.

Wismaningsih Dan M. Yunus (2017) *Pengaruh Temperature Aging Terhadap Paduan Aluminium Seri 6069 Terhadap Nilai Kekerasan Dan Kekuatan Impact*. Fakultas Teknik Universitas Siang Bumi Rawa Jurai Lampung Indonesia.

Wahyu, P. (2008) *Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Coran Paduan Al-Mg-Si*. Mekanika, Jurnal Fakultas Teknik Universitas Negeri Surakarta.