

# ANALISIS PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN PADA PENGECORAN ALUMINIUM 6061 TERHADAP SIFAT MEKANIS

Ronal Anggoro Mukti<sup>1</sup>, Margianto<sup>2</sup>, Artono Raharjo<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Malang  
Jl. M.T Hariyono 193, Malang 65144, Indonesia

[donalronal5@gmail.com](mailto:donalronal5@gmail.com)

[margianto@unisma.ac.id](mailto:margianto@unisma.ac.id)

[artonor@unisma.ac.id](mailto:artonor@unisma.ac.id)

## ABSTRAK

Heat treatment ialah proses yang secara hati-hati mengubah dan memperbaiki sifat material untuk mencapai karakteristik tertentu yang diinginkan secara efektif.[1] Mulailah dengan memanaskan logam secara bertahap hingga mencapai suhu yang diinginkan. Setelah tercapai, pertahankan suhu tersebut secara stabil selama durasi tertentu. Terakhir, dinginkan logam secara hati-hati dengan kecepatan yang terkontrol dan konsisten untuk memastikan penanganan yang tepat. Dalam studi ini bertujuan sebagai pengaruh media pendingin dan holding waktu terhadap porositas, kekerasan dan struktur mikro material paduan Al (scrap) pada metode pengecoran evaporatif untuk mengetahui pengaruh variasi pendinginan atau quenching pada variasi pendinginan media Air, Udara, dan Oven. Dari setiap spesimen akan dilakukan dengan tes uji impak dan uji Kekerasan.

**Kata Kunci:** *Heat treatment*, media pendingin, kekerasan, struktur mikro, uji impak dan uji kekerasan

## ABSTRACT

*Heat treatment is a process that carefully alters and improves material properties to effectively achieve certain desired characteristics.[1] Start by gradually heating the metal until it reaches the desired temperature. Once reached, maintain that temperature steadily for a certain duration. Finally, cool the metal carefully at a controlled and consistent rate to ensure proper handling. In this study aims as the effect of cooling media and holding time on porosity, hardness and microstructure of Al alloy material (scrap) in the evaporative casting method to determine the effect of cooling or quenching variations on cooling variations of Water, Air, and Oven media. Each specimen will be tested with impact test and Hardness test.*

**Keywords:** Heat treatment, cooling media, hardness, microstructure, impact test and hardness test.

## PENDAHULUAN

Paduan Al 6061, yang banyak dipakai dalam transportasi dan konstruksi, memberikan kekuatan mekanis yang sangat baik dan ketahanan korosi yang luar biasa. Kecerbagunaannya menjadikannya ideal untuk pembuatan komponen mesin seperti piston, silinder, dan poros engkol, yang mengutamakan ketahanan. Kinerja paduan yang andal ini menjamin keamanan dan daya tahan dalam aplikasi berat di berbagai industri. [2] Masalah kekerasan permukaan sering kali diakibatkan oleh benturan eksternal yang menyebabkan deformasi permukaan material. Paduan aluminium-silikon banyak dipilih untuk aplikasi pengecoran karena fluiditasnya yang sangat baik dan titik leleh yang relatif rendah, sehingga memudahkan proses pencetakan. Selain itu, sifat-sifatnya sangat dipengaruhi oleh variasi suhu, yang memengaruhi faktor-faktor seperti kekerasan, kekuatan, dan ketahanan aus, sehingga menjadikannya pilihan yang serbaguna dan andal dalam berbagai aplikasi industri. [3] Material seringkali memerlukan perlakuan seperti pendinginan (*quenching*) untuk mengubah sifat-sifatnya, karena karakteristik tertentu mungkin tidak memenuhi standar yang diinginkan pada awalnya. Pemilihan media pendingin memainkan peran krusial dalam proses ini, karena sangat memengaruhi kekerasan akhir, ketangguhan, dan kinerja keseluruhan material yang diolah, sehingga memastikan hasil yang optimal. [4]

Pengecoran atau penuangan ialah teknik dasar dan abadi dalam pengerjaan logam, yang sudah ada sejak ribuan tahun lalu. Dalam proses ini, logam cair dituangkan dengan hati-hati ke dalam cetakan yang sudah disiapkan khusus untuk membentuk bentuk yang diinginkan saat logam mendingin dan mengeras. Di antara berbagai metode, pengecoran pasir ialah salah satu yang tertua dan paling serbaguna. Metode ini melibatkan pembuatan cetakan dari pasir padat, yang dibentuk sesuai desain objek. Sesudah cetakan disiapkan, logam cair yang dipanaskan dituangkan ke dalamnya, mengisi rongga cetakan sepenuhnya. Teknik ini memiliki sejarah yang kaya, dengan artefak kuno yang memperlihatkan keterampilan dan keahlian para pengrajin awal. Pengecoran pasir tetap penting hingga saat ini, dihargai karena kesederhanaannya, kemampuan adaptasinya, dan kemampuannya untuk menghasilkan objek logam yang kompleks. [5]

Dalam gaya standar, Heat treatment secara sistematis mengubah struktur internal material untuk mencapai sifat-sifat tertentu yang diinginkan. [1] Perlakuan panas ialah proses fundamental dalam metalurgi yang melibatkan pemanasan logam atau paduan hingga suhu tertentu, mempertahankannya selama periode tertentu, dan kemudian mendinginkannya dengan laju yang terkendali. Prosedur yang dirancang dengan cermat ini

bertujuan untuk memodifikasi struktur mikro material, memengaruhi sifat-sifat seperti kekuatan, kekerasan, keuletan, dan ketangguhan. Proses ini bisa menyebabkan perubahan ukuran butir, bentuk, dan distribusi fasa di dalam logam. Variasi metode perlakuan panas—seperti anil, pendinginan, atau temper—bergantung pada faktor-faktor seperti suhu target, durasi pemanasan, dan laju pendinginan. Parameter-parameter ini dirancang untuk mencapai karakteristik mekanis spesifik yang sesuai untuk berbagai aplikasi, memastikan kinerja dan daya tahan optimal dari produk akhir. Beberapa metode perlakuan panas yaitu *quenching*, *annealing*, *tempering*, dan *normalizing*.

Media pendingin umum mencakup berbagai zat seperti air, air garam, minyak, dan polimer, masing-masing dengan kelebihan dan keterbatasannya sendiri. Air ialah media pendingin yang paling banyak dipakai karena kapasitas dan ketersediaan panasnya yang tinggi, sehingga sangat efektif untuk pembuangan panas yang cepat. Namun, ketika air bersentuhan dengan permukaan panas, gelembung udara cenderung terbentuk, yang bisa menghambat perpindahan panas langsung dan mengurangi efisiensi pendinginan. Untuk mengatasi hal ini, air garam atau air garam sering dipakai; air garam mendingin lebih cepat daripada air biasa karena gelembungnya lebih mudah pecah, memungkinkan kontak yang lebih baik dengan permukaan yang dipanaskan. Meskipun demikian, sifat korosif air garam mengharuskan pembilasan segera untuk mencegah kerusakan peralatan. Minyak berfungsi sebagai media pendingin lain, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan pendinginan yang lebih lambat dan lebih terkontrol. Titik didihnya yang tinggi mengurangi risiko penguapan mendadak, sehingga meminimalkan keretakan atau tekanan termal pada material. Namun, sifat mudah terbakar minyak menimbulkan bahaya kebakaran yang signifikan, sehingga memerlukan penanganan dan langkah-langkah keamanan yang cermat. Polimer, biasanya campuran glikol-air, menyediakan laju pendinginan antara yang bisa disesuaikan dengan menyesuaikan rasio campuran. Fleksibilitas ini membuat pendingin berbasis polimer cocok untuk berbagai proses industri, menyeimbangkan keselamatan, efisiensi, dan perlindungan peralatan. [6].

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai ialah metode experimental nyata dengan mengumpulkan data-data yang diperoleh dari berbagai hasil perlakuan selama proses penelitian. Studi ini dilakukan secara aktual di lapangan dengan menentukan variasi media pendinginan pengecoran ke dalam cetakan pengecoran, kemudian dilakukan

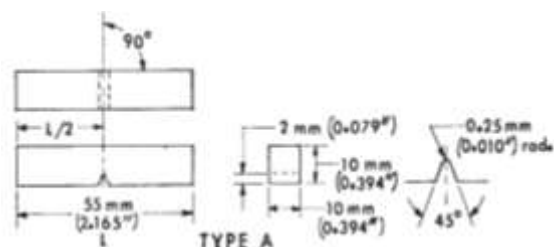
uji kekerasan dan ketangguhan impak dari data yang sudah diperoleh.

Proses pengecoran dilakukan dengan memakai metoda *sand casting* dimana proses pembentukan benda kerja logam cair yang di cor ke dalam cetakan pasir (*sand casting*), cetakan pasir dibuat dengan memakai kayu sebagai bingkai.

Pada penelitian pengecoran kali ini memakai memakai 3 variasi temperatur pendinginan yang berbeda yaitu Air, Udara, Oven. Dengan proses saat aluminium cair yang dituangkan ke dalam cetakan, aluminium didiamkan selama 35-40 detik sampai coran sedikit mengeras dan aman di angkat dengan tang capit, sesudah material dirasa sudah mengeras kemudian cetakan dibongkar dan setiap coran tadi di berlakukan variasi temperatur pendinginan yang berbeda-beda sampai temperatur coran sama dengan suhu ruang.

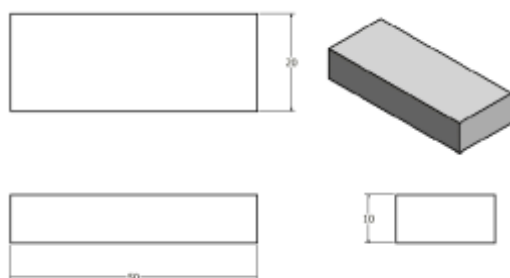
Sesudah coran, dilakukan variasi pendinginan kemudian hasil coran di bubut lalu dilanjutkan dengan *polishing* sesuai dengan ASTM dan kebutuhan yang di inginkan untuk uji sifat mekanis dari aluminium tersebut.

Penelitian ini memakai dua metode uji yaitu uji kekerasan dan uji impak. Kekerasan suatu spesimen material ialah ketahanan terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen apabila material memperoleh gaya dari luar. Uji kekerasan kali ini memakai metode *Rockwell* bertujuan untuk menentukan harga kekerasan suatu spesimen dengan memberikan penekanan di beberapa bagian spesimen yang menghasilkan distribusi rata-rata dari hasil spesimen.

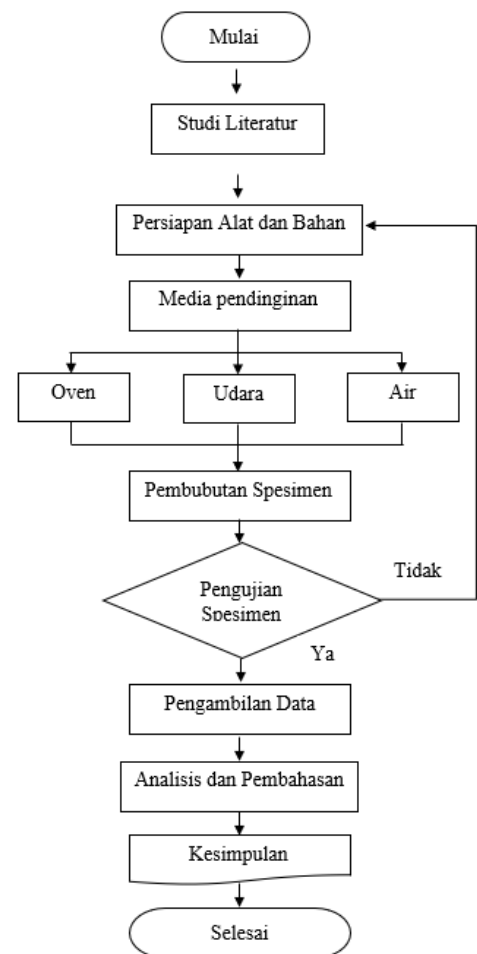


Gambar 1. ASTM E23-02a

Dalam gaya standar, pengujian impak yang memanfaatkan metode Charpy melibatkan pelaksanaan prosedur yang tepat untuk menentukan secara akurat kekuatan benturan spesimen, dengan demikian menilai kemampuannya untuk menahan gaya tiba-tiba dan memastikan keandalan material.



Gambar 2. Geometri uji impak



Gambar 3. Diagram alir penelitian

## ANALISIS DATA

Studi ini mengeksplorasi sifat mekanis aluminium 6061 dengan memakai uji impak, khususnya metode Charpy, yang mengukur energi yang diserap selama pembebanan mendadak. Studi ini bertujuan untuk memahami bagaimana berbagai faktor memengaruhi ketangguhan dan daya tahan material di bawah impak cepat. Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa variasi fraksi berat partikel penguat dan ukuran partikelnya secara signifikan memengaruhi perilaku impak komposit. Temuan ini memperlihatkan bahwa penyesuaian parameter ini bisa meningkatkan atau mengurangi kapasitas penyerapan energi material. Lebih lanjut, uji impak berfungsi sebagai langkah pengendalian mutu yang cepat, yang memungkinkan produsen untuk mengevaluasi konsistensi dan integritas komposit aluminium 6061 secara efisien, memastikan kinerja optimal dalam aplikasi praktis:

Tabel 1 Hasil pengolahan data uji impact

| No | Variasi pendinginan | Hasil Pengujian (J/mm <sup>2</sup> ) | Berat Bandul (N) | Panjang lengan (mm) | Sudut awal ( $\alpha$ ) | Sudut akhir ( $\beta$ ) | Luas Penampang (A) |
|----|---------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1  | Air (23°)           | 127                                  | 13,14            | 270                 | 150                     | 127                     | 80                 |
| 2  | Udara               | 123                                  | 13,14            | 270                 | 150                     | 123                     | 80                 |
| 3  | Oven                | 116                                  | 13,14            | 270                 | 150                     | 116                     | 80                 |

#### Hasil Pengolahan Data Uji Impact

Dengan perhitungan di atas maka di bisa hasil perhitungan untuk data pada tabel tersebut, maka diperoleh hasil perhitungan uji impact yang disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2 Hasil pengolahan data uji impact

| No. | Variasi Temperatur (°) | Energi impact (J) |
|-----|------------------------|-------------------|
| 1   | Air                    | 0,937             |
| 2   | Udara                  | 1,140             |
| 3   | Oven                   | 1,517             |

#### Nilai Ketangguhan Impact

Ketangguhan impact, salah satu sifat material utama, mengukur energi yang diserap selama uji impact pendulum. Ketika material komposit ditingkatkan, ketangguhan impactnya biasanya meningkat, menghasilkan nilai impact terukur yang lebih tinggi. Peningkatan ini secara visual ditunjukkan oleh titik-titik yang lebih tinggi atau kurva yang lebih jelas pada grafik ketahanan impact yang sesuai, yang memperlihatkan komposit yang lebih kuat dan lebih tangguh :



Gambar 4. Grafik nilai energi impact

Dalam gaya standar, terlihat bahwa pendinginan oven menghasilkan ketangguhan benturan tertinggi, sedangkan pendinginan air menghasilkan ketangguhan benturan terendah, yang menyoroti pengaruh signifikan metode pendinginan pada sifat material. Untuk memudahkan perbandingan dari hasil ujinya maka dibuat grafik yang bisa dilihat pada gambar 4. Besarnya harga

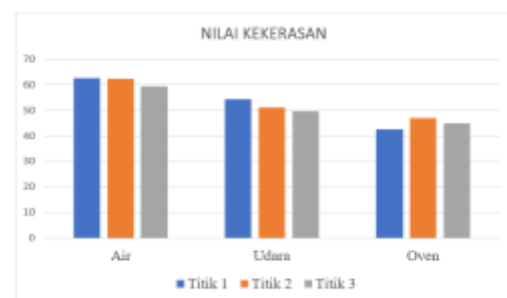
impact ini dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan yang terjadi pada setiap variasi temperatur pendinginan yang dipakai. Di mana semakin cepat laju pembekuan atau pendinginan logam cair aluminium maka akan menyebabkan harga impact yang diperoleh semakin kecil. Hal ini terlihat pada variasi temperatur yang mana pendinginan terjadi semakin cepat, sehingga pada variasi temperatur ini memiliki nilai harga impact yang terendah dibandingkan dengan variasi temperatur yang lain.

#### Analisa Data Uji Kekerasan Rockwell

Hasil dari pengujian kekerasan rockwell pada masing-masing variasi pendinginan pengecoran maka diperoleh data-data yang bisa di analisa lebih lanjut, pada studi ini memakai material Aluminium 6061 yang di variasikan media pendinginan yang berupa media air, media udara, dan media oven dan diperoleh hasil yang seperti ditabel berikut :

Tabel 3 Hasil pengolahan data uji kekerasan

| Media Pendinginan | Titik Uji Spesimen | Nilai Kekerasan (HRb) | Rata-rata |
|-------------------|--------------------|-----------------------|-----------|
| Air               | 1.                 | 62,6                  | 61,4      |
|                   | 2.                 | 62,4                  |           |
|                   | 3.                 | 59,4                  |           |
| Udara             | 1.                 | 54,4                  | 51,7      |
|                   | 2.                 | 51,0                  |           |
|                   | 3.                 | 49,7                  |           |
| Oven              | 1.                 | 42,4                  | 44,7      |
|                   | 2.                 | 46,8                  |           |
|                   | 3.                 | 44,9                  |           |



Gambar 5. Grafik Grafik hasil uji kekerasan rockwell

Perbedaan kekerasan selama proses pendinginan terutama disebabkan oleh variasi laju pendinginan, yang dipengaruhi oleh sifat-sifat media pendinginan, terutama viskositas dan densitasnya. Media dengan viskositas yang lebih tinggi cenderung memperlambat laju ekstraksi panas dari logam yang dipanaskan, sehingga menghasilkan proses pendinginan yang lebih bertahap. Sebaliknya, media dengan densitas yang lebih tinggi bisa memfasilitasi

perpindahan panas yang lebih cepat, sehingga mempercepat pendinginan. Dalam skenario praktis pengecoran logam pada suhu 750°C, pendinginan sampel dalam air menghasilkan nilai kekerasan tertinggi, yaitu 62,6 HRB. Hal ini disebabkan oleh viskositas dan densitas air yang rendah memungkinkan penyerapan panas dan pendinginan yang cepat, sehingga mendorong pembentukan martensit struktur mikro yang keras dan getas. Di sisi lain, pendinginan logam cor dalam oven, yang menawarkan laju pendinginan yang jauh lebih lambat karena suhunya yang lebih tinggi dan efisiensi ekstraksi panas yang lebih rendah, menghasilkan kekerasan yang lebih rendah. Perbedaan ini memperlihatkan bagaimana pemilihan media pendingin berdampak signifikan terhadap sifat mekanik akhir logam cor. [1]

## KESIMPULAN

*quenching* dengan air, udara, dan oven secara signifikan memengaruhi kekerasan dan struktur mikro aluminium 6061, karena setiap metode pendinginan mengubah laju disipasi panas. Variasi ini memengaruhi sifat mekanik dan fitur mikrostruktur material, yang pada akhirnya menentukan kesesuaiannya untuk aplikasi teknik tertentu yakni:

1. Dalam bidang proses metalurgi, berbagai metode quenching secara signifikan memengaruhi kekerasan dan keseluruhan sifat mekanis paduan aluminium 6061 [3]
2. Studi ini memperlihatkan bahwa pemilihan media pendingin secara signifikan memengaruhi kekerasan Aluminium 6061. [4] Secara spesifik, pendinginan air menghasilkan nilai kekerasan tertinggi di antara metode yang diuji, memperlihatkan efektivitasnya yang unggul dalam meningkatkan kekuatan material. Pendinginan udara menghasilkan kekerasan sedang, memperlihatkan laju pendinginan seimbang yang secara moderat memengaruhi sifat paduan. Sebaliknya, pendinginan oven menghasilkan tingkat kekerasan terendah, kemungkinan karena [5] proses pendinginan yang lebih lambat sehingga memungkinkan pertumbuhan butiran dan mengurangi kekerasan. Secara keseluruhan, studi ini menyoroti peran penting teknik pendinginan dalam proses pengolahan logam. Temuan ini memperlihatkan bahwa pemilihan media pendingin yang tepat, terutama air, bisa mengoptimalkan kekerasan dan sifat mekanis Aluminium 6061 untuk berbagai aplikasi. [6]
3. Berdasarkan nilai data yang di bisa dari analisa nilai impak tertinggi diperoleh di variasi media pendingin oven dengan nilai 1,517 J/mm<sup>2</sup> dan nilai impak yang paling

terendah diperoleh dari variasi media pendingin air yang memiliki nilai 0,937 J/mm<sup>2</sup>. Ini diperoleh karena nilai variasi media pendingin air terpengaruh dari adanya nilai viskositas dari air tersebut yang membuat benda uji semakin getas dan mudah patah dan membuat nilai energi patahan impak lebih kecil daripada variasi media pendingin oven yang memiliki nilai impak besar karena keuletan benda uji tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- W. D. Callister dan D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering an Introduction*, 10 ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2018.
- T. V. C. Christy, T. V Christy, N. Murugan, dan S. Kumar, "A Comparative Study on the Microstructures and Mechanical Properties of Al 6061 Alloy and the MMC Al 6061/TiB 2 ... Related papers IJERT-St ir Cast ing of in-sit u Al 6061T iB2 Met al Mat rix Composit e Synt hesized wit h Different ... IJERT Journal A Review On Propert ies Of Al-B4C Composit e Of Different Rout es IRJET Journal A Comparative Study on the Microstructures and Mechanical Properties of Al 6061 Alloy and the MMC Al 6061/TiB 2 /12 P;," 2010.
- Y. Febdia Pradani, M. Sulaiman, dan S. Hardiyanto, "ANALISIS TINGKAT KEKERASAN ALUMINIUM 6061 BERDASARKAN VARIASI MEDIA PENDINGIN PADA PROSES PACK CARBURIZING," 2020.
- M. Rizki, M. Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, P. Negeri Sriwijaya, dan J. Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya JISrijaya Negara Bukit Besar Palembang, "PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN (SILIKON OIL, MINYAK SAYUR, OLI BEKAS) TERHADAP KEKERASAN PENGECORAN ALUMUNIUM LIMBAH PISTON BEKAS INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK," vol. 2, no. 3, hlm. 2021, 2021, doi: 10.5281/zenodo.6383828.
- H. Sudjana, *Teknik Pengecoran Jilid 1 SMK*. 2008.
- E. K. Bondan dan T. Sofyan, "Pengantar Material Teknik," 2021.