

Rancang Bangun Pengaruh Variasi Penambahan Tembaga Pada Paduan Aluminium Terhadap Konduktivitas Termal Bahan

I Gusti Ngurah Arya Wijaya Putra, I Made Astika, I Gusti Ketut Sukadana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penggunaan bahan aluminium paduan dalam pasar industri mendorong perkembangan material-material baru untuk mendapatkan material dengan sifat yang lebih baik dari material konvensional. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan tembaga sebesar 10%, 20%, 30% pada paduan aluminium terhadap konduktivitas termal. Analisis dalam penelitian ini menggunakan variabel bebas yaitu variasi penambahan tembaga sebesar 10%, 20%, 30% pada paduan aluminium. Sedangkan, variabel terikatnya adalah konduktivitas termal. Pengujian konduktivitas termal menggunakan alat uji Heat Transfer Experiment Base Unit merk TQ. Dimensi spesimen uji yaitu diameter 30 mm dan tebal 20 mm. Hasil dari penelitian ini adalah nilai konduktivitas termal bahan pada paduan aluminium tembaga memiliki nilai konduktivitas termal semakin meningkat seiring dengan penambahan tembaga pada paduan aluminium.

Kata kunci: Paduan aluminium, tembaga, konduktivitas termal

Abstract

The use of aluminum alloys in the industrial market encourages the development of new materials to obtain materials with better properties than conventional materials. This study aims to determine the effect of variations in the addition of copper by 10%, 20%, 30% in aluminum alloys on thermal conductivity. The analysis in this study used independent variables, namely variations in the addition of copper by 10%, 20%, 30% in aluminum alloys. Meanwhile, the dependent variable is thermal conductivity. The thermal conductivity test uses the TQ Heat Transfer Experiment Base Unit tester. The dimensions of the test specimens were 30 mm in diameter and 20 mm thick. The results of this study are the value of thermal conductivity of materials in copper aluminum alloys have better thermal conductivity values along with the addition of copper to aluminum alloys.

Keyword: Aluminium alloy, copper, thermal conductivity

1. Pendahuluan

Penggunaan bahan aluminium paduan dalam pasar industri mendorong perkembangan material-material baru untuk mendapatkan material dengan sifat yang lebih baik dari material konvensional. Paduan unik dari sifat yang membuatnya menjadi salah satu bahan serbaguna.

Penggunaan bahan aluminium paduan dalam pasar industri mendorong perkembangan material-material baru untuk mendapatkan material dengan sifat yang lebih baik dari material konvensional. Paduan unik dari sifat yang membuatnya menjadi salah satu bahan serbaguna

Paduan aluminium dengan unsur tembaga sebagai elemen paduan utama, merupakan jenis paduan aluminium yang sangat terkenal. Penambahan unsur paduan seperti tembaga pada aluminium akan meningkatkan kekuatan mekanis logam tersebut. Hal ini disebabkan karena sifat mekanis dari paduan ini yang tergolong baik, disamping ketahanannya terhadap korosi serta mudah untuk diproses mesin, jenis paduan ini banyak dipakai pada industri otomotif. Tembaga merupakan bahan yang memiliki kemampuan hantaran listrik dan panas yang baik. Tembaga murni telah memiliki konduktivitas listrik sebesar 103% [1]. Dengan penambahan unsur tembaga

pada paduan aluminium kekerasannya akan meningkat, daya tahan korosif turun dan berat jenisnya akan meningkat sesuai dengan jumlah kandungan tembaga. Tembaga ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap lelah (*fatigue*). Sifat termal memiliki hubungan terhadap nilai konduktivitas termal. Konduktivitas termal adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas [2].

Dari pemaparan di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: Bagaimana pengaruh penambahan tembaga sebesar 10%, 20%, 30% pada paduan aluminium terhadap nilai konduktivitas termal bahan?

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya menggunakan pengujian konduktivitas termal (skala laboratorium) untuk mengetahui kemampuan paduan aluminium dengan variasi penambahan tembaga sebesar 10%, 20%, 30% dalam menghantarkan panas.
2. Jenis konduktivitas yang ditinjau adalah jenis konduksi linier.
3. Isolasi spesimen menggunakan resin polyester. Logam aluminium dan tembaga yang digunakan

dalam paduan aluminium tembaga mengacu pada logam yang ada di Indonesia.

2. Dasar Teori

2.1 Aluminium

Aluminium ialah logam yang memiliki fleksibilitas tinggi dalam penggunaannya setelah baja. Perkembangan ini didasarkan pada sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi, kekuatan dan ductility yang cukup baik (aluminium paduan), mudah diproduksi dan cukup ekonomis (aluminium daur ulang). Memadukan unsur-unsur lainnya, sifat murni aluminium dapat diperbaiki.

2.2 Tembaga

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Logam yang mempunyai sifat lunak dan liat, penghantar panas dan listrik yang baik, memiliki kesiapan untuk membentuk campuran-campuran, lebih merata pada waktu pendinginan, dapat dikerjakan dalam keadaan panas maupun dingin, memiliki ketahanan terhadap efek-efek korosi dari udara. Tembaga ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan lelah (*fatigue*). Tembaga memiliki struktur kristal FCC (*Face Cubic Centered*) dengan $a = 3,607 \text{ \AA}$ [3].

2.3 Paduan Al-Cu

Paduan Al-Cu adalah paduan yang dapat diperlakukan-panaskan. Paduan aluminium yang mengandung tembaga 4,5% memiliki sifat-sifat mekanis dan mampu mesin yang baik sedang mampu coranya agak jelek. Pengaruh unsur tembaga dalam paduan aluminium adalah keuntungan yang diperoleh karena menggunakan tembaga sebagai unsur paduan juga lebih banyak dibanding kerugiannya. Keuntungan menggunakan tembaga sebagai unsur paduan membuat tingkat kekerasan bahan hasil coran tersebut meningkat, kekuatan tariknya menjadi lebih baik, serta mempermudah dalam pengerjaan mesin.

2.4 Konduktivitas Termal

Perpindahan panas secara konduksi merupakan proses perpindahan panas dimana energi panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah dalam suatu medium padat atau fluida yang diam [4]. Proses terjadinya perpindahan panas secara konduksi dapat dengan mudah dipahami jika proses tersebut terjadi pada zat gas. Jika pada zat tersebut mengalami perbedaan temperatur dan diasumsikan tidak ada *bulk, macroscopic, motion*. Persamaan umum laju konduksi untuk perpindahan panas secara konduksi dikenal dengan hukum Fourier (*Fourier's law*).

$$q_x'' = -k \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Dimana,

q_x'' = Heat Flux

K = Konduktivitas Thermal

$\frac{dT}{dx}$ = Gradien Temperatur

Distribusi temperatur terjadi secara linear maka persamaan gradien temperaturnya menjadi,

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (2)$$

Maka Heat Flux,

$$q_x'' = -k \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (3)$$

Persamaan untuk mencari *heat rate* yang melintasi dinding dengan luas A maka persamaannya menjadi,

$$q_x = q_x'' \cdot A. \quad (4)$$

Persamaan untuk menghitung perpindahan panas menjadi,

$$q_x = kA \frac{\Delta T}{L} \quad (5)$$

3. Metode Penelitian

3.1 Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Aluminium
2. Tembaga
3. Resin Polyester
4. Pipa PVC 2 Inchi

3.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Heat Transfer Experiment Base Unit merk TQ
2. Termogun Termometer Infrared Laser
3. Temokopel
4. Timbangan Digital
5. Amperemeter
6. Pengecoran Logam

3.2 Range Pengujian

Variasi perlakuan dalam penelitian ini adalah :

1. Penambahan paduan Tembaga 10%
2. Penambahan paduan Tembaga 20%
3. Penambahan paduan Tembaga 20%

3.3 Pembuatan Spesimen

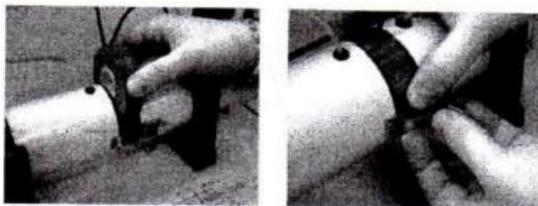
Langkah-langkah pembuatan spesimen uji konduktivitas termal dengan perbandingan 90% aluminium dengan 10% tembaga adalah sebagai berikut:

1. Aluminium dan tembaga disiapkan.
2. Aluminium dicairkan didalam suatu tungku.
3. Tembaga dimasukkan ke dalam cairan aluminium dengan temperatur tetap dijaga pada suhu 1100oC.
4. Setelah cairan tercampur, campuran tersebut dituangkan ke dalam cetakan yang sudah

- disiapkan dan didinginkan secara perlahan sampai mencapai temperatur kamar .
- Bentuk spesimen uji disesuaikan dengan alat uji konduktivitas termal Heat Transfer Experiment Base Unit merk TQ dengan diameter 30 mm dan tebal 20 mm. Permukaan spesimen uji diusahakan sehalus mungkin agar pada saat melakukan pengujian tidak terdapat celah pada permukaan spesimen uji tersebut.
 - Termokopel dipasang untuk melengkapi spesimen uji tersebut. Termokopel nantinya akan terhubung langsung ke alat uji konduktivitas termal.
 - Spesimen uji siap untuk diujikan .
 - Proses diulangi untuk mencetak spesimen uji dengan perbandingan 80% aluminium dengan 20% tembaga, 70% aluminium dengan 30% tembaga.

3.3 Prosedur Penelitian

- Spesimen uji dengan perbandingan 90% aluminium dan 10% tembaga yang sudah sesuai dengan alat uji konduktivitas termal Heat Transfer Experiment Base Unit merk TQ dipersiapkan.
- Alat uji Heat Transfer Experiment Base Unit merk TQ disiapkan untuk melakukan proses pengujian .
- Alat Linier Heat Conduction (TD1002A) dan alat ukur temperatur disiapkan .
- pasangan alat uji seperti Gambar 3.1



Gambar 1 Pemasangan Alat Uji

- Air dialirkan melalui selang sehingga air dapat bersirkulasi dengan baik pada alat pengujian .
- Daya listrik pada alat pengujian dinyalakan .
- Selanjutnya, *Software* "Tecquipment VDAS" dibuka pada komputer.
- Kuat arus yang mengalir diukur dengan menggunakan ampere meter.
- Baca dan catat temperatur T1 sampai T7 sampai kondisi steady state.
- Setelah proses pengujian selesai, *heater* dan aliran air dimatikan.
- Temperatur ditunggu sampai kembali ke temperatur kamar.
- Proses di atas diulangi untuk mencetak spesimen uji dengan perbandingan 80% aluminium dengan 20% tembaga, 70% aluminium dengan 30% tembaga.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Spesifikasi

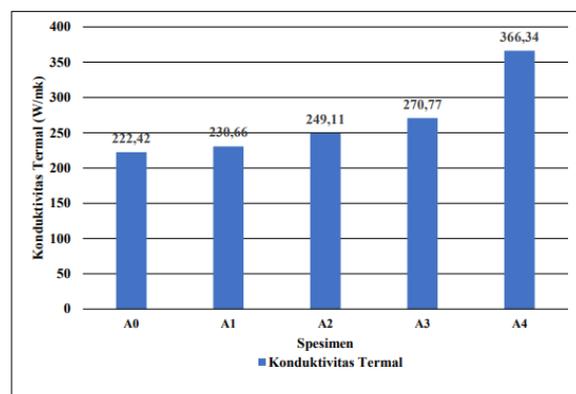
Spesimen yang diuji adalah spesimen A0, A1, A2, A3, A4 . Perhitungan nilai k untuk mendapatkan nilai konduktivitas termal dimana, Tebal spesimen (m) : 20 mm = 0,02 m, Diameter spesimen (m) : 30 mm = 0,03 m, Beda potensial (V) : 220 V, Arus listrik (A) : 0,1 A, Waktu pengujian (s) : 2000 s, Pengambilan data setiap 2 s : 1000 data/spesimen

4.2 Hasil Uji Spesimen

Berikut adalah data pengujian konduktivitas thermal dengan kondisi stabil.

Tabel 1 Data Pengujian Konduktivitas Thermal

%Cu	qx (W)	A (m ²)	L (m)	ΔT (K)	k (W/mk)
0	22	0,0007065	0,02	2,8	222,42
10	22	0,0007065	0,02	2,7	230,66
20	22	0,0007065	0,02	2,5	249,11
30	22	0,0007065	0,02	2,3	270,77
100	22	0,0007065	0,02	1,7	366,34



Gambar 2 Grafik pengaruh variasi penambahan tembaga terhadap konduktivitas termal paduan aluminium

Tabel 1 dan Gambar 2 menunjukkan hubungan konduktivitas termal dengan benda uji hasil rancang bangun paduan antara aluminium dan tembaga. Rasio paduan aluminium dan tembaga dirancang dengan komposisi Al (100%), Al (90%) : Cu (10%), Al (80%) : Cu (20%), Al (70%) : Cu (30%), Cu (100%), yang secara berurutan disimbolkan pada grafik sebagai A0, A1, A2, A3 dan A4. Dari grafik tersebut dapat dianalisa bahwa kenaikan nilai konduktivitas termal berbanding lurus dengan rancangan rasio antara Al dan Cu, dimana semakin meningkat penambahan rasio Cu pada Al didapatkan peningkatan nilai konduktivitas termal. Dari rancang bangun yang dilakukan pada penelitian ini, ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 2 diperoleh nilai konduktivitas termal tertinggi untuk paduan antara Al dan Cu dengan rasio Al (70%) : Cu (30%) senilai 270,77 W/mK dan terendah pada paduan Al (90%) : Cu (10%) senilai 230,66 W/mK.

5. Kesimpulan

Berdasarkan seluruh tahapan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan

bahwa pengaruh variasi penambahan tembaga pada paduan aluminium terhadap konduktivitas termal adalah nilai konduktivitas termal paduan tembaga mengalami peningkatan seiring dengan penambahan unsur tembaga pada paduan tersebut. Nilai konduktivitas termal spesimen A1 sebesar 230,66 W/mK, spesimen A2 sebesar 249,11 W/mK dan spesimen A3 sebesar 270,77 W/mK.

Daftar Pustaka

- [1] Surdia T dan Saito S., 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta, Pradnya Paramita
- [2] Sari, NH. 2018. *Material Teknik*, Yogyakarta, Deepublish.
- [3] Copper Development Association, 2010, *A Guide to Working With Copper and Copper Alloys*, New York: Copper Development Association.
- [4] Incropera FP, Dewitt DP, Bergman TL, Lavine AS. 2007. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 6th ed. US, John Wiley & Sons.

	<p>I Gusti Ngurah Arya Wijaya Putra Lulus dari sekolah menengah di SMA N 5 Denpasar pada tahun 2016, melanjutkan program sarjana di Universitas Udayana mengambil Jurusan T Mesin pada tahun 2016, dan menyelesaikan pada tahun 2021.</p>
<p>Bidang yang diminati adalah teknik mesin dan Konversi Energi.</p>	