

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Rabb Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, atas rahmat serta karunia-Nya yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Laju Pendinginan Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pulley Aluminium dengan *Permanent Mold Casting*”**

Skripsi ini merupakan laporan akhir yang harus dipenuhi dalam mata kuliah Tugas Akhir pada Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta; Ayahanda Muhamad Nurdin, Ibunda tersayang Liana Prawita Sutaryo, Kakak Siti Amalia Khairunnisa. Terima kasih atas kasih sayang tanpa batas, atas seluruh usaha dan pengorbanan, atas seluruh doa yang tak henti – hentinya dipanjatkan untuk penulis selama awal perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT, Met, selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak memberikan pengarahan dan motivasi selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Bapak Khairul Anam, ST., MSc, selaku dosen pembimbing 2 yang telah banyak memberikan pengarahan dan motivasi selama pelaksanaan skripsi.
6. Bapak Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M.Eng, selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan masukan dalam perkuliahan dan selama penyusunan skripsi.
7. Seluruh dosen dan karyawan jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Kepada Nenek Sutini, Tante Linda dan Keluarga Bogor, Mas Ajie dan Jagoan kesayangan Umar Dwi Baroto, terimakasih atas motivasi dan dukungannya kepada penulis.

9. Teman seperjuangan konsentrasi material Putri dan Luqman, dan teman seperjuangan penelitian Adinda dan Maskur, terimakasih untuk kerjasama, perjuangan dan kebersamaanya selama ini.
10. Keluarga Besar Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas dukungan dan pengalamannya selama perkuliahan di jurusan ini.
11. Teman Divisi Aerokreasi 2014 Universitas Brawijaya; Alif, Gheny, Bos Arda, Fadlur, Bang Tops, Amir, Restu, Danu, Ikmal. Terimakasih untuk kebersamaan, ilmu, perjuangan, dan pengalamannya selama ini.
12. Basis kontrakan Sendi dan Zalbie; Muhamad Farhan Diesa, Raka, Komeng, Ray, Adam, Fraghian, Jipau, Padang, Mea, Putri, Usman. Bagaimanapun, terima kasih telah membuat hidup di Malang menjadi lebih berwarna. Sampai jumpa di masa depan.
13. Lava Girls 2014. Terima kasih untuk tetap memberi keyakinan bahwa putri mesin tetap bisa menjadi seorang perempuan dengan bergelar sarjana teknik mesin.
14. Keluarga Besar Teknik Mesin 2014, MAF14 LAVA. Terima kasih untuk kebersamaannya dan makrab tiap semesternya. Sukses selalu untuk kalian.
15. Teman jarak jauh, Eliza Adira, Raifa Izdihar, Paramita Nindya, Pocut Yasmine, Luthfiyyah Tamima, Hanna Farah. Terima kasih atas kesabarannya mendengarkan cerita panjang lebar, dan telah menginspirasi akan kehidupan. Sukses selalu, kawan.
16. Dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dan memberikan arahan selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat menghargai setiap saran dan masukan untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan rekan-rekan yang lain.

Malang, April 2018

Penulis



DAFTAR ISI

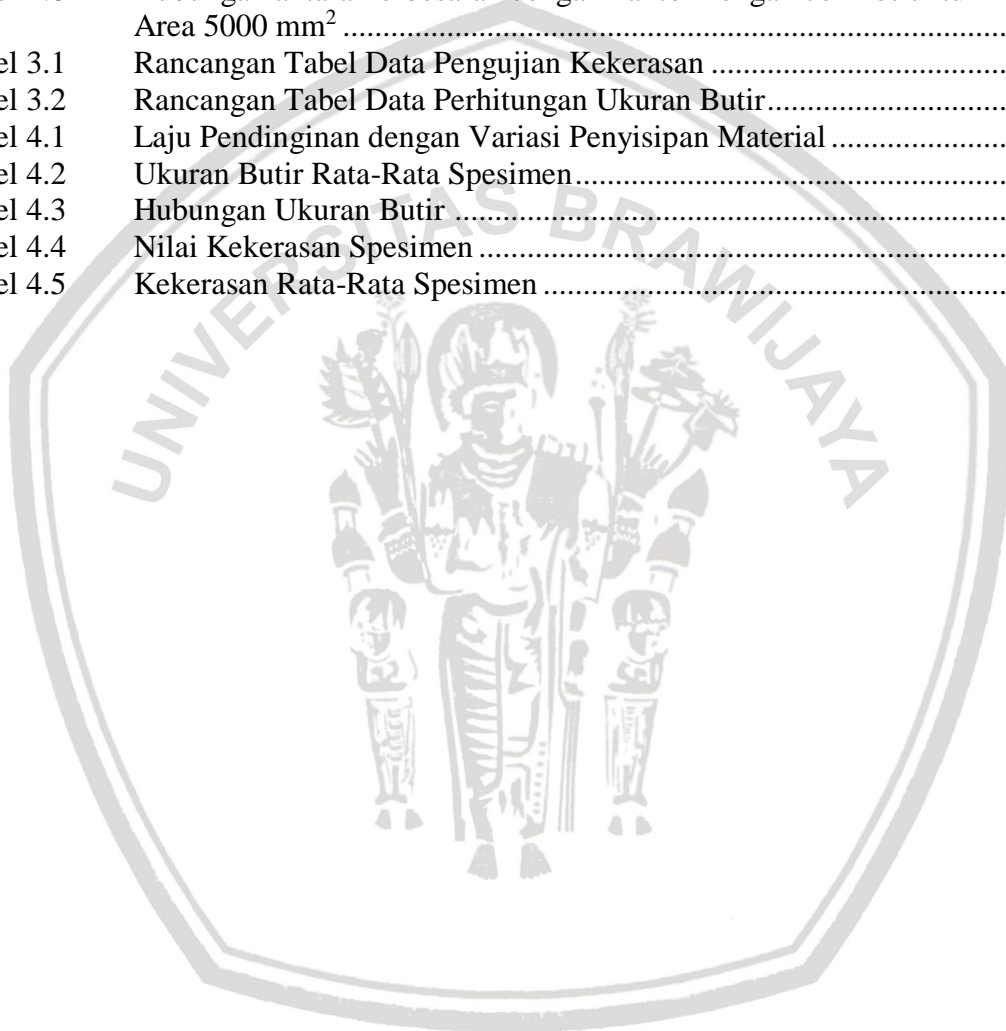
	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Aluminium.....	6
2.2.1 Karakteristik Aluminium.....	6
2.2.2 Proses Pembuatan Aluminium.....	8
2.2.3 Aluminium dan Paduannya.....	8
2.3 Diagram Fasa.....	10
2.3.1 Pengertian dan Klasifikasi Diagram Fasa.....	10
2.3.2 Diagram <i>Binary Al-Zn</i>	11
2.4 Proses Produksi Logam.....	12
2.4.1 Definisi Pengecoran Logam.....	12
2.4.2 <i>Permanent Mold Casting</i>	13
2.4.3 Peleburan.....	14
2.4.4 Solidifikasi.....	15
2.4.4.1 Konduktivitas Termal.....	15
2.4.4.2 Laju Solidifikasi.....	16
2.4.4.3 Mekanisme Solidifikasi.....	17
2.4.4.4 <i>Short Freezing Range Cooling</i>	18
2.4.4.5 <i>Long Freezing Range Cooling</i>	19
2.5 Sifat Mekanik Logam.....	20
2.5.1 Pengertian dan Klasifikasi Sifat Mekanik.....	20
2.5.2 Pengujian Sifat Mekanik Logam.....	21
2.5.2.1 Pengujian Kekerasan.....	21
2.5.2.2 Pengujian Metalografi.....	25
2.5.3 Perhitungan Ukuran Butir.....	27
2.5.3.1 Planimetri.....	27
2.6 Hipotesis.....	29



BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Metode Penelitian.....	31
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.3 Variabel Penelitian	31
3.3.1 Variabel Bebas.....	31
3.3.2 Variabel Terikat.....	31
3.3.3 Variabel Terkontrol	32
3.4 Alat dan Bahan	32
3.4.1 Alat	32
3.4.2 Bahan.....	37
3.5 Prosedur Penelitian.....	38
3.5.1 Pengecoran <i>Pulley</i> Aluminium.....	38
3.5.2 Prosedur Pengambilan Data Nilai Kekerasan.....	39
3.5.3 Prosedur Pengambilan Data Pengujian Mikrostruktur	39
3.6 Skema Penelitian	40
3.7 Desain Benda Kerja.....	40
3.8 Rancangan Tabel dan Grafik Penelitian.....	41
3.8.1 Rancangan Tabel Penelitian	41
3.8.2 Rancangan Grafik Penelitian.....	42
3.9 Diagram Alir Penelitian	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Data Hasil Pengujian.....	45
4.1.1 Laju Pendinginan.....	45
4.1.2 Hasil Pengujian Mikrostruktur	46
4.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan.....	48
4.2 Grafik dan Pembahasan.....	50
4.2.1 Laju Pendinginan.....	50
4.2.2 Pengaruh Laju Pendinginan terhadap Ukuran Butir.....	51
4.2.3 Pengaruh Laju Pendinginan terhadap Kekerasan	51
BAB V PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sifat Fisik Aluminium Murni.....	7
Tabel 2.2	Sifat Mekanik Aluminium	7
Tabel 2.3	Sistem Penamaan Paduan Aluminium	9
Tabel 2.4	Titik Lebur Logam	14
Tabel 2.5	Konduktivitas Termal Material pada Temperatur Ruang	15
Tabel 2.6	Klasifikasi Pengujian Rockwell	24
Tabel 2.7	Jenis Cairan Etsa untuk Pengujian Metalografi	27
Tabel 2.8	Hubungan antara Perbesaran dengan Faktor Pengali Jeffries untuk Area 5000 mm ²	28
Tabel 3.1	Rancangan Tabel Data Pengujian Kekerasan	41
Tabel 3.2	Rancangan Tabel Data Perhitungan Ukuran Butir	41
Tabel 4.1	Laju Pendinginan dengan Variasi Penyisipan Material	45
Tabel 4.2	Ukuran Butir Rata-Rata Spesimen	46
Tabel 4.3	Hubungan Ukuran Butir	48
Tabel 4.4	Nilai Kekerasan Spesimen	49
Tabel 4.5	Kekerasan Rata-Rata Spesimen	49



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Diagram fasa biner Al-Zn	10
Gambar 2.2	Diagram fasa biner selama pendinginan	11
Gambar 2.3	Diagram fasa <i>binary</i> Al-Zn	12
Gambar 2.4	Tahapan dasar pengecoran <i>permanent mold casting</i>	13
Gambar 2.5	Perpindahan panas konduksi	16
Gambar 2.6	Diagram proses laju pendinginan	17
Gambar 2.7	Bentuk butir <i>columnar</i> dan <i>equiaxed</i>	18
Gambar 2.8	Skema <i>short freezing range cooling</i>	19
Gambar 2.9	Struktur mikro <i>short freezing range cooling</i>	19
Gambar 2.10	Skema <i>long freezing range cooling</i>	20
Gambar 2.11	Struktur mikro <i>long freezing range cooling</i>	20
Gambar 2.12	Indentor pengujian Vickers	22
Gambar 2.13	Spesimen uji yang telah di <i>mounting</i>	25
Gambar 2.14	Skema ilustrasi terlihatnya struktur mikro pada batas butir	26
Gambar 2.15	Contoh butiran	28
Gambar 3.1	Tungku peleburan	32
Gambar 3.2	Cetakan permanen	33
Gambar 3.3	<i>Burner</i>	33
Gambar 3.4	Sarung tangan	33
Gambar 3.5	<i>Thermo gun</i>	34
Gambar 3.6	Kamera	34
Gambar 3.7	Amplas	35
Gambar 3.8	Kain flanel	35
Gambar 3.9	<i>Thermocouple</i>	35
Gambar 3.10	Rockwell <i>digital hardness tester</i>	36
Gambar 3.11	Mikroskop logam	37
Gambar 3.12	Aluminium Al-Zn	37
Gambar 3.13	<i>Metal polish</i>	38
Gambar 3.14	Etsa	38
Gambar 3.15	Skema penelitian	40
Gambar 3.16	Grafik hubungan material sisipan pada bagian alas terhadap laju pendinginan	42
Gambar 3.17	Grafik hubungan laju pendinginan terhadap ukuran butir	42
Gambar 3.18	Grafik hubungan laju pendinginan terhadap kekerasan	42
Gambar 3.19	Diagram alir penelitian	43
Gambar 4.1	Foto mikrostruktur perbesaran 100x laju pendinginan variasi penyisipan (a) baja 0,963°C/s, (b) tembaga 1,169 °C/s (c) pasir 0,673°C/s	46
Gambar 4.2	Perhitungan jumlah butir	47
Gambar 4.3	Daerah pengujian kekerasan	49
Gambar 4.4	Grafik variasi penyisipan material pada bagian alas terhadap laju pendinginan	50
Gambar 4.5	Grafik pengaruh laju pendinginan terhadap ukuran butir	51
Gambar 4.6	Grafik laju pendinginan terhadap nilai kekerasan spesimen	51

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1.	Dimensi Benda Kerja
Lampiran 2.	Dimensi Cetakan Coran
Lampiran 3.	Tutup Cetakan Coran
Lampiran 4.	Alas Cetakan Coran
Lampiran 5.	Hasil Uji Komposisi Spectro Lab
Lampiran 6.	Hasil Penghitungan Butir Manual
Lampiran 7.	Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell



RINGKASAN

Siti Amalina Azahra, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2018, *Pengaruh Laju Pendinginan terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pulley Aluminium dengan Permanent Mold Casting*

Dosen Pembimbing: Wahyono Suprpto dan Khairul Anam.

Aluminium merupakan logam ringan dengan nilai *strength-to-weight ratio* yang mampu bersaing dengan baja. Aluminium banyak digunakan pada industri manufaktur khususnya di bidang otomotif. Aluminium memiliki sifat mampu cor dan sifat mekanik yang kurang baik, oleh karena itu, pada penggunaannya aluminium umum dipadukan dengan unsur lain untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Pada penelitian ini menggunakan aluminium paduan Al-Zn yaitu salah satu paduan aluminium yang umum digunakan pada komponen dasar pesawat terbang (*airframe*) ataupun komponen otomotif. Paduan Al-Zn menunjukkan sifat ketahanan korosi yang baik.

Dalam pengecoran logam, laju pendinginan merupakan salah satu aspek yang mempengaruhi kualitas hasil cor. Hal ini dikarenakan pada proses pengecoran terdapat proses pendinginan yang akan mempengaruhi ukuran, bentuk, serta keseragaman butir yang mana akan mempengaruhi sifat mekanik material secara langsung. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dampak laju pendinginan terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pulley aluminium.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental dengan variasi laju pendinginan, dengan cara menyisipkan material yang memiliki konduktivitas termal berbeda pada cetakan permanen baja di bagian alas. Hasil penelitian ini mendapatkan nilai kekerasan dan struktur mikro yaitu ukuran diameter butir rata-rata yang dihitung dengan metode Planimetri. Dari hasil penelitian didapatkan dengan meningkatnya laju pendinginan (1,169 °C/s penyisipan tembaga), maka diameter butir rata-rata menurun (72,35µm). Jika dibandingkan dengan pendinginan sedang (0,963 °C/s penyisipan baja ukuran butir 86,72µm) dan rendah (0,673 °C/s penyisipan pasir ukuran butir 89,24µm). Adapun nilai kekerasan yang dihasilkan meningkat yaitu laju pendinginan penyisipan pasir 27,24 HRb, penyisipan baja 47,07 HRb, dan penyisipan tembaga 50,73 HRb.

Kata Kunci : Pengecoran Logam, Cetakan Permanen, Laju Pendinginan, Konduktivitas Termal, Kekerasan, Rockwell, Metalografi, Planimetri.

SUMMARY

Siti Amalina Azahra, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, June 2018, *Effect of Solidification Rate on Hardness and Microstructure of Pulley Aluminium with Permanent Mold Casting*.
Academic Supervisor: Wahyono Suprpto dan Khairul Anam.

Aluminum is a lightweight metal with a strength-to-weight ratio that is to be considered to steel. Aluminum is widely used in manufacturing industry, especially in the automotive field. Aluminum has unsatisfying casting properties and poor mechanical properties, therefore, in its use aluminum is commonly combined with other elements to improve its mechanical properties. In this study using Al-Zn aluminum alloy is one of aluminum alloy commonly used in airframe or automotive component. Al-Zn alloys show good corrosion resistance properties.

In metal casting, the cooling rate is one aspect that affects the quality of cast results. This in behalf of within casting process there is a cooling process that will affect the size, shape, and uniformity of the grain which will affect the mechanical properties of the material directly. The purpose of this research is to know the effect of cooling rate on hardness value and aluminum pulley micro structure.

This research was conducted by experimental method with variation of cooling rate, by inserting material having different thermal conductivity on permanent steel mold on the base. The results of this study get the value of hardness and micro structure is the average diameter grain size calculated by Planimetri method. From the research results obtained by increasing the cooling rate (1,169 °C / s copper insertion), the average grain diameter decreased (72,35µm). When compared with moderate cooling (0.963 °C / s steel inserts grain size 86.72µm) and low (0.673 °C / s sand insertion of grain size 89.24µm). The resulting hardness value increased the cooling rate of sand insertion 27.24 HRb, insertion steel 47.07 HRb, and copper insertion 50.73 HRb.

Keyword : Metal Casting, Permanent Mold Casting, Cooling Rate, Thermal Conductivity, Hardness, Rockwell, Metallography, Planimetric.