

Penelitian Proses *Hard Chrome Plating* Pada *Propeller Turbocharger* Berbahan Kuningan S26000

Yunus Falah Kaban¹⁾, Tri Surawan^{2, *)}, Syahbuddin¹⁾, Farid Thalib³⁾, Widia Nursiyanto¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila

²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Universitas Jayabaya

³⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gunadarma

*) *Corresponding author*: tri.surawan@gmail.com

(Received 14-Oct-19 • Revised 25-Oct-19 • Accepted 29-Nov-2019)

Abstract

Propeller turbocharger with a diameter of 36.47 mm, was made in this study with investment casting techniques. The material used in the formation of propellers uses brass with the C26000 series. Propeller pattern made from PLA (polylactic acid) plastic that is printed using 3D Printing. Molding with the pattern formed is a mixture of gypsum plaster and zircon sand with a composition of 2: 1, then the mixture is added with water in a ratio of 2: 1 and then poured into a molding container containing a propeller pattern. Molding heating is carried out in two stages. The first stage aims to melt the plastic propeller pattern at a temperature of 500oC for two hours. Meanwhile, the second stage aims to harden molding at 900oC for two hours. The C26000 series brass material, which has a melting point of 915oC, is melted using an induction kitchen and poured into the molding. After that, cleaning is done then hard chrome. In this study, brass propeller, which has not been hard chrome, has a hardness value of 85.33 ± 2.36 HRB, and hard chrome has a value of 94.00 ± 2.44 HRB. The results of the micro propeller structure also show that the shrinkage value in the casting process is 5.99%.

Abstrak

Propeller turbocharger berdiameter 36,47 mm dibuat dalam penelitian ini dengan teknik pengecoran investment. Material yang dipakai dalam pembentukkan propeller menggunakan kuningan dengan seri C26000. Pola propeller berbahan plastik PLA (polylactic acid) yang dicetak menggunakan 3D Printing. Molding dengan pola tersebut yang dibentuk merupakan campuran dari plaster gypsum dan pasir zirkon dengan komposisi 2:1, lalu campuran tersebut ditambahkan air dengan perbandingan 2:1 dan kemudian dituang ke dalam wadah molding berisi pola propeller. Pemanasan molding dilaksanakan dengan dua tahap. Tahap pertama bertujuan untuk melebur pola propeller plastik pada temperatur 500°C selama dua jam. Sementara itu, tahap kedua bertujuan untuk memperkeras molding pada temperatur 900°C selama dua jam. Material kuningan seri C26000 yang memiliki titik lebur 915°C, dilebur menggunakan dapur induksi dan dituang ke molding. Setelah itu, dilakukan pembersihan kemudian di-hard chrome. Pada penelitian ini, propeller kuningan yang belum di-hard chrome memiliki nilai kekerasan $85,33 \pm 2,36$ HRB dan yang sudah di-hard chrome bernilai $94,00 \pm 2,44$ HRB. Hasil struktur mikro propeller juga memperlihatkan nilai penyusutan yang ada pada proses pengecoran adalah 5,99%.

Keywords: *brass, hardness test, investment casting, microstructure test, propeller turbocharger*

PENDAHULUAN

Permasalahan *Turbocharger* sangat berguna pada suatu mesin. Sebuah *turbocharger* dapat meningkatkan daya mesin dan menghemat bahan bakar. Hal inilah yang membuat *turbocharger* banyak dipakai oleh banyak mesin. Dengan cara kerja memanfaatkan gas buang dari sistem pembuangan hasil pembakaran yang akan memutar *propeller*, *turbocharger* menyuplai udara bertekanan untuk masuk ke dalam ruang bakar [1][2].

Turbocharger dirancang menjadi sedemikian rupa dengan tujuan yang sesuai dengan kegunaannya. Mulai dari komponennya atau bahkan sampai pemilihan material dari *turbocharger* tersebut[2]. Seperti salah satu contohnya pada *propeller* atau turbin dari *turbocharger* tersebut. *Propeller turbocharger* yang ada pada jaman modern seperti saat ini menggunakan material seperti aluminium, *inconel* dan juga *stainless steel*. Hal itu dikarenakan material tersebut memiliki kemampuan untuk menahan panas yang baik dan juga memiliki sifat material yang dibutuhkan untuk kinerja *turbocharger*. Pada penelitian ini dicoba material kuningan untuk *Propeller turbocharger* hal ini dikarenakan kuningan juga memiliki kemampuan dan sifat yang sesuai dengan apa yang dibutuhkan *propeller turbocharger*. Sebuah *propeller turbocharger* haruslah kuat, ulet, tahan panas dan tahan karat yang dikarenakan ia berputar oleh gaya yang diberikan dari gas sisa pembuangan. Kuningan telah memiliki sifat tersebut. Terlebih lagi kuningan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuningan dengan seri UNS C26000 yang memiliki kandungan seng 30% dan termasuk jenis *cartridge brass*. Komposisi yang menyusunnya, membuatnya memiliki sifat yang cukup ulet dan cukup keras serta memiliki titik lebur 915°C. Maka dari itu, kuningan termasuk logam yang cukup tahan panas. Sifat dari kuningan yang lainnya adalah anti bakteri, namun tidak terlalu anti korosi [4][5]. *Propeller turbocharger* yang dihasilkan dilakukan pengujian berupa uji struktur mikro dan uji kekerasan untuk mengetahui struktur mikro kuningan yang setelah di cor dan tingkat kekerasannya pada permukaan hasil *hard chrome*.

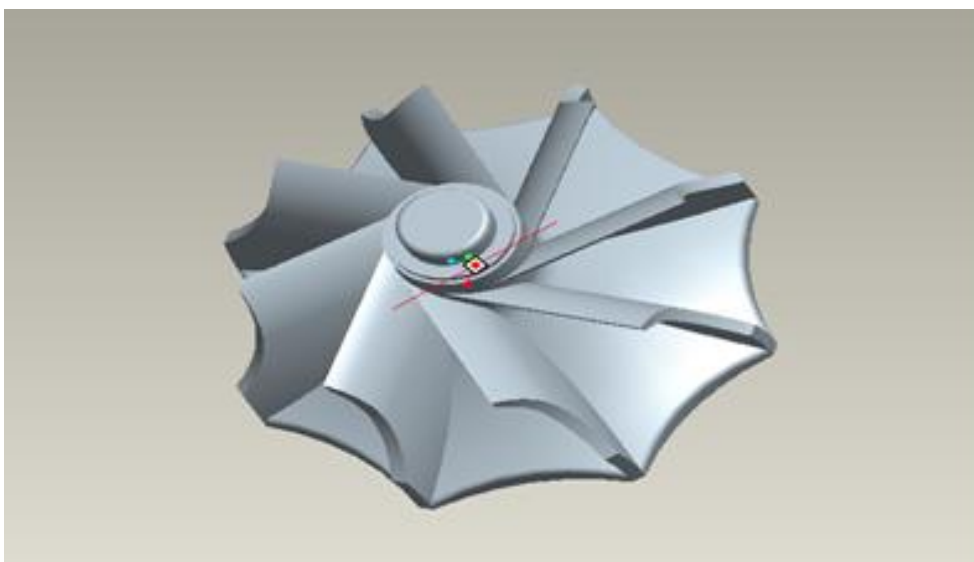
METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Maret 2019 – Juli 2019 di Laboratorium Mesin Universitas Pancasila.

Tahapan Penelitian

Pembuatan *propeller* kuningan dilakukan dengan cara pengecoran yaitu, *investment casting* dengan membuat pola terlebih dahulu [6][7] dengan *3D Printing* yang didisain dalam *software* desain CAD yaitu *Pro Engineer*. Gambar 1 memperlihatkan desain *propeller* yang akan dibuat, lalu *molding* dengan material pasir zirkon dan plaster *gypsum* dibuat dan dilakukan pemanasan untuk melebur pola dan membuat *molding* mengeras. Ketika proses pengecoran telah selesai dilakukan, dilakukan proses *finishing* yaitu *grinding* untuk memperbaiki bentuk *propeller* yang seharusnya dan *hard chrome* untuk membuat *propeller* memiliki tahan panas, tahan karat dan membuat keras permukaannya.[8]

Gambar 1. Desain *Propeller Turbocharger*

Bahan yang digunakan untuk penelitian *turbocharger* adalah paduan kuningan seri C26000 dengan komposisi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia dari Kuningan C26000[5]

| Unsur | Jumlah Kandungan (%berat) |
|-------|---------------------------|
| Cu | 68,5 – 71,5 |
| Pb | 0,07 <i>max.</i> |
| Fe | 0,05 <i>max.</i> |
| Zn | <i>Balance</i> |

Pembuatan *propeller turbocharger* ini dilaksanakan dengan teknik pengecoran investment. Teknik ini menggunakan pola berbahan plastik PLA yang dibuat dengan 3D *Printing*. Pembentukan *molding*, dilakukan dengan cara mencampur pasir zirkon (*zirconium silicate*) dan plaster *gypsum* (*cornice adhesive*) dengan perbandingan 1:2. Ketika pasir zirkon dan plaster *gypsum* telah dicampur, lalu diaduk sampai sekiranya merata. Setelah itu, adonan pasir zirkon dan plaster *gypsum* dicampur dengan air dengan perbandingan 2:1. Kemudian pola diletakkan disebuah wadah dan adonan *molding* yang cair dimasukkan ke wadah tersebut. *Molding* pun ditunggu satu hari agar kandungan air dalam *molding* berkurang.

Proses selanjutnya adalah proses pemanasan *molding*. *Molding* yang telah dibiarkan satu hari kemudian dimasukkan ke dalam *oven*. Terdapat dua tahap pada proses ini. Tahap pertama adalah untuk mencairkan pola yang terbuat dari plastik agar keluar dari *molding* dan tahap kedua adalah membuat *molding* mengeras dan siap untuk digunakan. Proses pertama dilakukan dengan mengatur temperatur pertama pada *oven* pertama adalah 100°C, lalu dibiarkan selama satu jam. Setelah satu jam, diatur kembali temperturnya menjadi 200°C dan kembali dibiarkan satu jam. Setelah satu jam dilakukan pengaturan temperatur kembali menjadi 300°C, lalu kembali dibiarkan selama satu jam. Dan setelah dibiarkan satu jam, pengaturan temperatur kembali dilakukan dengan temperatur 400°C. Di temperatur 400°C, *pattern* yang bermaterial PLA dan sedikit modifikasi dari lilin ini mulai melebur. Sekitar satu jam berlalu, PLA dan lilin akan mengalir ke wadah besi. Lalu dinaikan kembali

temperaturnya menjadi 500°C dan dibiarkan selama satu jam. Satu jam kemudian, lalu dilakukanlah proses penurunan temperatur dengan mengatur temperatur berkurang 100°C setiap 30 menit. Hal ini dikarenakan jika *oven* langsung diatur bertemperatur ruangan, *molding* akan rusak. Karena *molding* bisa mengalami kerusakan jika mengalami perubahan suhu yang sangat drastis. Ketika *oven* sudah mencapai temperatur ruangan, proses pertama pemanasan *molding* selesai dan diamkan *molding* dalam tungku selama satu hari.

Proses kedua dilakukan di keesokan hari dengan mengatur temperatur awal 600°C dan dibiarkan selama dua jam. Setelah dua jam, atur kembali menjadi 700°C dan dibiarkan selama 30 menit. Setelah itu, atur kembali menjadi 800°C dan dibiarkan 30 menit. Atur kembali menjadi 900°C dibiarkan selama 30 menit dan setelah 30 menit aturlah kembali sampai 1000°C dan biarkan 30 menit. Setelah 30 menit, lakukan penurunan temperatur sebanyak 200°C setiap 30 menit sampai mencapai temperatur ruangan dan *molding* pun siap digunakan. Proses pengecoran dilakukan dengan menggunakan dapur induksi.

Ada dua pengujian dalam penelitian ini. Pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro. Pengujian kekerasan ditujukan untuk mengetahui nilai kekerasan yang ada pada *propeller turbocharger* bermaterial kuningan dan *propeller turbocharger* bermaterial kuningan yang telah di-*hard chrome*. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah benar proses *hard chrome* dapat meningkatkan kekuatan suatu material. Sementara itu pengujian struktur mikro dilakukan untuk melihat bagaimana struktur mikro dari kuningan dan lapisan dari *hard chrome*.

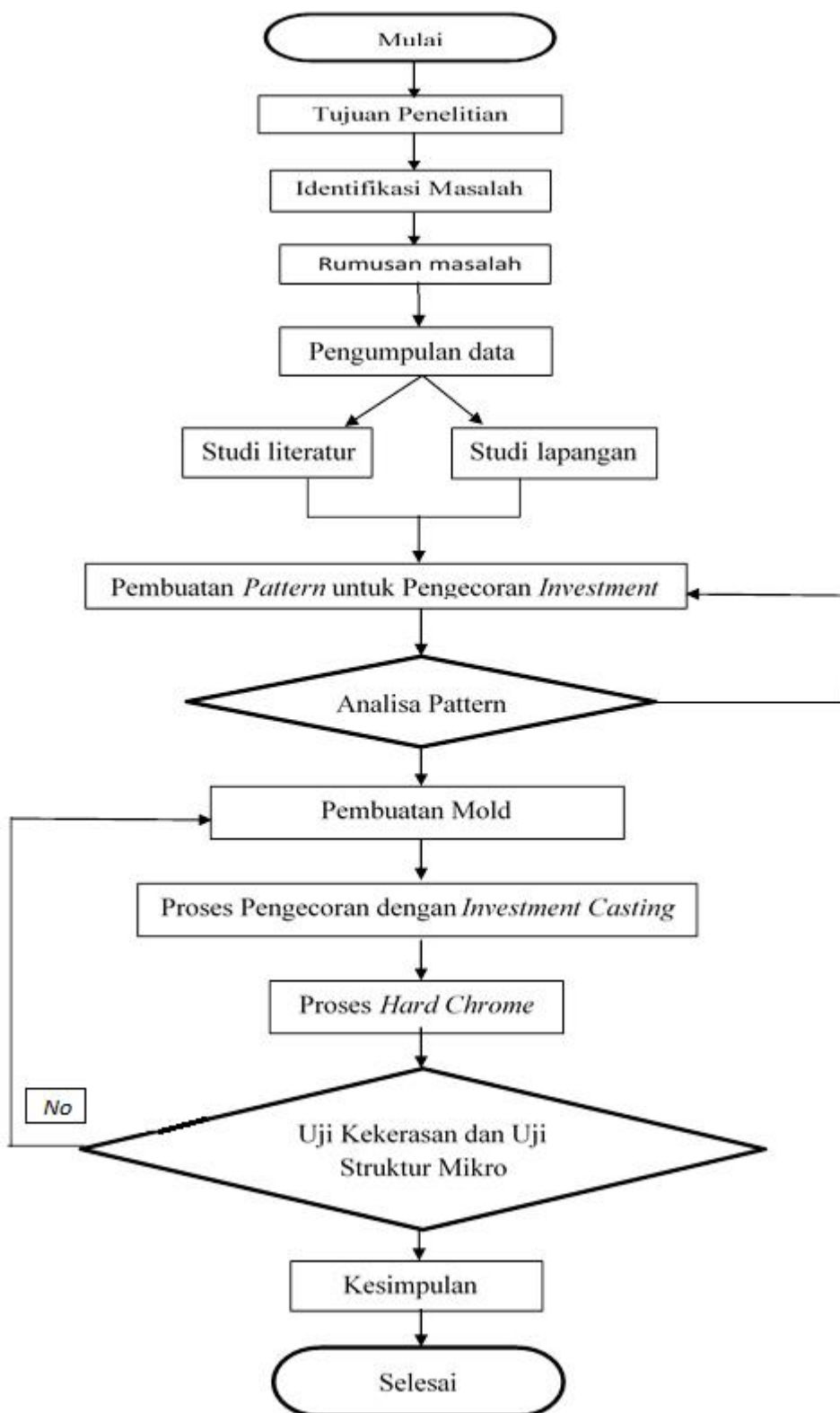
Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Rockwell* menggunakan mesin *hardness test* HR 150-A, memakai skala B sesuai untuk paduan tembaga yang mempunyai syarat pengujian berupa beban harus 100 kgf dan indenter yang digunakan pun harus berupa 1/16 *diamond ball*. Pengujian dilakukan tiga kali pada dua spesimen yaitu *propeller* kuningan dan *propeller* kuningan yang telah di-*hard chrome*.

Pengujian struktur mikro dilakukan dua kali. Pertama dilakukan pada bagian tengah *propeller* dengan pembesaran 100x. Kedua dilakukan pada bagian ujung *blade propeller* yang lebih tepatnya di daerah perbatasan kuningan dengan lapisan *hard chrome* dengan pembesaran 50x dan 100x.

Pada analisa nilai penyusutan dalam pengecoran kuningan ini, dilakukan perhitungan dengan metode perhitungan volumetrik antara *propeller* pola dan *propeller* hasil pengecoran untuk mendapatkan persentase nilai penyusutan dari pengecoran *propeller* kuningan.[9] Namun, proses bagian yang dianalisa persentase penyusutannya hanyalah bagian atas *propeller*-nya saja. Hal ini dikarenakan terdapat proses *grinding* pada *propeller* yang menyebabkan hilangnya bagian hasil pengecoran. Maka dari itu, perhitungan *propeller* tidak bisa dilakukan secara keseluruhan.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2



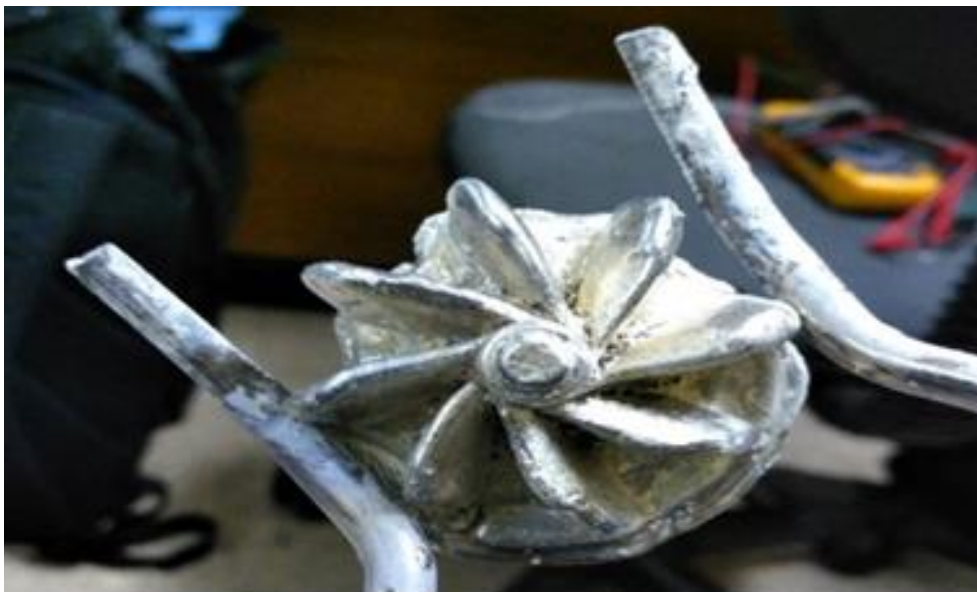
Gambar 2. Diagram Alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengecoran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Persegi panjang bergaris merah menunjukkan bagian yang dianalisa



Gambar 4. Hasil Pengecoran

Pengecoran ini sesuai dengan bentuk *molding* karena ada penambahan lilin dengan ukuran penambahan 2 mm pada setiap *blade* pola *propeller* agar kuningin dapat masuk ke *blade propeller* pada saat pengecoran berlangsung. Penambahan lilin pada pola *propeller* dilakukan dengan alasan kuningin tidak bisa masuk pada ke rongga *molding* yang berukuran 1 mm. Cairan kuningin dapat masuk ke rongga *molding* dengan ukuran minimal rongga adalah 3

mm, maka dari itu ditambahkan lilin pada pola agar kuningan dapat masuk ke rongga *molding*. Gambar 4 memperlihatkan hasil dari pengecoran.

Proses pembersihan pun dilakukan dan juga dilakukan proses *grinding* pada tiap-tiap *blade* dan bagian bawah *propeller*. Setelah menjalani *grinding*, *propeller* kuningan akan menjalani proses *hard chrome* dengan tujuan dapat membuat keras permukaannya, dapat meningkatkan ketahanan korosinya dan meningkatkan ketahanan panasnya.[8] Gambar 5 menunjukkan *propeller* hasil proses *hard chrome*.



Gambar 5. *Propeller* Kuningan yang telah di *hard chrome*

Tahap proses pengujian pun dilakukan. Dua pengujian yaitu uji kekerasan dan uji struktur mikro dilakukan untuk mengetahui kekerasan yang dimiliki *propeller* kuningan. Proses pengujian mendapatkan hasil rata-rata $85,33 \pm 2,36$ untuk *propeller* kuningan dan $94,00 \pm 2,44$ untuk *propeller* kuningan yang telah di *hard chrome*. Hal ini membuktikan jikalau proses *hard chrome* membuat nilai kekerasan *propeller* dapat bertambah. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 dalam Proses Pengujian. Pengujian ini ditujukan untuk membandingkan kekerasan *propeller* kuningan C26000 dengan *stainless steel* 316. Hasil pengujian kekerasan *stainless steel* 316 yang dilakukan dalam [10], dilakukan dengan menggunakan tiga specimen berbeda dengan masing-masing pengujian tiga kali. Hasil dari pengujian kekerasan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan *Stainless Steel* 316[10]

| Benda Spesimen | Nilai Pengujian (HRB) | | | Rata-rata |
|----------------|-----------------------|-------|--------|-----------|
| | Pertama | Kedua | Ketiga | |
| 1 | 84 | 84 | 79 | 82,33 |
| 2 | 81 | 82 | 83 | 82 |
| 3 | 82 | 83 | 79 | 81 |

Sementara itu, proses pengujian struktur mikro dilakukan untuk melihat struktur mikro dari kuningan dan melihat struktur mikro dari lapisan *hard chrome* yang membuat nilai kekerasan *propeller* kuningan bertambah. Analisa penyusutan juga dilakukan untuk

mendapatkan persentase dari proses pengecoran dalam penelitian ini. Analisa ini menggunakan metode volumetrik dari pola dan benda hasil pengecoran[9]. Untuk menghitung persentase penyusutan (S) dengan rumus di atas, maka diperlukan juga data-data dimensi dari pola dan *propeller* hasil pengecoran. Tabel 3 berisikan dimensi pada bagian yang akan dianalisa.

Tabel 3. Perbandingan antara dimensi dan volume pola dan *propeller* kuningan hasil cor

| Dimensi | Benda | |
|----------|-------------------------|-------------------------|
| | Pola | Propeller Kuningan |
| Tinggi | 2 mm | 1,98 mm |
| Diameter | 6,26 mm | 6,10 mm |
| Volume | 61,5805 mm ³ | 57,8881 mm ³ |

Berdasarkan Tabel 3, didapatkan volume pola yaitu 61,5805 mm³ dan volume propeller hasil pengecoran adalah 57,8881 mm³. Maka dari itu, dilakukanlah proses perhitungan penyusutan kuningan. Di dapatlah hasil penyusutan dari proses pengecoran *investment* pada penelitian ini adalah 5,99%.

Proses Pengujian

Terdapat dua proses pengujian yang dilakukan. Pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro. Pengujian kekerasan ditujukan untuk mengetahui nilai kekerasan yang ada pada *propeller turbocharger* bermaterial kuningan dan *propeller turbocharger* bermaterial kuningan yang telah di-*hard chrome*. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah benar proses *hard chrome* dapat meningkatkan kekuatan suatu material. Sementara itu pengujian struktur mikro dilakukan untuk melihat bagaimana struktur mikro dari kuningan dan lapisan dari *hard chrome*.

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Rockwell* menggunakan mesin *hardness test* HR 150-A, memakai skala B sesuai untuk paduan tembaga yang mempunyai syarat pengujian berupa beban harus 100 kgf dan indenter yang digunakan pun harus berupa 1/16 *diamond ball*. [10] Pengujian dilakukan tiga kali pada dua spesimen yaitu *propeller* kuningan dan *propeller* kuningan yang telah di-*hard chrome*. Tabel 4. Memperlihatkan hasil pengujian kekerasan dari penelitian ini.

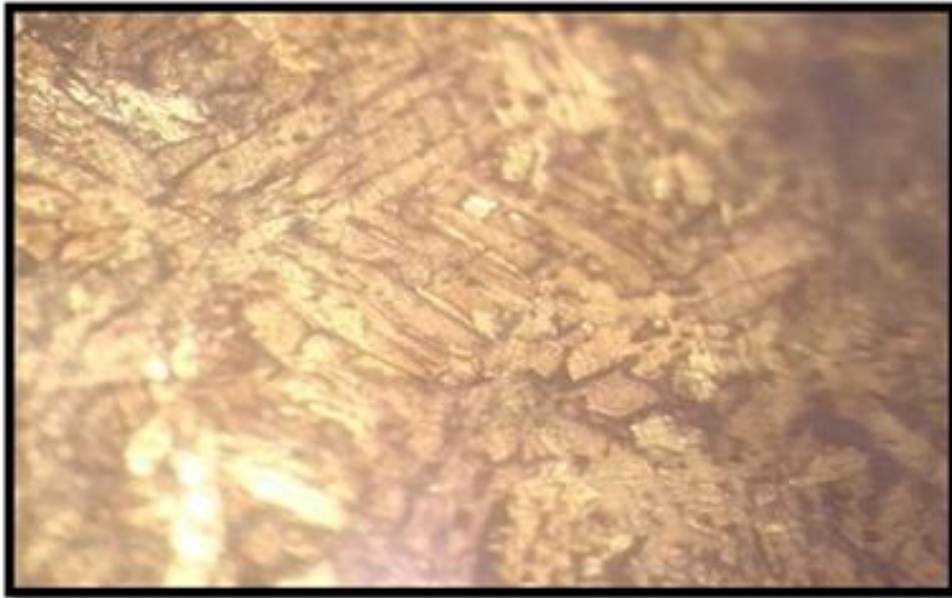
Tabel 4. Hasil pengujian kekerasan pada *propeller* kuningan dan *propeller* kuningan *hard chrome*

| Benda Uji | Nilai Pengujian (HRB) | | | Rata-rata |
|--|-----------------------|-------|--------|--------------|
| | Pertama | Kedua | Ketiga | |
| <i>Propeller</i> Kuningan | 87 | 87 | 82 | 85,33 ± 2,36 |
| <i>Propeller</i> Kuningan <i>Hard Chrome</i> | 97 | 94 | 91 | 94,00 ± 2,44 |

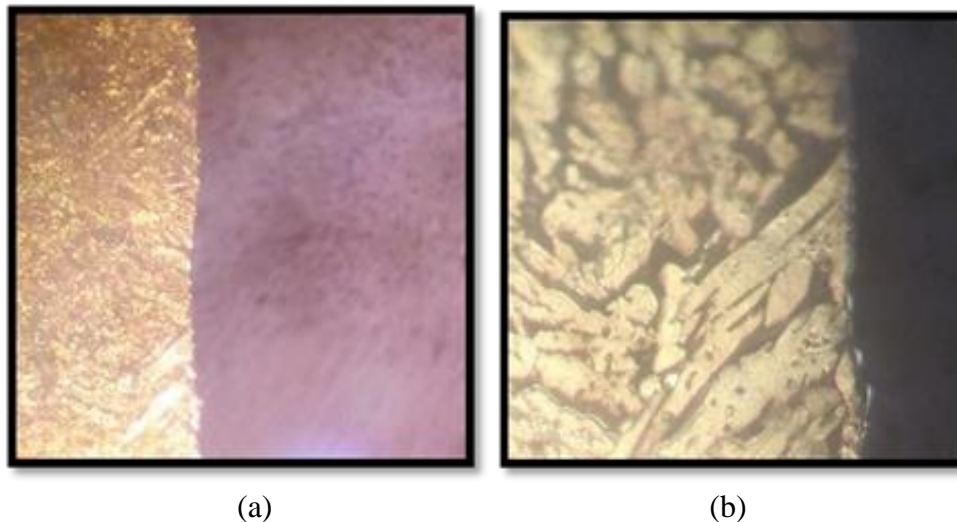
Dilihat dari hasil pengujian kekerasan, terbukti bahwa proses *hard chrome* pada *propeller* dapat meningkatkan nilai kekerasan dari suatu material.

Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan dua kali. Pertama dilakukan pada bagian tengah *propeller* dengan pembesaran 100x. Kedua dilakukan pada bagian ujung *blade propeller* yang lebih tepatnya di daerah perbatasan kuningan dengan lapisan *hard chrome* dengan pembesaran 50x dan 100x.



Gambar 8. Hasil Uji Struktur Mikro Pada *Propeller* Kuningan (Pembesaran 100x)



Gambar 9. Hasil Uji Struktur Mikro Pada Ujung *Blade Propeller* Kuningan yang telah di *Hard Chrome* (gambar (a) pembesaran 50x; gambar (b) pembesaran 100x)

KESIMPULAN

Dari penelitian yang membuat *propeller turbocharger* bermaterial kuningan berseri UNS C26000 dengan teknologi *investment casting* ini, dapat disimpulkan beberapa inti yang diantaranya yaitu:

- a. *Propeller turbocharger* dapat dibuat dengan menggunakan teknologi *investment casting*. Hal ini dilakukan dengan cara mencetak pola terlebih dahulu dengan 3D *Printing* dengan material PLA. Lalu membuat *molding* bermaterial plaster *gypsum* dan pasir zirkon. *Molding* dipanaskan untuk melebur pola PLA dan membuatnya mengeras. Proses pengecoran dilakukan dengan dapur induksi.
- b. Persentase penyusutan kuningan pada penelitian ini memiliki nilai 5,99%.
- c. Material kuningan seri UNS C26000 memiliki karakteristik yang sesuai dengan karakteristik *propeller turbocharger* yaitu tahan panas karena memiliki titik lebur 915°C, ulet karena memiliki kandungan seng 30%, memiliki nilai kekerasan yang tinggi. Kekurangan kuningan jenis ini adalah tidak terlalu tahan korosi. Maka dari itu proses pembuatan ini melibatkan proses *hard chrome*.
- d. Pengujian kekerasan *propeller* kuningan seri UNS C26000 memiliki hasil yang lebih baik dibanding material *stainless steel* 316 yang biasanya digunakan untuk *propeller turbocharger*.
- e. Proses *hard chrome* pada *propeller* membuat tingkat kekerasan pada *propeller* bermaterial kuningan pada penelitian ini meningkat. Hal ini membuat *propeller* kuningan yang telah di *hard chrome* memiliki tingkat kekerasan yang baik dibanding kekerasan yang dimiliki *propeller* kuningan biasa dan tentunya lebih baik juga dibanding *stainless steel* 316.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Kristanto And R. Hartadi, "Analisa Turbocharger Pada Motor Bensin Daihatsu Tipe Cb-23," Vol. 3, No. 1, Pp. 12–18, 2001.
- [2] M. Muqeem, M. Ahmad, And A. F. Sherwani, "Turbocharging Of Diesel Engine For Improving Performance And Exhaust Emissions : A Review," *Iosr J. Mech. Civ. Eng.*, Vol. 12, No. 4, Pp. 22–29, 2015.
- [3] S. K. Bohidar, P. K. Sen, And R. Bharadwaj, "Study Of Turbo Charging," *Int. J. Adv. Technol. Eng. Sci.*, Vol. 3, No. 1, Pp. 498–505, 2015.
- [4] C. D. Association, *The Copper Advantage A Guide To Working With Copper And Copper Alloys*. New York: Copper Development Association, 2013.
- [5] Taufikurrahman And Safei, "Analisa Sifat Mekanik Bahan Paduan Tembaga-Seng Sebagai Alternatif Pengganti Bantalan Gelinding Pada Lori Pengangkut Buah Sawit," *J. Tek. Mesin Univesitas Kristen Petra*, Pp. 77–84.
- [6] A. Setiyono, "Studi Eksperimen Pada Investment Casting Dengan Komposisi Ceramic Shell Yang Berbeda Dalam Pembuatan Produk Toroidal Piston," *J. Tek. Its*, Vol. 1, No. 1, 2012.
- [7] H. Sudjana, *Teknik Pengecoran Jilid 3*. Jakarta: Departemen Pendidikan Indonesia, 2008.
- [8] A. F. Alphanoda, "Pengaruh Jarak Anoda-Katoda Dan Durasi Pelapisan Terhadap Laju Korosi Pada Hasil Electroplating Hard Chrome," *J. Teknol. Rekayasa*, Vol. 1, 2016.
- [9] R. Riyantonugroho, "Pengaruh Variasi Media Cetakan Pasir Kali, Cetakan Pasir Co2 Dan Cetakan Logam Terhadap Hasil Produk Flange Coran Kuningan (Cu-Zn),"

- Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [10] M. A. Pratama, “Studi Eksperimen Ketahanan Korosi, Keausan, dan Kekerasan pada Material Baja Paduan SS 316 Sebagai Bahan Sterntube Seal Liners pada Kapal,” *KAPAL - J. Ilmu Pengetah. Teknol. Kelaut.*, vol. 16, no. 1, pp. 16–22, 2019.