

Produksi Cetakan Aluminium Selang Radiator ϕ 6x50 cm, Tebal 0,6 cm, Kapasitas 0,2 Pasang/Jam

Muhammad Yazid Bustomy¹, Syamsul Hadi^{2*}, Nico Indra Wirawan³, Marshal Razzan Al Khalfi⁴, Zacky Cahya Novandika⁵

^{1,3,4,5}Diploma III Study Program, Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, State Polytechnic of Malang, Malang 65141, Indonesia

²Applied Doctoral Program, Mechanical Design Optimization, Department of Mechanical Engineering, State Polytechnic of Malang, Malang 65141, Indonesia

ABSTRAK – Masalah yang dihadapi berupa selang standar umum dari bahan karet maupun plastik sulit ditempat-pasangkan di area mesin sebagai selang radiator yang harus tahan panas dan panasnya fluida air pendingin mesin yang dialirkannya menuntut persyaratan yang lebih tepat bentuk dan dimensinya. Tujuan produksi untuk memperoleh cetakan aluminium selang radiator ϕ 6x50 cm, tebal 0,6 cm yang tahan panas dari air pendingin mesin sesuai dengan volume silinder mesin yang dipesan. Metode produksi meliputi: desain cetakan sesuai dengan dimensi dan lekukan selang radiator standar mobil 1800 cm³; pemilihan termasuk pembelian bahan cetakan aluminium jenis ADC12; pembuatan cetakan dengan pemesinan; pembuatan inti cetakan dengan pemesinan; *finishing* dengan penggerindaan bagian yang tajam dan mengganggu; pemeriksaan mutu cetakan-inti-dimensi. Hasil produksi berupa sepasang cetakan-intinya dari bahan aluminium untuk selang radiator ϕ 6x50 cm setebal 0,6 cm sesuai pesanan dengan total biaya produksi Rp 425.000,-/pasang cetakan, dan durasi produksi 300 menit/pasang yang berkonsekwensi bahwa selang radiator dapat diproduksi sesuai standar mesin mobil yang dipesan dan harganya relatif lebih murah.

HISTORI ARTIKEL

Diterima: 25 Juni 2026

Direvisi: 1 Juli 2026

Disetujui: 2 Juli 2026

Diterbitkan: 30 September 2026

KATA KUNCI

ADC12

Cetakan selang radiator

Inti cetakan

Mobil 1800 cm³

Selang karet-plastik radiator

1.0 PENDAHULUAN

Sistem pendingin pada kendaraan memiliki peran penting dalam menjaga temperatur kerja mesin agar tetap optimal. Satu komponen utama dalam sistem tersebut adalah selang radiator yang berfungsi sebagai penghubung antara mesin dan radiator untuk mengalirkan fluida pendingin [1], [2]. Selang radiator berfungsi sangat penting dalam menjamin aliran fluida pendingin. Selang radiator harus mampu menahan temperatur tinggi, tekanan fluida, dan memiliki fleksibilitas yang baik agar tidak terjadi kebocoran atau kerusakan. Oleh karenanya, diperlukan manufaktur yang tepat, termasuk penggunaan cetakan yang presisi [3]. Produksi dengan cetakan presisi dapat menghasilkan selang radiator yang mampu menahan temperatur tinggi, tekanan fluida, dan fleksibel agar tidak terjadi kebocoran/kerusakan.

Sistem pendingin pada kendaraan bermotor berfungsi menjaga temperatur mesin agar tetap stabil selama operasi. Satu komponen penting dalam sistem adalah selang radiator yang berperan sebagai saluran fluida pendingin. Mutu selang radiator sangat dipengaruhi oleh pembuatannya, khususnya pada tahap pencetakan. Bahan cetakan menjadi faktor utama dalam menentukan mutu produk. Aluminium dipakai karena tahan korosi, konduktivitas panasnya baik dan massa jenisnya ringan. Selain hal tersebut, efisiensi produksi juga menjadi pertimbangan penting dalam desain cetakan. Oleh karenanya, pembuatan bertujuan memperoleh sepasang cetakan selang radiator dengan spesifikasi tertentu dan kapasitas produksi yang terukur [4], [5]. Bahan sepasang cetakan selang radiator dipilih dari Aluminium, karena ringan massa jenisnya, 2,7 g/cm³, tahan korosi, dan konduktivitas panasnya baik, juga efisien produksinya.

Tujuan produksi untuk memperoleh sepasang cetakan dan intinya dari bahan aluminium jenis ADC12 untuk produk selang radiator berukuran ϕ 6, panjang 50 cm, tebal 0,6 cm, dengan kapasitas 0,2 pasang/jam. Suku cadang mobil berbahan aluminium sering bermasalah dengan udara yang terjebak dalam hasil corannya, celah kecil berjumlah lubang pendinginan sedikit menimbulkan goresan sebelah atas dan sebelah bawah pada temperatur terendah 670°C hingga tertinggi 750°C mencapai 0,3 mm, goresan tiada walaupun lubang pendinginan jumlahnya beberapa atau banyak dari temperatur rendah hingga tinggi [6]. Lebar celah yang cukup besar dapat meniadakan goresan dalam pengcoran aluminium.

Cetakan sebagai perkakas cetak injeksi pembuat produk plastik, jika cetakan rusak dapat membuat cacat pada produk di perusahaan manufaktur dalam bentuk cacat bahan lebihan (*flash*) hingga 92% dan guratan warna 8% pada pelat sub sisipan 45,45%, pelat sisipan 27,27%, pelat pelumcur 18,18%, dan pena pendepak 9,09%, sehingga produk rusak,

* CORRESPONDING AUTHOR | Syamsul Hadi | ✉ syampol2003@yahoo.com atau syamsul.hadi@polinema.ac.id

© The Penuliss 2026. Published by Universitas Negeri Surabaya. This is an open access article under the CC BY license.

akibat cetakan yang rusak dalam bentuk bahan lebihan pada pelat sub sisipan [7]. Kerusakan cetakan berdampak langsung terhadap produk plastik berupa *flash*.

Pencetakan injeksi termoplastik untuk spesimen-spesimen uji: tarik-ASTM 3039, pukul-ASTM D6110-04, dan lentur-ASTM D 695 yang dilelehkan dan lalu diinjeksikan bertekanan tinggi dan pendinginan di dalam cetakan hingga bahan termoplastik mengeras di dalamnya. Tekanan kerja cetak manual 34,83 MPa dan kapasitas olume pemanas 273 cm³, komposit dengan matriks polipropilen pukul tinggi (*Polypropylene High Impact/PPHI*) dengan fraksi volume serat rami dan daun nanas 10% dengan parameter waktu pengisian, tekanan akhir pengisian, dan temperatur pada akhir pengisian diperoleh bahwa tekanan dan temperatur untuk serat daun nanas lebih tinggi daripada serat rami [8]. Cetak injeksi sampel uji-uji: tarik, pukul, dan lentur komposit matriks PPHI dengan fraksi volume serat rami dan daun nanas 10% menunjukkan tekanan dan temperatur serat daun nanas lebih tinggi daripada serat rami.

Desain cetakan 3 pelat dengan CATIA V5R21 untuk produk bermutu dengan analisis saluran cabang, saluran utama, dan pendinginan optimal, penghitungan gaya penjepitan, sistem pendepak, pelat pendukung dan baut penghenti secara selamat untuk sampel modifikasi *glove box*. Analisis saluran cabang optimal pada 2,19 s. Gaya penjepitan dicapai 60,37 Ton, sehingga pencetak selamat beroperasi pada 20%-nya. Kekuatan baut penghenti selamat dipakai berdiameter 8,2 mm dengan ulir M 12. Kekuatan tarik pelat pendukung 731,74 MPa < kekuatan tarik bahan 800 MPa, sehingga dinyatakan selamat. Gaya pendepak 11674 N < gaya tekuk 31925 N dan gaya tekan rongga cetak 2011 N < gaya tekuk 31925 N, sehingga pena pendepak ϕ 8 mm dinyatakan selamat [9]. Desain cetakan 3 pelat dengan CATIA V5R21 mampu menganalisis kekuatan tarik komponen dan gaya *cavity* dan gaya *buckling*.

Cetak tiup (*injection blow molding*) produk botol berkapasitas 30 ml, desainnya harus dibuat secara presisi terkait desain mesin dan cetakan, pemilihan bahan plastik dan bahan cetakan, dan manufakturnya. Tujuan penelitian untuk mengukur efek temperatur dan tekanan pada tebal botol dan penyusutan cetakan produk botol. Hasil pengujian bertekanan 4 Bar dan 160 °C diperoleh tebal botol rerata 1,03 mm, dan dengan tekanan 4 Bar dan 180 °C, diperoleh tebal botol rerata 1 mm, sedangkan tebal botol standar kurang dari 1 mm, jadi operasi tekanan 4 Bar memenuhi standar cetak tiup dengan penyusutan 0,681% [10]. Dalam cetak tiup tekanan 4 Bar dan temperatur menentukan akurasi ketebalan produk dan penyusutannya.

Komposisi cetakan injeksi dari paduan AA7075: 5,5% Zn, 2,5-1,5% Mn, 1,5% Cu, 0,3% Cr, dan 0,2% Mn berdimensi 140x105 mm; bagian rongga cetak atau sisi *female* memiliki ketebalan 31 mm, dan bagian inti/*core* atau sisi *male* memiliki ketebalan 41 mm dikerjakan dengan pengefraisan dengan tahapan penyetulan, pembentukan radius, permukaan lurus, pengeboran, dan penyelesaian bentuk heksagonal. Injeksi dengan pemanas tabung yang diisi dengan plastik PP untuk dilelehkan pada 250°C, lalu ditekan melalui nozzle masuk ke dalam cetakan dan didinginkan hingga mengeras dan membentuk produk kotak sabun [11]. Cetak injeksi produk kotak sabun membutuhkan bahan cetakan dari AA7075 dan temperatur pelelehan plastik PP pada 250°C.

Ketahanan terhadap tekanan pada radiator berbahan paduan die-cast AlSi₁₁Cu₂(Fe) telah diteliti pada berbagai temperatur penahanan dengan tiga mode kegagalan teramati selama uji tekanan pecah (*burst testing*) pada rentang temperatur 40-100 °C, yaitu kebocoran oli pada antarmuka antara elemen radiator dan sumbat (*plug*), pecahnya elemen, dan terlepasnya sumbat dari bukaan bawah, karena retaknya elemen radiator, dan terlepasnya sumbat hanya terjadi pada temperatur yang lebih tinggi, dan kegagalan akibat kebocoran sangat jarang terjadi [12]. Dalam rentang paparan temperatur memengaruhi tekanan pecah radiator.

Paduan Aluminium Seng (Al-Zn) berubah fasa selama pengecoran, karena pembekuan yang dipengaruhi media pendingin yang diamati terhadap kekerasan hasil coran dengan air pada 15°C, pada 27°C dan pada 55°C, diperoleh nilai kekerasan spesimen kibat dari air pada 15°C yang lebih baik daripada dengan air pada 27°C dan 55°C dan komposisinya 17 unsur dengan yang dominan untuk Si, Fe, Cu, dan Zn [13]. Kekerasan hasil pendinginan paduan Aluminium Seng diperoleh bahwa temperatur pendinginan air pada 15°C adalah lebih baik dibandingkan dengan 27°C maupun 55°C.

Wadah sampel di bidang medis untuk menyimpan sampel cair dengan sistem *runner* yang tidak efisien pada cetak injeksi penyebab distribusi bahan yang tidak merata, sehingga menimbulkan cacat produk dan pemborosan bahan, dilakukan simulasi cetak injeksi dengan 12 rongga/*cavity*, pengoptimalan sistem *runner* dengan cetakan tipe *three-plate* yang didesain dengan *Autodesk Inventor Professional*, dan simulasi dengan *Moldflow Plastic Insight* penentu tata letak *runner* optimal, diperoleh tata letak *runner* 1 lebih unggul, dengan peningkatan kinerja waktu pengisian 0,8028 detik, tekanan saat peralihan/ *switchover* 85,93, indeks sink (0,44%), penyusutan volumetrik (10,50%), dan waktu siklus (50 detik), kemudian tata letak 1 dipilih untuk desain cetakan *three-plate* tersebut [14]. Desain memakai *Autodesk Inventor Professional*, dan simulasi memakai *Moldflow Plastic Insight* diperoleh tata letak *runner* 1 lebih unggul daripada 11 *runner* lainnya.

Cetakan berkapasitas 4 batoko sekali cetak memakai pres manual diperoleh dari hasil pendekatan Antropometri tubuh untuk uji pada tingkat keyakinan 5%, panjang yang sesuai adalah 129 cm, pada tingkat keyakinan 50%, panjang yang sesuai adalah 133 cm dan pada tingkat keyakinan 95%, panjang yang sesuai adalah 137 cm yang diacu dalam desain

produk cocok dengan tubuh pekerja [15]. Keserasian antara dimensi produk dan dimensi pekerja diperoleh tingkat keyakinan terkait dimensinya.

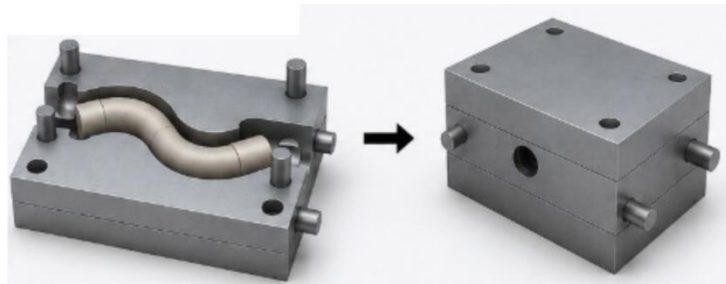
Pembuatan komposit metode *Vacuum Infusion* dengan Penekan *Elastomer Bag* menghasilkan cetakan tidak berubah bentuk pada saat pembuatan produk dengan serat kaca sejumlah 12 kali, dan pembuatan dengan serat karbon sejumlah 3 kali, dan adanya pengunci lateks pada cetakan, cetakannya tidak bocor saat divakum [16]. Cetakan tak berubah bentuk dengan *Vacuum Infusion* dan Penekan *Elastomer Bag*, serta pengunci lateks pada cetakan dapat mencegah kebocoran saat divakum.

2.0 METODE

Metode produksi meliputi desain cetakan sesuai dengan dimensi dan lekukan selang radiator standar mobil 1800 cm³, pemilihan termasuk pembelian bahan cetakan aluminium jenis *Aluminium Die Casting* (ADC12), pembuatan cetakan dengan pemesinan CNC, pembuatan inti cetakan dengan pemesinan, *finishing* dengan penggerindaan bagian yang tajam dan mengganggu, dan pemeriksaan mutu cetakan, mutu inti sesuai dengan dimensi desain.

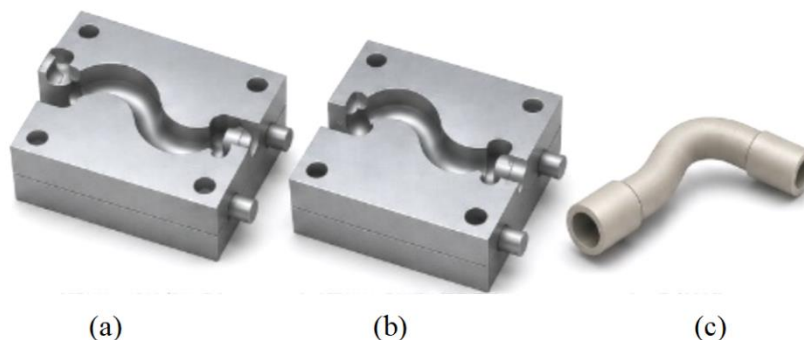
Keunggulan ADC12 diantaranya memiliki kadar Silikon (Si) yang tinggi antara sekitar 9,6 dan 12,0 % yang memberikan fluiditas yang baik, sehingga bahan mudah dicetak menjadi bentuk yang rumit dan berinding tipis; stabilitas dimensi yang presisi daripada jenis aluminium lainnya, komponen tidak mudah berubah bentuk atau menyusut setelah pendinginan; daya tahan yang sangat baik terhadap korosi/pengkaratan; jika ditambah Tembaga (Cu) dapat meningkatkan kekerasan dan kekakuan yang lebih baik daripada aluminium biasa tanpa Si.

Gambar cetakan dan inti untuk produksi selang radiator sebagaimana Gambar 1.



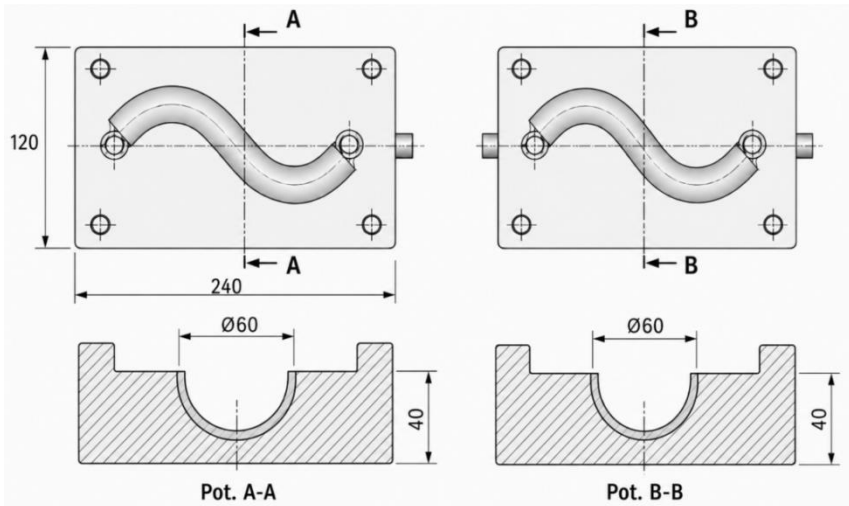
Gambar 1. Cetakan dan Inti untuk Produksi Selang Radiator

Cetakan atas, cetakan bawah, dan inti untuk pembuatan lubang selang radiator sebagaimana Gambar 2. Untuk menghasilkan lubang dari produk yang dicetak, haruslah diberikan inti untuk menghasilkan produk berongga (tidak pejal yang utuh bentuknya), karena produk selang berupa selubung yang di tengahnya harus berlubang sebagai jalannya sirkulasi aliran fluida air dari radiator ke mesin dan dari mesin kembali ke radiator. Penempatan inti dalam cetakan harus bisa dipertahankan tidak bergeser atau bergerak saat diisikan atau dicetak injeksi dari bahan campuran antara karet-plastik sesuai komposisi yang ditentukan. Produk bentuk yang lengkung dengan adanya inti tetap dapat dilepas intinya, karena produk berupa selang radiator yang bersifat fleksibel dan relatif elastis untuk pelepasan dengan penarikan intinya yang lengkung terhadap produk selang radiator berbahan karet-plastik.



Gambar 2. Cetakan Atas (a), Cetakan Bawah (b) dan Inti (c) untuk Pembuatan Lubang Selang Radiator

Cetakan atas dan cetakan bawah selang radiator dan penampangannya sebagaimana Gambar 3.



Gambar 3. Cetakan Atas dan Cetakan Bawah Selang Radiator dan Penampangnya

Penampang Selang Radiator sebagaimana Gambar 4.

NO	PARAMETER	UKURAN
1	Diameter dalam selang (jadi)	Ø48 mm (diukur pada diameter dalam)
2	Diameter luar selang (jadi)	Ø60 mm (diukur pada diameter luar)
3	Tebal dinding selang	6 mm (dari diameter dalam ke diameter luar)
4	Diameter inti (core)	Ø48 mm (diukur pada diameter dalam)
5	Panjang selang	500 mm
6	Bahan cetakan (mold)	Aluminium
7	Bahan inti (core)	Aluminium / Baja



CATATAN:

Tebal dinding selang = 6 mm (dari diameter dalam ke diameter luar)
(Ø dalam 48 mm, Ø luar 60 mm)

Gambar 4. Penampang Selang Radiator

Produk Selang Radiator Diameter 60 mm, Panjang 500 mm, Tebal 6 mm sebagaimana Gambar 5.



Gambar 5. Produk Selang Radiator Diameter 60 mm, Panjang 500 mm, Tebal 6 mm

Aluminium merupakan bahan yang banyak digunakan dalam industri manufaktur karena memiliki konduktivitas panas yang tinggi dan kemudahan dalam pembentukan. Selang harus mampu menahan temperatur tinggi dan tekanan hingga dan memiliki struktur berlapis untuk meningkatkan kekuatan. Aluminium banyak digunakan sebagai bahan

cetakan karena memiliki sifat ringan, tahan korosi, dan konduktivitas panas yang tinggi. Selain hal tersebut, aluminium mudah dikerjakan dengan pemesinan, sehingga cocok digunakan dalam pembuatan cetakan presisi. Cetakan merupakan alat untuk membentuk produk sesuai geometri yang diinginkan yang umumnya terdiri dari dua bagian utama yaitu *core* dan *cavity*. Ketelitian desain cetakan sangat berpengaruh terhadap mutu produk yang dihasilkan [17]. Bahan Aluminium mudah dikerjakan dengan pemesinan, sehingga cocok dipakai untuk cetakan presisi dalam produksi selang radiator. Perpindahan panas berperan dalam mempercepat pendinginan produk. Aluminium memiliki kemampuan konduksi panas yang baik, sehingga cocok digunakan sebagai bahan cetakan.

Sifat fisik dan mekanik aluminium sebagaimana Tabel 1 [18].

Tabel 1. Sifat Fisik dan Mekanik Aluminium [18]

No.	Sifat bahan	Nilai	Satuan
1	Massa jenis	2700	kg/m ³
2	Konduktivitas panas	205	W/m.K
3	Temperatur cair	660	°C
4	Kekuatan tarik	90-300	MPa
5	Modul elastisitas	69	GPa

Pembuatan cetakan dapat dilakukan melalui pengecoran maupun pemesinan. Faktor penting yang harus diperhatikan meliputi desain saluran, distribusi panas, dan kemudahan pelepasan produk [19], [20]. Dalam cetakan selang radiator, produk harus mudah dimasukkan dari bahan baku lelehan plastik-karet, pelepasan panasnya mudal terdistribusi ke luar dan produknya mudah dilepas dari dalam cetakan dan pelepasan intinya, karena campuran antar plastik dan karet memiliki sifat elastis, meskipun produk berbentuk lengkungan dapat dikeluarkan dengan mudah. Perpindahan panas berperan dalam mempercepat pendinginan produk. Aluminium memiliki kemampuan konduksi panas yang baik, sehingga cocok digunakan sebagai bahan cetakan.

Spesifikasi cetakan dan inti selang radiator sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Cetakan dan Inti Selang Radiator

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1	Diameter luar	60	mm
2	Tebal celah antara cetakan dan inti	6	mm
3	Panjang selang	50	cm
4	bahan	Aluminium	-
5	Kapasitas produksi	0,2	Pasang/jam

Analisis perbandingan bahan antara baja dan aluminium sebagaimana Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Bahan Cetakan antara Baja dan Aluminium

Aspek	Aluminium	Baja
Bobot	Ringan	Berat
Konduktivitas	Tinggi	Sedang
Ketahanan aus	Rendah	Tinggi
Kemudahan proses	Mudah	Sulit

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Cetakan sebagai perkakas pada cetak injeksi pembuat produk dari karet-plastik jika kondisinya rusak dapat mengakibatkan cacat produk dalam bentuk cacat lebih bahan 92% dan oresan warna 8% pada sub sisipan 45,45%, sisipan 27,27%, pelat peluncur 18,18%, dan pena pendepak 9,09%, sehingga produk yang cacat karena cetakan rusak berupa lebih bahan pada bagian *sub insert* [7]. Kerusakan serupa pada cetakan selang radiator berpeluang yang sama dampaknya pada produk cetaknya. Bahan aluminium jenis ADC12 dipilih, karena memiliki keunggulan kadar Silikon (Si) yang tinggi antara sekitar 9,6 dan 12,0% yang dapat memberikan fluiditas yang baik untuk bentuk yang rumit dan berding tipis, dan stabilitas dimensinya yang baik tidak banyak berubah saat menyusut setelah pendinginan, juga tahan terhadap korosi/pengkaratan.

Estimasi biaya dan waktu produksi sepasang cetakan aluminium beserta intinya untuk produk selang radiator berukuran diameter 60 mm, panjang 500 mm dan tebal 6 mm diperkirakan harga/biaya untuk bahan baku sebelum dikerjakan dengan pemesinan yang meliputi pengerjaan pengefraisan dengan mesin Frais CNC untuk dapat menjangkau dan memenuhi bentuk yang berliku dengan program gerakan pahat sesuai dengan desain sebagaimana Gambar 2, Gambar

3, dan Gambar 4 dan penggunaan alat potong (*cutter*) yang sesuai. Setelah pemesinan diikuti dengan pengerjaan akhir (*finishing*) dengan penggerindaan pada bagian-bagian yang tajam dan tidak diperlukan hingga cukup halus. Durasi proses produksi adalah 300 menit atau 5 jam mulai dari desain cetakan dan intinya, pemesinan cetakan dan intinya, *finishing*, hingga pemeriksaan mutu akhir produk. Biaya pembuatan cetakan dan pembuatan inti serta *finishing*, diperhitungkan sudah termasuk ongkos tenaga kerjanya. Jika diasumsikan pembayaran pajak 10% dan ditetapkan laba 15% dari biaya produksi, maka harga sepasang cetakan aluminium beserta intinya untuk ukuran ϕ 6x50 cm, tebal 0,6 cm adalah Rp 528.750,-.

Estimasi biaya dan waktu produksi cetakan aluminium selang radiator ϕ 6x50 cm, tebal 0,6 cm sebagaimana Tabel 4.

Tabel 4. Estimasi Biaya dan Waktu Produksi Cetakan Aluminium Selang Radiator ϕ 6x50 cm, Tebal 0,6 cm

No.	Tahapan Proses	Biaya Produksi (Rp)	Durasi Proses (Menit)
1	Desain cetakan sesuai dengan dimensi dan lekukan selang radiator standar mobil 1800 cm ³	50.000	40
2	Pemilihan termasuk pembelian bahan cetakan aluminium jenis ADC12	150.000	10
3	Pembuatan cetakan dengan pemesinan	100.000	140
4	Pembuatan inti cetakan dengan pemesinan	30.000	40
5	<i>Finishing</i> dengan penggerindaan bagian yang tajam dan mengganggu	40.000	30
6	Pemeriksaan mutu cetakan-dimensi	30.000	10
7	Pembuatan inti dari aluminium dengan pemesinan	15.000	20
8	Pemeriksaan mutu cetakan-inti-dimensi	10.000	10
	Jumlah	425.000	300
	Pajak 10%	42.500	
	Laba 15%	61.250	
	Total/Harga jual/unit	528.750	

4.0 KESIMPULAN

Hasil produksi sepasang cetakan dan intinya dari bahan aluminium ADC12 untuk produk selang radiator mobil dengan kapasitas ruang bakar 1800 cm³ berukuran ϕ 6, panjang 50 cm setebal 0,6 cm sesuai pesanan dengan total biaya produksi Rp 425.000,-/pasang cetakan, dan durasi produksi 300 menit/pasang yang berkonsekwensi bahwa selang radiator dapat diproduksi sesuai standar mesin mobil yang dipesan dan harganya relatif lebih murah. Saran tindak lanjut atas simpulan adalah perlu penyesuaian dengan untuk aneka produk selang radiator sesuai dengan posisi dan jarak kontak saluran selang antara radiator dan mesin yang dipesankan.

5.0 KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan antara satu penulis dengan penulis yang lainnya.

6.0 PENULISS CONTRIBUTION

M. Y. Bustomy (Konseptualisasi; Validasi; Visualisasi)
 S. Hadi (Konseptualisasi; Analisis formal; Penulisan - telaah dan penyuntingan; Supervisi)
 N. I. Wirawan (Metodologi; Kurasi data; Penulisan - draf asli; Sumber daya)
 M. R. A. Khalfi (Investigasi; Kurasi data; Sumber daya)
 Z. C. Novandika (Investigasi; Kurasi data; Sumber daya)

7.0 UCAPAN TERIMA KASIH

- [1] A. Y. C. Nee, "Handbook of Manufacturing Engineering and Technology," Springer Publishing Company, Incorporated, pp. 1-3500, 2015. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/2755427>
- [2] Y. Yakub dan Madinah. "Perencanaan Sistem Pendinginan Cetakan Plastik Holder Pulley Perusahaan Manufaktur," *Jurnal Flywheel*, vol. 4, no. 4, pp. 47-55, 2011. <https://ejournal.itn.ac.id/flywheel/article/view/574>
- [3] S. B. Kwak dan N. S. Choi. "Degradation and Failure Mechanisms of EPDM Rubbers for Automotive Radiator Hoses," *Key Engineering Materials*, vols. 353-358, 2007. <https://www.scientific.net/KEM.353-358.2864>
- [4] S. Wuryanti dan P. Iriani. "Investigasi Experimental Konduktivitas Panas pada Berbagai Logam," *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, vol.2, no 1, pp. 1-7, 2017. <https://journals.unpad.ac.id/jiif/article/view/14467>

- [5] R. B. S. Majanasastra. "Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming pada Material Tembaga (Cu) C84800 dan Aluminium 6063," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 15-30, 2016. <https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/jitm/article/view/721>
- [6] R. Firdaus, A. Akbar, A. I. Yulianto, dan Mulyadi. "Pengaruh Jumlah Lubang Pendingin, Temperatur Pemanasan dan Lebar Diameter Cetakan terhadap Cacat Scratch pada Cetakan Aluminium," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 7, no. 1, pp. 138-144, 2024. https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/JMN/article/view/22435?utm_source
- [7] H. Widiastuti, S. E. Surbakti, M. H. Albana, dan I. Saputra, "Identifikasi Cacat Produk dan Kerusakan Mold pada Proses Plastic Injection Molding," *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan (JATRA)*, vol. 1, no. 2, pp. 76-80, 2019. <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JATRA/article/view/1805>
- [8] A. E. Latief, N. D. Anggraeni, dan I. Putera, "Perancangan Cetakan Injection Molding Handpress Material Komposit PPHI dan Serat Alam," *Machine: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 12-16, 2021. <https://www.journal.ubb.ac.id/machine/article/view/2554>
- [9] A. K. Mufid, C. Budiyanoro, dan M. B. N. Rahman, "Perancangan Injection Molding dengan Sistem Three Plate Mold pada Produk Glove Box," *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, vol. 1, no. 2, pp. 72-81, 2017. <https://journal.umy.ac.id/index.php/jmpm/article/view/2959>
- [10] D. Sugiyanto, E. D. Wicaksono dan A. Daryus, "Analisis Hasil Cetakan Material Polypropylen Bentuk Botol Menggunakan Metode Injection Blow Molding," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 9, no. 2, pp. 125-136, 2023. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jkem/article/view/42896>
- [11] R. A. Siregar, dan A. R. Rangkuti, "Pembuatan Cetakan Kotak Sabun pada Mesin Injection Molding Plastik, Jurnal Rekayasa Material," *Manufaktur dan Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 57-63, 2018. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME/article/view/2436>
- [12] R. Haghayeghi, G. Timelli, dan A. D. Mori (2019). "Reliability of a High-Pressure Die Cast Al Alloy Radiator," *Engineering Failure Analysis*, 105, pp. 87-97, 2019. https://www.researchgate.net/publication/333635467_Reliability_of_a_high-pressure_die_cast_Al_alloy_radiator?utm_source
- [13] Masyrukan, "Pengaruh Variasi Temperatur Air Sebagai Pendinginan terhadap Karakteristik Coran Aluminium dengan Media Cetakan Pasir CO₂," *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 20, no. 1, pp. 1-7, 2019. <https://journals.ums.ac.id/index.php/mesin/article/view/7975/4516>
- [14] C. Budiyanoro, dan W. A. Pratama, "Design and Simulation of a 12-Cavity Injection Mold with Optimized Runner System for Efficient Production of Sample Cups," *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, vol. 8, no. 2, pp. 146-156, 2024. <https://journal.umy.ac.id/index.php/jmpm/article/view/26118>
- [15] P. Maylia, A. L. Lubis, A. K. Atmaja. "Perancangan Cetakan Batako Press Manual Kapasitas Empat Pieces yang Ergonomi Menggunakan Metode Pendekatan Antropometri," *Jurnal Industri Kreatif (JIK)*, vol. 4, no. 1, pp. 63-70, 2020. <https://ojs3.lppm-uis.org/index.php/JIK/article/view/57>
- [16] Triyono. "Perancangan dan Pembuatan Cetakan Komposit untuk Metode Vacuum Infusion Menggunakan Penekan Elastomer Bag," *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia*, 1-42, 2019. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/13790>
- [17] M. Moayyedien. "Intelligent Optimization of Mold Design and Process Parameters in Injection Molding," Springer Theses, Springer, Cham, 2019. https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=uwJ2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR10&dq=industrial+mold+design+optimization&ots=pVz5UVh3TC&sig=2qEIOIq4rVW2zS8q0W8gaSEF1dI&redir_esc=y#v=onepage&q=industrial%20mold%20design%20optimization&f=false
- [18] Callister, W. D. dan Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: an Introduction*, (10th ed.), John Wiley & Sons.
- [19] P. Apriliyanto. "Analisis Variabel Proses Produk Pengecoran Logam Menggunakan Cetakan Sand Casting," *Jurnal Teknik Mesin Unesa*, vol. 2, no. 2, 70-78, 2014. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/6376>
- [20] K. Roziqin, H. Purwanto, I. Syafa'at. "Pengaruh Model Sistem Saluran pada Proses Pengecoran Aluminium Daur Ulang terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Coran Pulli Diameter 76 mm dengan Cetakan Pasir," *Momentum*, vol. 8, no. 1, 33-39, 2016. <https://www.neliti.com/publications/114152/pengaruh-model-sistem-saluran-pada-proses-pengecoran-aluminium-daur-ulang-terhad>