Cylinder: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin
Volume 11, Nomor 02, Oktober 2026
ISSN 2252-925X (Online)

Rancang Bangun Cetakan *Color Chip*

Dennis William[1], Adiman[2], Ulpen Hiermy[3], Djoko Setyanto[1]*
[1]Program Studi Teknik Mesin, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
[2]Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal
[3] Program Studi D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal
E-mail: djoko.setyanto@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Kemasan kosmetik berbentuk silinder umumnya menggunakan material polipropilena (PP) dengan variasi ketebalan 1, 2, 3, dan 4 mm serta berbagai pilihan warna. Konsistensi warna kemasan perlu dikendalikan melalui pembandingan dengan *color chip* sebagai standar acuan yang memiliki karakteristik ketebalan dan warna yang sesuai dengan produk. Studi ini bertujuan merancang dan membuat purwarupa cetakan *color chip* untuk menghasilkan spesimen dengan ketebalan 1, 2, 3, dan 4 mm serta kompatibel dengan mesin *injection molding* Hwa Chin 80SE. Perancangan cetakan dilakukan dengan mempertimbangkan konfigurasi komponen pembentuk spesimen, sistem pendingin, sistem penyelarasan, dan sistem ejeksi. Komponen *insert core* dan *cavity core* dibuat dari baja NAK80, sedangkan *insert plate*, *cavity plate*, *insert clamping*, dan *cavity clamping* dibuat dari baja S50C. Sistem pendingin menggunakan tiga saluran berdiameter 6 mm yang masing-masing terdiri atas dua saluran pada *insert plate* dan satu saluran pada *cavity plate*. Pengujian dilakukan dengan menginjeksikan material PP ke dalam rongga cetakan dan mendinginkannya melalui sistem pendingin yang dirancang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa purwarupa cetakan mampu menghasilkan sepasang spesimen *color chip* dalam satu siklus pencetakan, dengan setiap spesimen memiliki ketebalan bertingkat 1, 2, 3, dan 4 mm sesuai dengan rancangan. Waktu siklus pencetakan yang diperoleh adalah 13 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa purwarupa cetakan yang dikembangkan mampu menghasilkan spesimen *color chip* dengan konfigurasi ketebalan yang diperlukan dan berpotensi digunakan sebagai standar acuan untuk mendukung pengendalian serta evaluasi konsistensi warna kemasan kosmetik berbahan PP.

Kata kunci : *color chip;* konsistensi warna; kemasan kosmetik; cetakan injeksi; polipropilena

ABSTRACT

Cylindrical cosmetic packaging is commonly manufactured from polypropylene (PP) with thicknesses ranging from 1 to 4 mm and available in various colors. Color consistency of the packaging needs to be controlled by comparison with a color chip serving as a reference standard with thickness and color characteristics corresponding to those of the product. This study aimed to design and fabricate a color chip mold prototype capable of producing specimens with thicknesses of 1, 2, 3, and 4 mm and compatible with an Hwa Chin 80SE injection molding machine. The mold was designed by considering the configuration of the specimen-forming components, cooling system, alignment system, and ejection system. The insert core and cavity core were manufactured from NAK80 steel, while the insert plate, cavity plate, insert clamping, and cavity clamping were manufactured from S50C steel. The cooling system consisted of three channels with a diameter of 6 mm, comprising two channels in the insert plate and one channel in the cavity plate. The mold was tested by injecting molten PP into the mold cavity and subsequently cooling the material through the designed cooling system. The test results showed that the mold prototype was capable of producing a pair of color chip specimens in a single molding cycle, with each specimen incorporating stepped thicknesses of 1, 2, 3, and 4 mm as specified in the design. The molding cycle time was 13 s. These results demonstrate that the developed mold prototype is capable of producing color chip specimens with the required thickness configuration and has potential for use as a reference standard to support the control and evaluation of color consistency in PP-based cosmetic packaging.

Keywords **:** *color chip; color consistency; cosmetic packaging; injection mold; polypropylene*

.

1. PENDAHULUAN

Industri kosmetik memerlukan kemasan dengan bentuk, dimensi, dan penampilan warna yang konsisten untuk menjaga kualitas serta keseragaman produk. Kemasan kosmetik berbentuk silinder dapat dibuat dari material polipropilena (PP) dengan berbagai ketebalan, misalnya 1, 2, 3, dan 4 mm, serta tersedia dalam berbagai pilihan warna. Pada produk polimer berwarna, variasi ketebalan dapat memengaruhi karakteristik optik dan penampilan warna, terutama melalui perubahan transmisi dan reflektansi cahaya [1]. Oleh karena itu, keseragaman warna perlu dikendalikan dengan menggunakan standar warna yang sesuai. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *color chip* sebagai spesimen acuan dengan material, ketebalan, dan warna yang sama dengan produk yang akan dikontrol. Kesesuaian warna antara produk dan *color chip* selanjutnya dapat dievaluasi secara visual atau melalui pengukuran kolorimetri menggunakan parameter CIELAB dan perbedaan warna (ΔE) [2, 3].

Color chip merupakan spesimen acuan yang digunakan untuk merepresentasikan karakteristik warna target suatu produk dan dibuat dengan menggunakan jenis material, warna, serta ketebalan yang telah ditentukan. Spesimen tersebut berfungsi sebagai referensi dalam evaluasi kesesuaian dan konsistensi warna sebagai bagian dari pengendalian kualitas produk. Pada produk berbasis polimer, hasil evaluasi warna dapat dipengaruhi oleh kondisi spesimen, termasuk jenis material dan ketebalannya. Oleh karena itu, proses pembandingan warna perlu dilakukan menggunakan *color chip* yang memiliki material dan ketebalan yang sesuai dengan produk yang dievaluasi. *Color chip* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 diproduksi menggunakan proses *injection molding*.



Gambar 1. *Color chip*

Cetakan (*mold*) merupakan salah satu komponen utama dalam proses pencetakan karena berperan dalam menentukan geometri, dimensi, dan karakteristik permukaan produk yang dihasilkan. Kualitas permukaan produk sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan *insert core* dan *cavity core*, yang pada gilirannya ditentukan oleh material cetakan, proses pemesinan, dan tahapan penyelesaian permukaan (*surface 8.finishing*). Oleh karena itu, pemilihan material cetakan dan metode *surface finishing* yang tepat merupakan aspek penting untuk memperoleh permukaan *insert core* dan *cavity core* dengan kualitas yang sesuai dengan tuntutan produk.

Dalam rancang bangun ini, baja NAK80 dipilih sebagai material *insert core* dan *cavity core* karena merupakan baja *pre-hardened* berbasis *precipitation hardening* yang secara khusus dikembangkan untuk aplikasi cetakan plastik. NAK80 memiliki kekerasan sekitar 40 HRC, kemampuan pemesinan yang baik, serta kemampuan *mirror polishing* yang sangat baik. Kondisi *pre-hardened* memungkinkan proses pemesinan dilakukan tanpa perlakuan panas tambahan, sehingga risiko perubahan dimensi dan distorsi akibat perlakuan panas dapat diminimalkan. Selain itu, NAK80 memiliki keseragaman kekerasan dan struktur mikro serta stabilitas dimensi yang baik, sehingga sesuai untuk pembuatan cetakan plastik presisi [4-7]. Sejumlah penelitian juga melaporkan penggunaan NAK80 sebagai material cetakan plastik dan menunjukkan karakteristik yang mendukung

penerapannya pada cetakan dengan tuntutan kualitas permukaan yang tinggi [8-10].

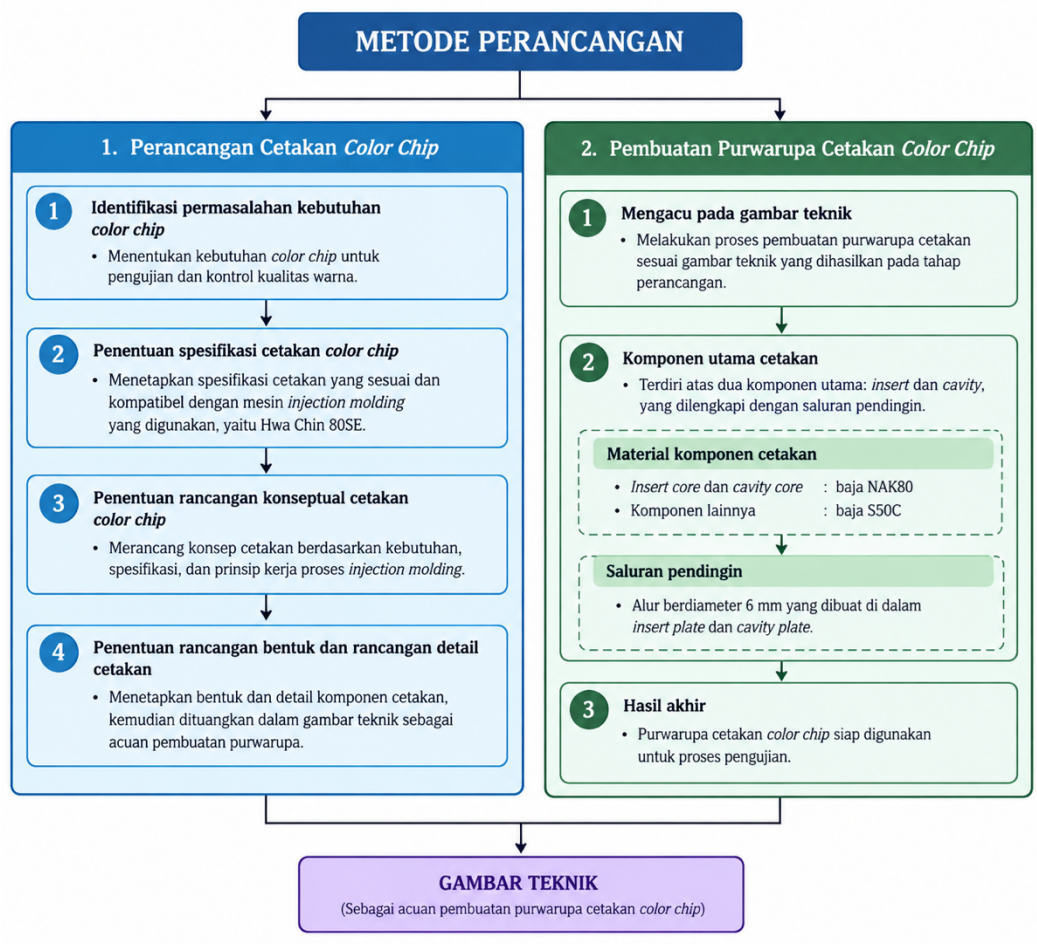
Sementara itu, baja S50C yang mengacu pada JIS G4051 dipilih sebagai material *mold base* karena memiliki sifat mekanis yang memadai sebagai struktur pendukung cetakan serta kemampuan pemesinan yang baik [11-13]. Baja S50C S50C merupakan baja karbon untuk konstruksi mesin dengan kandungan karbon sekitar 0,47 - 0,53% dan kekuatan tarik 610 - 780 MPa yang memadai untuk aplikasi komponen penopang [14-16]. Material ini dipilih karena memiliki kombinasi kekuatan, kekakuan, kemampuan pemesinan, keter-sediaan, dan biaya yang sesuai untuk digunakan sebagai struktur pendukung (*mold base*) pada purwarupa cetakan.

Dengan demikian, kombinasi NAK80 sebagai material *core* dan S50C sebagai material *mold base* diharapkan dapat memenuhi kebutuhan fungsional dan manufaktur cetakan *color chip*.

Makalah ini membahas perancangan dan pembuatan purwarupa cetakan *color chip* yang dirancang untuk menghasilkan spesimen dengan dimensi panjang 40 mm dan lebar 30 mm serta tebal yang bervariasi/bertingkat 1, 2, 3, dan 4 mm.

2. METODOLOGI

Secara garis besar, rancang bangun ini terdiri atas dua tahapan utama, yaitu perancangan cetakan *color chip* dan pembuatan purwarupa seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 2. Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam tahap perancangan tersebut adalah SolidWorks 2020 [17].



Gambar 2. Metode Perancangan.

Pembentukan bagian *insert core* dan *cavity core* dilakukan menggunakan mesin *CNC milling* Feeler VMX 1300. Selanjutnya, proses pembuatan lubang dan *finishing* dilakukan menggunakan mesin dan peralatan konvensional, yaitu mesin *milling*

Standard SM 8, mesin *surface grinding* CIAMIX 2550, serta amplas Niken dengan tingkat kekasaran (*grit*) 220, 400, 600, 800, 1000, dan 1500.

Purwarupa cetakan *color chip* yang telah selesai dibuat selanjutnya diuji coba pada mesin *injection molding* Hwa Chin 80SE untuk menghasilkan spesimen *color chip*. Dimensi panjang, lebar, dan tebal spesimen hasil pencetakan diukur menggunakan jangka sorong dan mikrometer merek Mitutoyo. Toleransi dimensi panjang dan lebar yang diijinkan ditetapkan $\pm$ 10%, sementara toleransi tebal $\pm$ 5%. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui kesesuaian panjang, lebar, dan khususnya tebal spesimen *color chip* yang dihasilkan dibandingkan tebal yang ditetapkan dalam rancangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Cetakan *Color Chip*

Tahap awal perancangan dilakukan melalui identifikasi permasalahan dan kebutuhan pengguna. Berdasarkan hasil identifikasi, diperlukan *color chip* dengan variasi ketebalan 1, 2, 3, dan 4 mm serta warna tertentu yang merepresentasikan warna kemasan kosmetik yang akan dievaluasi. *Color chip* tersebut digunakan sebagai spesimen referensi untuk membandingkan dan mengevaluasi konsistensi serta kesesuaian warna kemasan kosmetik pada setiap variasi ketebalan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dirancang dan dibuat purwarupa cetakan *color chip* yang mampu menghasilkan spesimen dengan variasi ketebalan 1 - 4 mm dan dapat dioperasikan pada mesin *injection molding* Hwa Chin 80SE.

Berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah menetapkan spesifikasi teknis cetakan *color chip*. Spesifikasi ditentukan dengan mempertimbangkan kebutuhan proses pencetakan, karakteristik material, fungsi cetakan, serta karakteristik spesimen yang dihasilkan. Spesifikasi teknis cetakan yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Cetakan harus kompatibel dengan mesin *injection molding* Hwa Chin 80SE, baik dari aspek dimensi maupun mekanisme pemasangannya.
2. Cetakan harus mampu menghasilkan *color chip* berbahan polipropilena (PP) dengan warna tertentu dan dimensi panjang 40 mm dan lebar 30 mm serta tebal bertingkat 1, 2, 3, dan 4 mm. Spesimen yang dihasilkan harus memiliki karakteristik geometris yang sesuai sehingga dapat digunakan sebagai spesimen referensi untuk pengendalian dan evaluasi konsistensi warna kemasan kosmetik.
3. Cetakan harus memiliki dua *cavity* (*two-cavity mold*) sehingga mampu menghasilkan dua unit *color chip* secara simultan dalam satu siklus injeksi. Konfigurasi tersebut ditujukan untuk meningkatkan efisiensi proses pencetakan dan memungkinkan diperolehnya dua spesimen pada setiap siklus injeksi.

Berdasarkan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan, tahap selanjutnya adalah menentukan rancangan konseptual yang dapat memenuhi seluruh persyaratan fungsi cetakan *color chip*. Penyusunan rancangan konseptual dilakukan dengan mengidentifikasi subfungsi yang diperlukan untuk merealisasikan fungsi utama cetakan, kemudian menentukan alternatif solusi untuk setiap subfungsi. Alternatif solusi tersebut selanjutnya dikombinasikan untuk membentuk beberapa alternatif konsep rancangan yang terintegrasi. Konsep rancangan yang memenuhi persyaratan fungsi dan spesifikasi teknis serta aspek keekonomisan selanjutnya dipilih sebagai dasar pengembangan rancangan detail. Proses penentuan rancang-an konseptual berdasarkan kombinasi solusi pada setiap subfungsi hingga membentuk fungsi utama cetakan *color chip* ditunjukkan secara lengkap pada Tabel 1.

Tabel 1. Subfungsi-subfungsi cetakan *color chip*

No.	Solusi subfungsi		
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Subfungsi 1 Membentuk spesimen *chip*	Terdiri dari *insert* dan *cavity*; *core* dari baja NAK80; *base plate* dan lainnya dari baja S50C (1.1)	Terdiri dari *insert* dan *cavity*; *base plate* dan lainnya dari baja NAK80 (1.2)	Terdiri dari *insert* dan *cavity; base plate* dan lainnya dari baja S50C (1.3)
Subfungsi 2 Mendinginkan injeksi *chip*	Saluran alur silindris berdiameter 6 mm pada *insert base plate* dan *cavity base plate*. Media pendingin dari air (2.1)	Saluran alur lubang silindris berdiameter 6 mm pada *insert base plate* saja. Media pendingin dari air (2.2)	Saluran alur lubang silindris berdiameter 6 mm pada *cavity base plate* saja. Media pendingin dari air (2.3)
Subfungsi 3 Menyelaraskan *insert - cavity*	*Guide pin* dan *guide bushing* yang dilengkapi dengan *return pin* (3.1)	-	-
Subfungsi 4 Mengeluarkan spesimen *chip*	*Ejector pin* (4.1)	-	-

Berdasarkan alternatif yang ditunjukkan pada Tabel 1, selanjutnya dilakukan pemilihan alternatif untuk setiap subfungsi berdasarkan pertimbangan teknis dan aspek keekonomisan. Pada subfungsi (1.1), baja NAK80 dipilih dibandingkan alternatif pada subfungsi (1.2) dan (1.3) karena memiliki karakteristik yang sesuai untuk komponen cetakan plastik yang memerlukan kualitas permukaan tinggi serta kemampuan pemolesan yang sangat baik. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa NAK80 banyak digunakan sebagai baja cetakan untuk aplikasi yang memerlukan presisi dan kualitas permukaan tinggi, serta memiliki kemampuan pemolesan yang baik [8, 9, 18]. Selain itu, NAK80 telah digunakan sebagai material *mold insert* pada proses *injection molding* polipropilena (PP) [10]. Meskipun biaya material NAK80 relatif lebih tinggi dibandingkan baja S50C, aspek keekonomisan pada rancangan ini diperoleh dengan menggunakan S50C untuk *base plate* dan komponen pendukung lainnya yang tidak secara langsung berfungsi sebagai permukaan pencetak. Dengan demikian, pemilihan material dilakukan melalui kompromi antara tuntutan kinerja teknis pada komponen pencetak dan efisiensi biaya keseluruhan cetakan.

Subfungsi (2.1) dipilih dibandingkan subfungsi (2.2) dan (2.3) karena konfigurasi saluran pendingin pada *insert base plate* dan *cavity base plate* memungkinkan proses pelepasan panas dari spesimen hasil cetakan berlangsung dari kedua sisi secara lebih merata. Pada konfigurasi ini, air pendingin dialirkan melalui saluran pendingin berbentuk silindris dengan diameter 6 mm yang ditempatkan pada kedua sisi cetakan, sehingga jalur perpindahan panas dari spesimen menuju media pendingin dapat dibuat lebih seimbang. Distribusi saluran pendingin yang lebih merata pada sisi *core* dan *cavity* berpotensi menghasilkan distribusi temperatur cetakan yang lebih seragam dan meningkatkan efektivitas perpindahan panas dibandingkan konfigurasi yang hanya menempatkan saluran pendingin pada salah satu sisi cetakan. Keseragaman temperatur selama tahap pendinginan merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas produk hasil *injection molding*, karena ketidakseragaman pendinginan dapat menyebabkan perbedaan laju pendinginan, tegangan termal, penyusutan, dan deformasi pada produk [19-22]. Oleh karena itu, konfigurasi (2.1) dipilih sebagai alternatif yang paling sesuai dengan mempertimbangkan efektivitas pendinginan dan keseragaman distribusi temperatur pada spesimen.

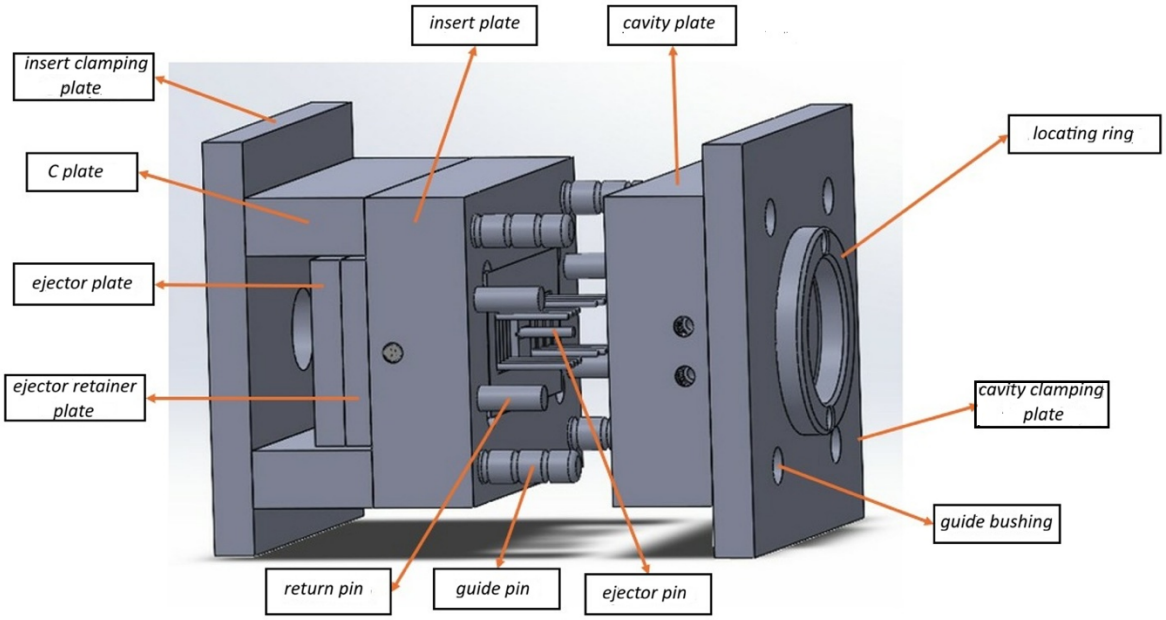
Pada subfungsi 3, yaitu menyelaraskan posisi *insert* dan *cavity*, dipilih sistem

penyelarasan yang terdiri atas *guide pin* dan *guide bushing*, yang dilengkapi dengan *return pin* untuk mengembalikan sistem ejeksi ke posisi semula setelah proses pengeluaran spesimen. Pemilihan sistem tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa mekanisme *guide pin-guide bushing* merupakan elemen standar pada cetakan injeksi yang berfungsi menjaga ketepatan posisi relatif antara bagian *core* dan *cavity* selama proses penutupan dan pembukaan cetakan. Sementara itu, *return pin* berfungsi mengembalikan *ejector plate* dan *ejector pin* ke posisi awal sebelum cetakan kembali menutup. Oleh karena itu, kombinasi komponen tersebut dipilih sebagai solusi yang paling sesuai untuk memenuhi fungsi penyelarasan dan pengembalian sistem ejeksi pada rancangan cetakan ini [23, 24].

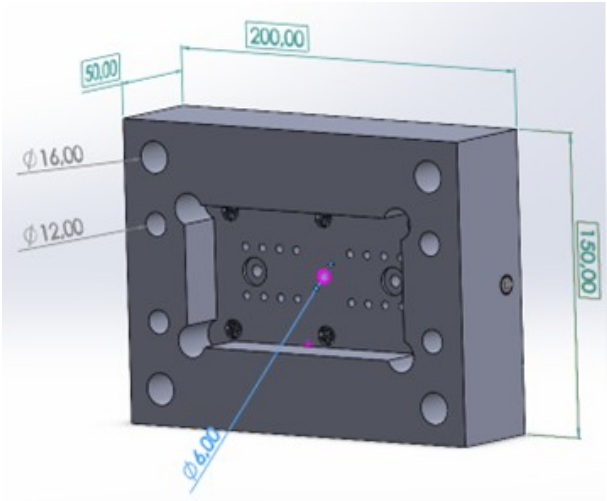
Pada subfungsi 4, yaitu mengeluar-kan spesimen *color chip* dari cetakan setelah proses pembentukan, dipilih mekanisme *ejector pin*. Pemilihan tersebut didasarkan pada bentuk spesimen yang relatif sederhana dan tidak memiliki *undercut*, sehingga pengeluaran spesimen dapat dilakukan secara langsung melalui gaya dorong aksial *ejector pin*. *Ejector pin* merupakan salah satu mekanisme yang umum digunakan dalam proses *injection molding* untuk melepaskan produk yang telah membeku dari permukaan *core*. Dengan demikian, untuk geometri spesimen *color chip* yang sederhana, penggunaan *ejector pin* dipandang sebagai solusi yang paling sederhana, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan rancangan [25].

Berdasarkan hasil pemilihan alternatif pada masing-masing subfungsi, rancangan konseptual yang terpilih merupa-kan kombinasi subfungsi (1.1) - (2.1) - (3.1) - (4.1). Rancangan tersebut berupa cetakan *color chip* yang terdiri atas komponen *insert* dan *cavity*. Bagian *core* yang membentuk permukaan spesimen menggunakan baja NAK80, sedangkan komponen lainnya menggunakan baja S50C. Untuk mengendalikan temperatur cetakan selama proses pembentukan spesimen, *insert base plate* dan *cavity base plate* masing-masing dilengkapi dengan saluran pendingin berbentuk silindris berdiameter 6 mm yang dialiri air sebagai media pendingin. konfigurasi saluran pendingin pada kedua sisi cetakan dipilih untuk mendukung pelepasan panas yang lebih seimbang dari spesimen dan menghasilkan distribusi temperatur cetakan yang lebih seragam. Desain sistem pendinginan yang mampu menghasilkan pelepasan panas secara lebih seragam diketahui berperan penting dalam meningkatkan kualitas hasil *injection molding* dan mengurangi ketidakseragaman termal selama proses pendinginan. Sistem penyelarasan antara bagian *core* dan *cavity* menggunakan kombinasi *guide pin* dan *guide bushing* untuk memastikan kedua bagian cetakan berada pada posisi yang tepat selama proses penutupan dan pembukaan cetakan. Sistem tersebut dilengkapi dengan *return pin* untuk mengembalikan sistem ejeksi ke posisi awal setelah proses pengeluaran spesimen. Selanjutnya, pengeluaran spesimen *color chip* setelah proses pembentukan dilakukan menggunakan mekanisme *ejector pin*. Dengan konfigurasi tersebut, rancangan konseptual yang dihasilkan telah mengintegrasikan fungsi pembentukan, pengendalian temperatur, penyelarasan, dan pengeluaran spesimen dalam satu sistem cetakan yang sesuai dengan kebutuhan perancangan. Tahap selanjutnya adalah mengembangkan rancangan konseptual menjadi rancangan bentuk dan rancangan detail cetakan. Rancangan bentuk yang menunjukkan susunan dan keterkaitan antarkomponen cetakan disajikan pada Gambar 3, sedangkan rancangan detail masing-masing komponen cetakan lengkap dengan ukuran/dimensinya ditampilkan pada Gambar 4 hingga Gambar 15.

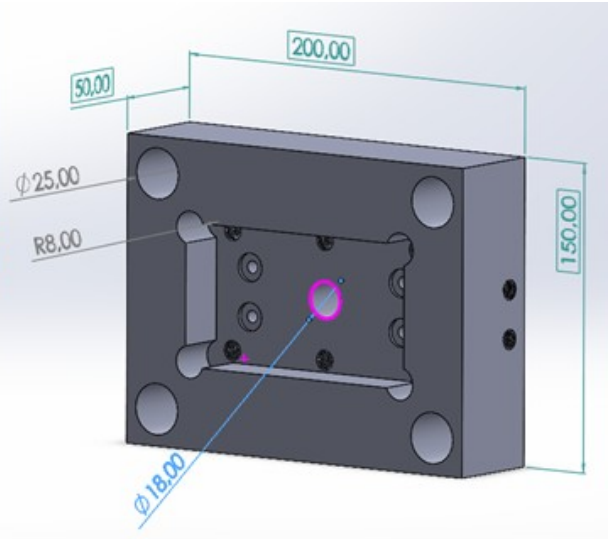
Gambar 6 *insert core* dan Gambar 7 *cavity core* dibuat dari material baja NAK80. Selebihnya, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 8 sampai dengan Gambar 15 dibuat dari material baja S50C.



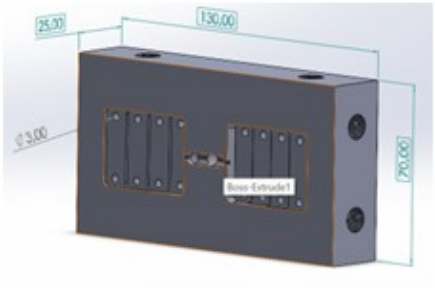
Gambar 3. Susunan cetakan *color chip*



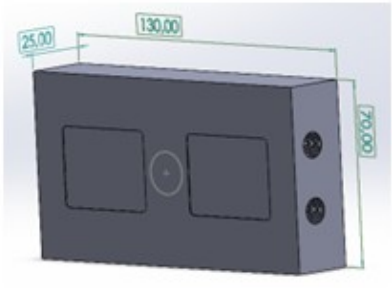
Gambar 4. *Insert Plate*



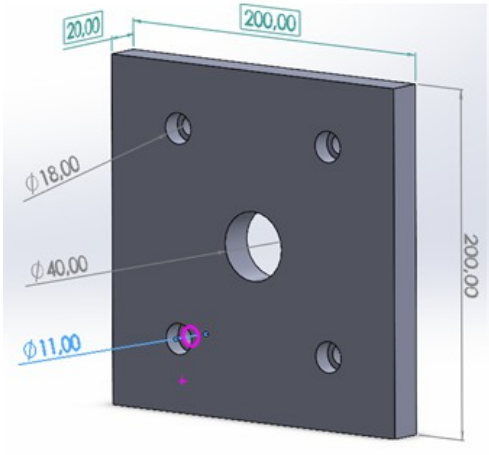
Gambar 5. *Cavity Plate*



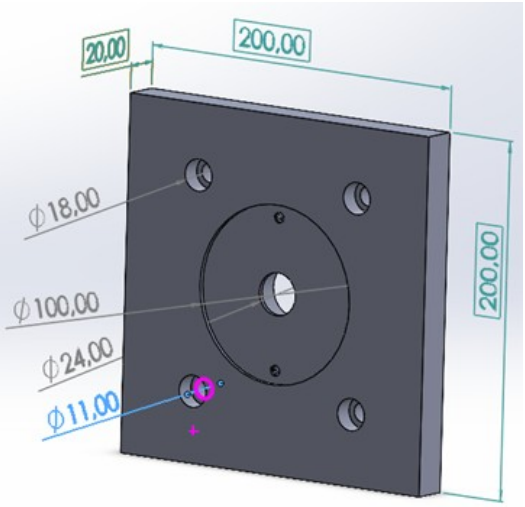
Gambar 6. *Insert Core*



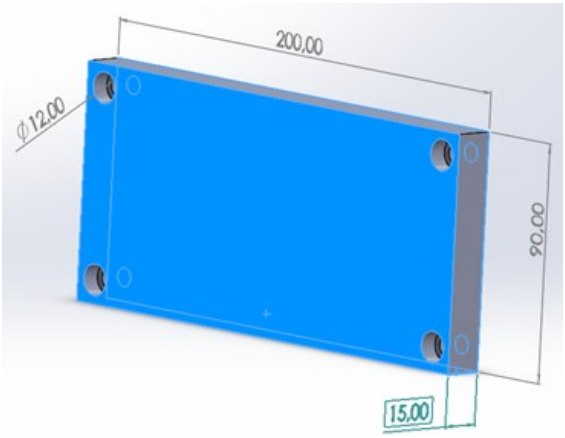
Gambar 7. *Cavity Core*



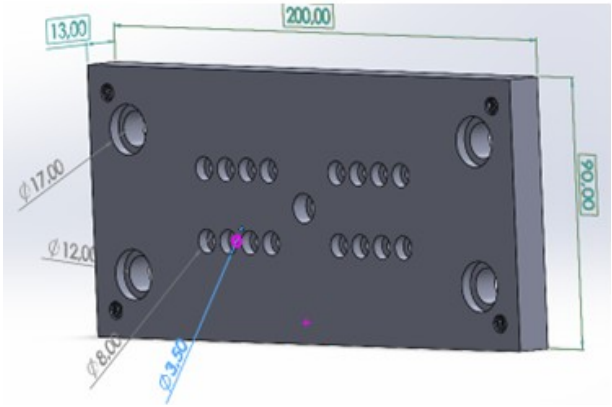
Gambar 8. *Insert Clamping Plate*



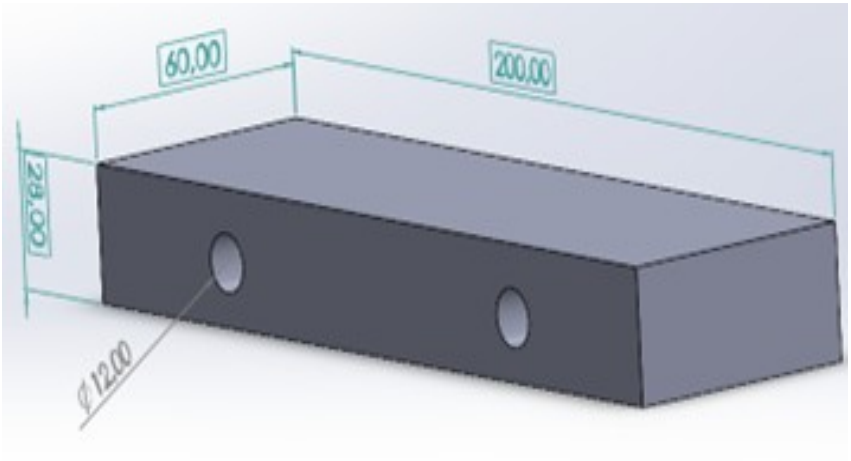
Gambar 9. *Cavity Clamping Plate*



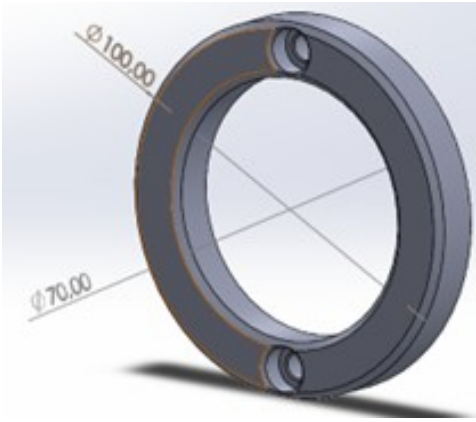
Gambar 10. *Ejector Plate*



Gambar 11. *Ejector Retainer Plate*



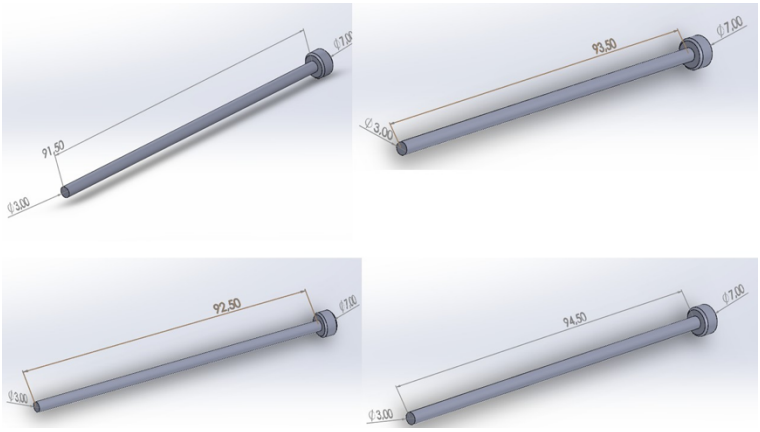
Gambar 12. *C Plate*



Gambar 13. *Locating Ring*



Gambar 14. *Guide Pin*

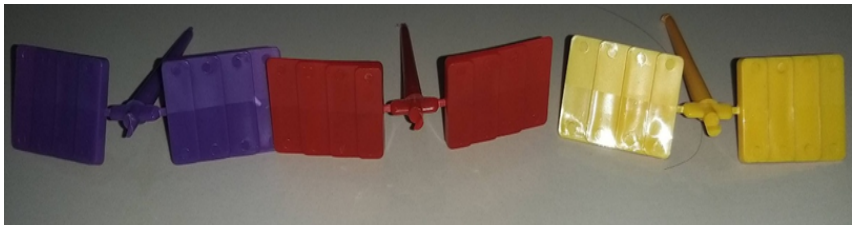


Gambar 15. *Ejector Pin*

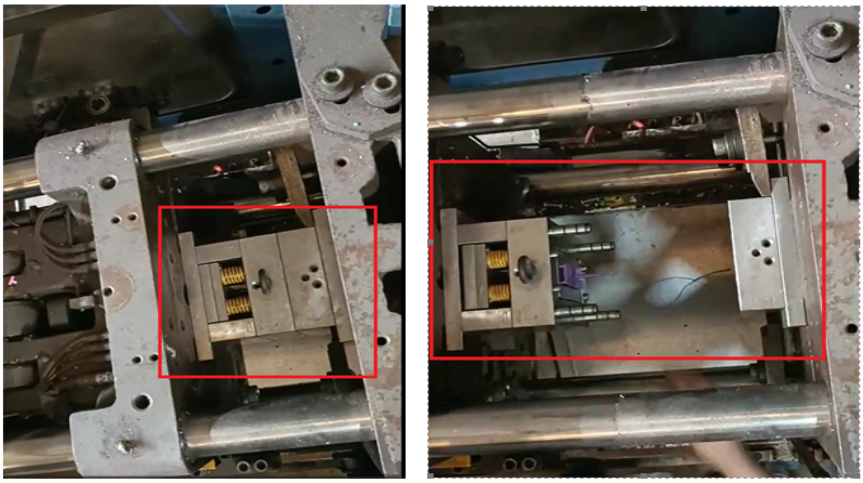
3.2 Purwarupa Cetakan Color Chip

Seluruh komponen cetakan *color chip* (Gambar 4 sampai dengan Gambar 17) selanjutnya diproduksi dari material dan mesin yang sesuai dengan spesifikasi pada gambar teknik hasil perancangan. Komponen *insert core* dan *cavity core* dibuat menggunakan baja NAK80, sedangkan komponen lainnya dibuat dari baja S50C. Proses manufaktur dilakukan sesuai dengan tahapan dan spesifikasi geometris yang telah ditetapkan pada tahap perancangan untuk memastikan kesesuaian dimensi dan fungsi dari setiap komponen cetakan.

Gambar 16 memperlihatkan tiga sampel *color chip* yang dihasilkan dari uji coba pencetakan menggunakan purwarupa cetakan tersebut. Gambar 17 memperlihatkan purwarupa cetakan *color chip* dalam kondisi tertutup selama proses injeksi dan dalam kondisi terbuka pada saat produk dikeluarkan dari cetakan. Gambar 18 memperlihatkan mesin *injection molding* Hwa Chin 80SE yang digunakan untuk memasang dan mengoperasikan purwarupa cetakan *color chip* pada tahap pengujian.



Gambar 16. *Color Chip* hasil uji coba pencetakan



(A) (B)

Gambar 17. Cetakan *color chip*: (A) kondisi tertutup, (B) kondisi terbuka



Gambar 18. Mesin *injection molding* Hwa Chin 80SE

Ada dua indikator untuk menilai keberhasilan rancangan. Indikator pertama adalah uji coba pencetakan *color chip* menggunakan prototipe cetakan yang membuktikan bahwa proses pencetakan telah menghasilkan sepasang spesimen *color chip* dalam satu siklus pencetakan hingga pengeluaran memerlukan waktu 13 detik. Biji-biji palet PP yang telah dicampur pigmen tertentu dan berada di dalam *hooper* mesin *injection molding* Hwa Chin 80SE dipanaskan sehingga meleleh lalu diinjeksikan ke dalam cetakan. Bersamaan dengan itu proses pendinginan oleh tiga saluran berdiameter 6 mm yang masing-masing dua saluran pada *insert plate* dan satu saluran pada *cavity plate* langsung menyebabkab barang cetakan mengeras.

Indikator kedua untuk menilai keberhasilan rancangan adalah dari data pengukuran dimensi spesimen *color chip* hasil uji coba. Tabel 2 menunjukkan bahwa dari lima belas spesimen yang masing-masing terdiri dari lima spesimen berwarna

kuning, ungu, dan merah telah didapatkan rata-rata dimensi panjang 40,04 ± 0,26 mm; lebar 30,09 ± 0,10 mm; dan tebal 1,03 ± 0,01 mm, 2,08 ± 0,01 mm, 3,10 ± 0,02 mm, dan 4,14 ± 0,02 mm. Dimensi tersebut memenuhi standar toleransi yang ditetapkan, yakni ± 10% untuk dimensi panjang dan lebar, serta ± 5% untuk dimensi tebal.

Tabel 2. Hasil pengukuran dimensi spisimen *color chip* hasil uji coba

No.	Warna color chip	Panjang (mm)	Rata-rata panjang (mm)	Lebar (mm)	Rata-rata lebar (mm)	Tebal (mm)	Rata-rata tebal (mm)
1	Kuning	40,10		30,20		1,03 2,08 3,10 4,14	
2	Kuning	40,15		30,10		1,02 2,07 3,08 4,12	Rata-rata tebal t1: 1,03 ± 0,01 mm
3	Kuning	40,15		30,10		1,04 2,09 3,12	Rata-rata tebal t2: 2,08 ± 0,01 mm
4	Kuning	40,15	Rata-rata panjang: 40,04 ± 0,26 mm atau 39,76 – 40,30 mm	30,15	Rata-rata lebar: 30,09 ± 0,10 mm atau 29,99 – 30,19 mm	4,16 1,03 2,08 3,10 4,14	Rata-rata tebal t3: 3,10 ± 0,02 mm
5	Kuning	40,15		30,10		1,02 2,07 3,08 4,12	Rata-rata tebal t4: 4,14 ± 0,02 mm
6	Ungu	39,15	Toleransi panjang yang diijinkan adalah P + 10% P atau 40 ± 4 mm	29,80	Toleransi lebar yang diijinkan adalah L + 10% L atau 30 ± 3 mm	1,04 2,09 3,12 4,16	
7	Ungu	40,10		30,15		1,03 2,08 3,10 4,14	Toleransi tebal yang diijinkan adalah t + 10% t atau t1: 1,00 ± 0,05 mm t2: 2,00 ± 0,10 mm t3: 3,00 ± 0,15 mm t4: 4,00 ± 0,20 mm
8	Ungu	39,80		30,05		1,02 2,07 3,08 4,12	
9	Ungu	40,05		30,10		1,04 2,09 3,12 4,16	
10	Ungu	40,05		30,05		1,03 2,08 3,10 4,14	
11	Merah	40,15		30,10		1,02 2,07 3,08 4,12	
12	Merah	40,20		30,10		1,04 2,09 3,12 4,16	
13	Merah	40,20		30,10		1,03 2,08 3,10 4,14	
14	Merah	40,10		30,10		1,02 2,07 3,08 4,12	
15	Merah	40,05		30,10		1,04 2,09 3,12 4,16	

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa purwarupa cetakan *color chip* berhasil dikembangkan dan kompatibel

dengan mesin *injection molding* Hwa Chin 80SE. Cetakan menggunakan *insert core* dan *cavity core* berbahan baja NAK80 serta komponen pendukung berbahan baja S50C, dilengkapi sistem pendingin berdiameter 6 mm, sistem penyelarasan *guide pin–guide bushing*, dan sistem ejeksi *ejector pin*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa cetakan mampu menghasilkan sepasang spesimen *color chip* berbahan PP dengan ketebalan bertingkat 1, 2, 3, dan 4 mm dalam satu siklus pencetakan dengan waktu siklus 13 detik. Dengan demikian, purwarupa yang dikembangkan memenuhi fungsi pembentukan spesimen sesuai rancangan dan berpotensi digunakan sebagai standar acuan untuk mendukung pengendalian dan evaluasi konsistensi warna kemasan kosmetik berbahan PP.

DAFTAR PUSTAKA

[1] V. Janostik, V. Senkerik, L. Manas, M. Stanek, and M. Cvek, "Injection-Molded Isotactic Polypropylene Colored with Green Transparent and Opaque Pigments," International Journal of Molecular Sciences, vol. 24, no. 12, Art. no. 9924, 2023, doi: 10.3390/ijms24129924

[2] M. Safdar and P. Emmel, "Matching target color in polyolefins by estimating pigment concentrations using a four-flux model," Applied Optics, vol. 62, no. 26, pp. 6961–6973, 2023, https://doi.org/10.1364/AO.497213 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[3] S. Agate, A. Williams, J. Dougherty, O. D. Velev, and L. Pal, "Polymer Color Intelligence: Effect of Materials, Instruments, and Measurement Techniques—A Review," ACS Omega, vol. 8, no. 26, pp. 23257–23270, 2023, doi: 10.1021/acsomega.2c08252.

[4] Daido Steel Co., Ltd., "NAK80's features," Daido Steel. [Online]. Available: https://www.daido.co.jp/products/tool/nak80/en/about/features.html. [Accessed: Sep. 14, 2026].

[5] Daido Steel Co., Ltd., "Tool steel and steel for molds: Plastic mold steel," Daido Steel. [Online]. Available: https://www.daido.co.jp/en/products/tool/pla/index.html. [Accessed: Sep. 14, 2026].

[6] ASM International. (1998). NAK 80: Mold steel. *Alloy Digest, 47*(4), SA-495. https://doi.org/10.31399/asm.ad.sa0495 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[7] MatWeb, "International Mold Steel NAK80 precipitation hardened mold steel," MatWeb—Online Materials Information Resource. [Online]. Available: https://www.matweb.com/search/datasheettext.aspx?matid=17380. [Accessed: Sep. 14, 2026].

[8] H. Zhang, X. Sun, X. Xu, J. Cai, D. Li, X. Guo, F. Zhao, Z. He, B. Dong, and L. Wang, "Enhancement of surface quality and properties of NAK80 mold steel through hybrid laser polishing," Journal of Manufacturing Processes, vol. 153, pp. 817–826, 2025, https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2025.09.033 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[9] D. Shi, X. Zeng, X. Wang, and H. Zhang, "Parameter Optimization and Surface Roughness Prediction for the Robotic Adaptive Hydraulic Polishing of NAK80 Mold Steel," Processes, vol. 13, no. 4, pp. 991-999, 2025 https://doi.org/10.3390/pr13040991 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[10] A. Abdul Rahman, and A. Ahmad, "A Comparative Study of NAK80 Steel and Beryllium Copper Moulds for Injection Moulding of Polypropylene Material," Progress in Engineering Application and Technology, vol. 5, no. 1, pp. 387–392, 2024, https://doi.org/10.30880/peat.2024.05.01.041 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[11] P. Poonayom, V. Wattanajitsiri, and K. Kimapong, K. "A Machinability Study

of Hard-Facing Weld Metal on JIS-S50C Carbon Steel," Key Engineering Materials, vol. 728, pp. 85–90, 2017, DOI:https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.728.85 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[12] A. Asavarutpokin, J. Sae-Lee, and D. Kaewdook, "Power Consumption and Surface Quality Optimization of Cutting Condition for S50C Material in Turning Process using Means Utility Concept and Taguchi Method," Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT), vol. 8 no .01, pp 58-63, 2020, https://ph01.tcithaijo.org/index.php/TNIJournal/article/view/240716/164224 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[13] N. Nik Masmiati, A.A.D Sarhan, M.A.N Hassan, and M. Hamdi, "Optimization of cutting conditions for minimum residual stress, cutting force and surface roughness in end milling of S50C medium carbon steel," Measurement, vol. 86, pp. 253–265, 2016, DOI:10.1016/j.measurement.2016.02.049 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[14] Japanese Standards Association. (2023). *JIS G 4051:2023: Carbon steels for machine structural use*. Japanese Standards Association. https://www.h2abc.com/material/detail.php?mid=azhlNWIxMzUzOTg%3D&utm [Accessed: Sep. 14, 2026].

[15] H2ABC. (2026). *S50C – JIS G 4051-2023: Carbon steels for machine structural use*. https://www.h2abc.com/material/detail.php?mid=azhlNWIxMzUzOTg%3D&utm [Accessed: Sep. 14, 2026].

[16] 3D-METAL.TECH. (2026). *JIS G4051 – Carbon steels for machine structural use: Full grade comparison*. https://3d-metal.tech/jis-g4051-guide/?utm [Accessed: Sep. 14, 2026].

[17] Dassault Systèmes. "*SolidWorks User Guide",* Dassault Systèmes, 2021.

[18] F.J. Shiou and C.H. Cheng, "Ultrapreci-sion surface finish of NAK80 mould tool steel using sequential ball burnishing and ball polishing processes," Journal of Materials Processing Technology, vol. 201, no. 1–3, pp. 554–559, 2008, https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.11.235 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[19] S. Masoudi, B. K. Das, M. Aamir, and M. Tolouei-Rad, "Recent advancement in conformal cooling channels: A review on design, simulation and future trends," Computer-Aided Design, vols. 186–187, Art. no. 103899, 2025, doi: 10.1016/j.cad.2025.103899.

https://doi.org/10.1016/j.cad.2025.103899 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[20] Y. Sun, A.G. Dastidar, A. Agazzi, and R. Le Goff, "Topology optimisation of conformal cooling channels in injection moulding: A scaling strategy for forced convection in high Reynolds number flows," Structural and Multidisciplinary Optimization, vol. 68, no. 156, 2025, https://doi.org/10.1007/s00158-025-04067-y [Accessed: Sep. 14, 2026].

[21] N. Wilson, M. Gupta, M. Patel, M. Mazur, V. Nguyen, and S. Gulizia, "Generative design of conformal cooling channels for hybrid-manufactured injection moulding tools," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 133, pp. 861–888, 2024, https://doi.org/10.1007/s00170-024-13754-x [Accessed: Sep. 14, 2026].

[22] M. Kariminejad, M. McAfee, M. Kadivar, C. O'Hara, A. Weinert, and G. McGranaghan, "Sensorised metal AM injection mould tools for in-process monitoring of cooling performance with conventional and conformal cooling channel designs," Journal of Manufacturing Processes, vol. 116, pp. 25–39, 2024 https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2024.0

2.021 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[23] M. Krishnappa, S. Nagaraja, N. Munegowda, and I. Ammarullah, "Design and Analysis of Injection Molds for Plastic Components for Biomedical Applicati-ons," Engineering Reports, vol 7, Issue 3, pp. 1-20, 2025, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/eng2.70070 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[24] A Guide to Ejector Pins, "Fastening and Assembly Solutions and Technology," vol. 29 (1), no. 23, 2025, https://doi.org/10.12968/S2056-9033(25)70054-6 [Accessed: Sep. 14, 2026].

[25] D. Agustin, M.I.T. Ma'ruf, E.S. Solih, F.F. Nurhadi, and F. Sumasto, "Design improvement of mold bracket for quarter trim to reduce ejector mark defects," Jurnal Material dan Proses Manufaktur, vol. 9, no. 1, 2025, https://doi.org/10.18196/jmpm.v9i1.24939 [Accessed: Sep. 14, 2026].