

Perancangan Cetakan Injeksi Plastik *Two Plate Family Mold* Dengan *Slider* untuk Produk Rahang Atas dan Rahang Bawah Perangkap Tikus Mekanik

Metha Islameka¹, Riona Ihsan Media¹, Julfiqi Gumelar¹

¹ Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: metha@de.polman-bandung.ac.id

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<i>Received:</i> 29 Februari 2024 <i>Accepted:</i> 01 April 2024 <i>Available:</i> 28 Juni 2024	Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan rancangan peralatan pencetak plastik mesin injeksi berdasarkan produk rahang atas dan rahang bawah perangkap tikus mekanik. Kedua produk tersebut dicetak pada satu cetakan yang disebut dengan <i>family mold</i> sehingga memerlukan analisis aliran plastik untuk <i>balancing</i> aliran plastic. Produk rahang atas memiliki bentukan <i>slider</i> pada masing-masing bagian samping. Perhitungan untuk memastikan produk rahang atas ini dapat diejeksi tanpa mengalami kerusakan dilakukan. Software SolidWorks, TopSolid, dan Autocad digunakan untuk proses merancang <i>family mold</i> untuk produk rahang atas dan rahang bawah. Hasil rancangan didokumentasikan berupa gambar susunan dan gambar bagian. Dengan proses perancangan yang telah dilakukan, semua daftar tuntutan telah terpenuhi, rancangan dapat berfungsi dengan baik, dan dihasilkan dokumentasi teknik berupa gambar susunan dan gambar bagian.
Kata Kunci:	ABSTRACT
Injection Mold Two Plate Mold Family Mold	<i>This research aims to produce a design for plastic injection molding equipment based on the upper and lower jaw products of mechanical mouse traps. Both products are printed in one mold called a family mold so they require plastic flow analysis to balance the plastic flow. The upper jaw product has a slider shape on each side. Calculations to ensure that the maxillary product can be ejected without damage are carried out. SolidWorks, TopSolid, and Autocad software are used for the process of designing mold families for upper and lower jaw products. The design results are documented in the form of layout drawings and section drawings. With the design process that has been carried out, all the list of requirements has been fulfilled, the design can function well, and technical documentation has been produced in the form of arrangement drawings and section drawings.</i>

jtrm.polman-bandung.ac.id

1 PENDAHULUAN

Produk plastik banyak digunakan dalam berbagai macam industri dikarenakan plastik merupakan material yang ringan, mudah dibentuk, dan elastis. Dengan material plastik, produk yang dibuat dapat lebih ekonomis dibanding dengan produk yang bermaterial logam. Pembuatan produk dengan material plastik dapat dibuat dengan menggunakan cetakan injeksi plastik. Produk plastic yang dihasilkan menggunakan cetakan injeksi plastik bervariasi dari cover baterai [1] sampai gantungan kunci [2]. Selain itu, plastik juga merupakan material yang tepat untuk produk peralatan rumah. Salah satu produk peralatan rumah dari material plastik adalah Perangkap Tikus Mekanik. Gambar 1 menunjukkan *sample* produk perangkap tikus mekanik yang terbuat dari plastik.



Gambar 1. Komponen pada perangkap tikus mekanik plastik

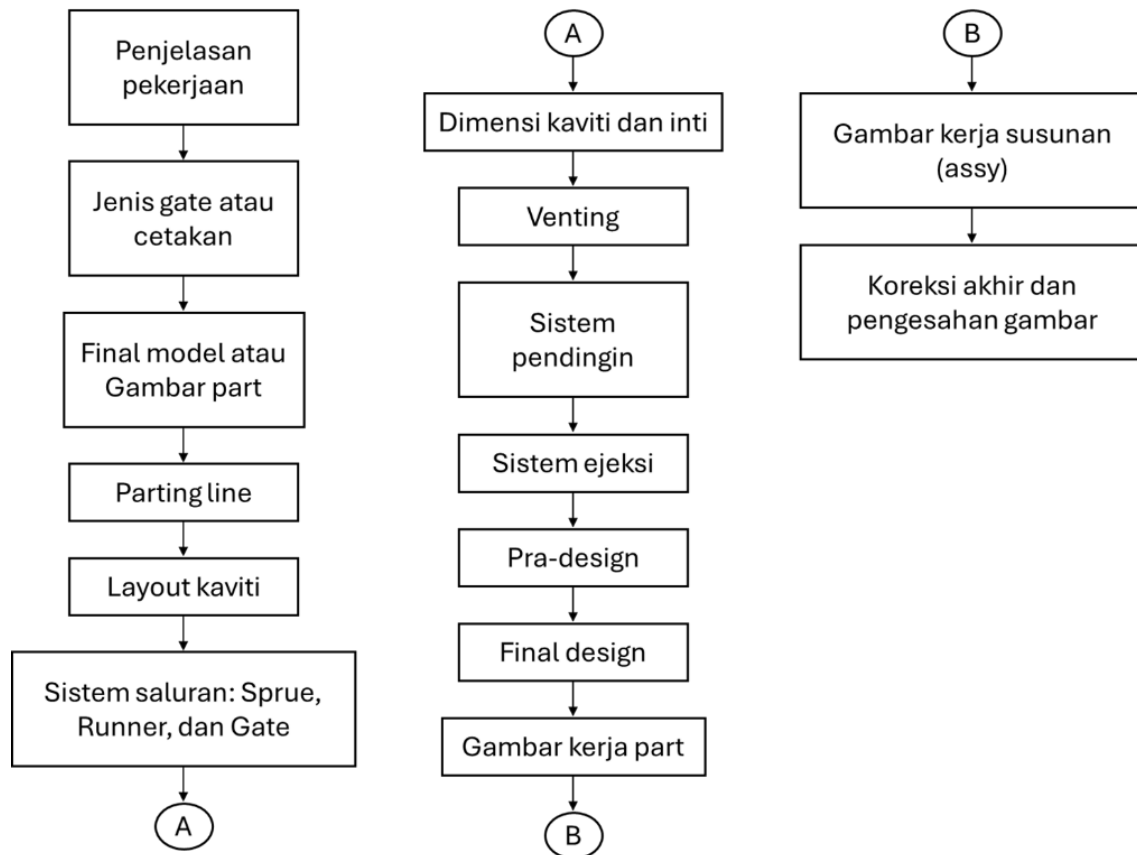
Produk rahang atas dan rahang bawah untuk perangkap tikus mekanik merupakan komponen yang berpasangan sehingga lebih baik bila dicetak dalam satu cetakan (*family mold*) [1]. Kedua produk tersebut berpasangan dan dihubungkan dengan poros berdiameter 2,5 mm. Poros ini menimbulkan mekanisme buka tutup rahang atas terhadap rahang bawah saat berpasangan. Pada produk rahang atas, terdapat bentukan lubang dari kedua sisi dinding produk untuk tempat poros rahang di mana bentukan lubang tersebut memerlukan mekanisme *slider* pada *mold*. Material PP Homopolymer (*Polypropylene*) digunakan untuk produk ini karena karakteristik bahan pada sampel produk sama dengan karakteristik bahan PP dengan penyusutan 1,2-2,5%. Analisis parameter cetakan injeksi plastik dengan material polypropylene sebelumnya pernah dilakukan untuk memprediksi kegagalan produk [4]. Selain itu, analisis parameter juga pernah dilakukan untuk mempelajari kualitas dan mengurangi penyusutan deformasi pada produk [5] [6]. Selanjutnya, untuk penentuan jenis gate, terdapat bekas pemutusan gate pada sample produk (Gambar 2). Dari posisi dan bentukan patahan gate tersebut, gate yang digunakan adalah *edge gate*.



Gambar 2. Gate pada produk perangkap tikus mekanik plastik

2 METODOLOGI PENELITIAN

Gambar 3 menunjukkan alur tahapan perancangan cetakan plastik injeksi.



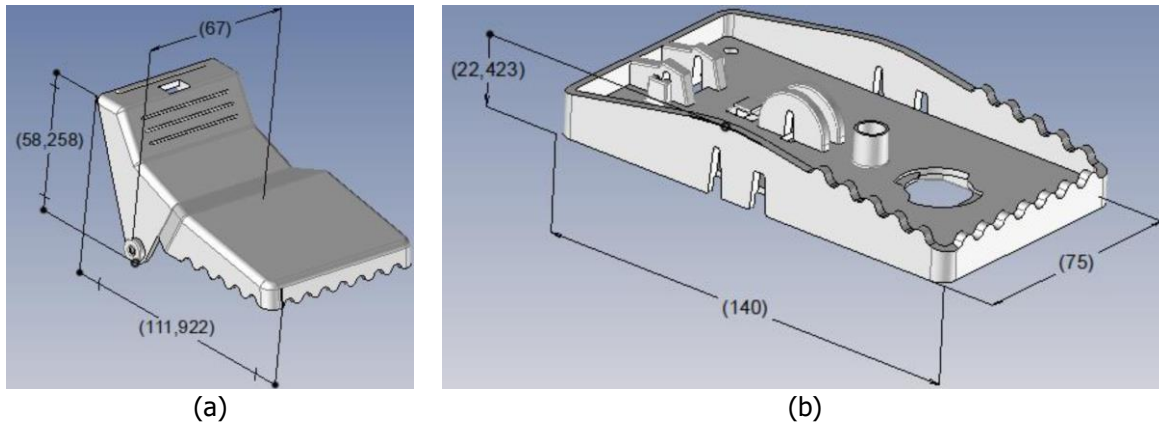
Gambar 3. Tahap perancangan produk

Penjelasan pekerjaan merupakan tahap identifikasi produk, gambar produk, fungsi produk, dan data produk. Tahap selanjutnya adalah menentukan jumlah cavity dan jenis cetakan. Kemudian, parting line mengacu pada yang sudah ada karena bekas parting line produk masih terlihat. Pada tahap layout cavity dan sistem saluran, beberapa alternatif dibuat untuk memilih alternatif terbaik. Berikutnya, konstruksi core dan cavity dibuat. Saluran udara juga dibuat agar udara tidak terjebak. Setelah semua design modeling selesai, langkah selanjutnya adalah membuat gambar part dan gambar susunan. Jika draft gambar 2D telah selesai, koreksi akhir dan pengesahan gambar dilakukan sebelum konstruksi menuju proses manufaktur.

3 HASIL

3.1 Data Produk

Setelah mempelajari dan mengukur sample produk, gambar kerja produk dibuat dengan detail yang ditunjukkan pada Gambar 4.



(a) (b)
Gambar 4. Produk (a) rahang atas dan (b) rahang bawah

Produk rahang atas dan rahang bawah perangkat tikus mekanik dengan material PP Homopolymer (polypropylene) memiliki penyusutan sebesar 1,6%. Massa jenis kedua produk sebesar $0,9 \text{ g/cm}^3$ dengan massa 31,23 g berdasarkan hasil SolidWorks. Sudut draft sebesar 1° dan tebal dinding dominan sebesar 2 mm.

3.2 Data Tuntutan

Pada perancangan cetakan untuk produk rahang atas dan rahang bawah, terdapat tuntutan-tuntutan yang harus dipenuhi. Tabel 1 dan Tabel 2 masing-masing menunjukkan daftar tuntutan produk dan daftar tuntutan mesin yang perlu dipenuhi.

Tabel 1. Daftar tuntutan produk

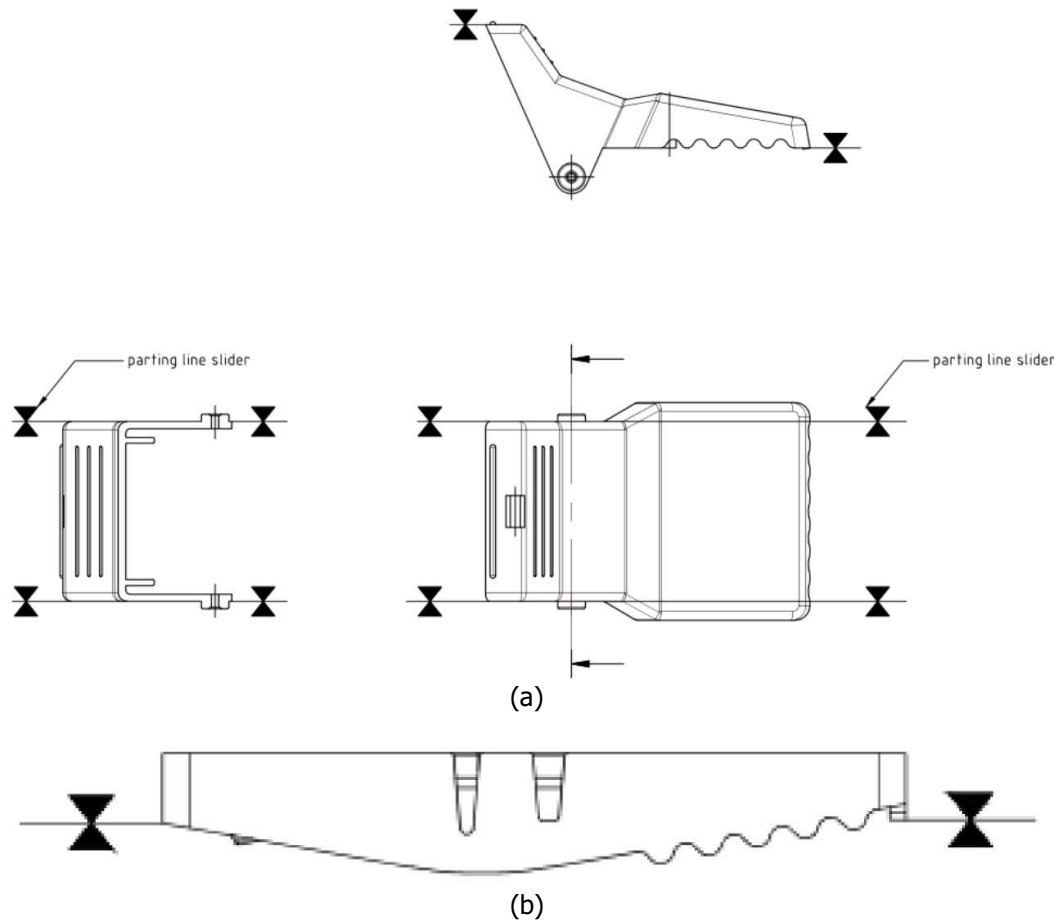
Tuntutan Produk	Spesifikasi	Keterangan
Tuntutan Utama		
Material	PP (Polypropylene)	<i>Shrinkage</i> 1,6 %
Warna produk	Hitam	-
Tampilan	Tanpa cacat	Tidak <i>flashing</i>
Tuntutan Pendukung		
Massa produk rahang atas	32 g	$\pm 0,5 \text{ g}$
Massa produk rahang bawah	40 g	$\pm 0,5 \text{ g}$

Tabel 2. Daftar tuntutan cetakan

Tuntutan Cetakan	Spesifikasi	Keterangan
Tuntutan Utama		
Jumlah cavity	4 cavity (2 cavity / produk)	-
Standar moldbase	Futaba	-
Jenis runner	Parabolic Runner	-
Jenis gate	Edge Gate	-
Jenis cetakan	Two plate mold	-
Standard komponen	Misumi	-
Tuntutan Pendukung		
Mesin Injeksi	Demag Erogtech 300/720-840	-

3.3 Parting Line

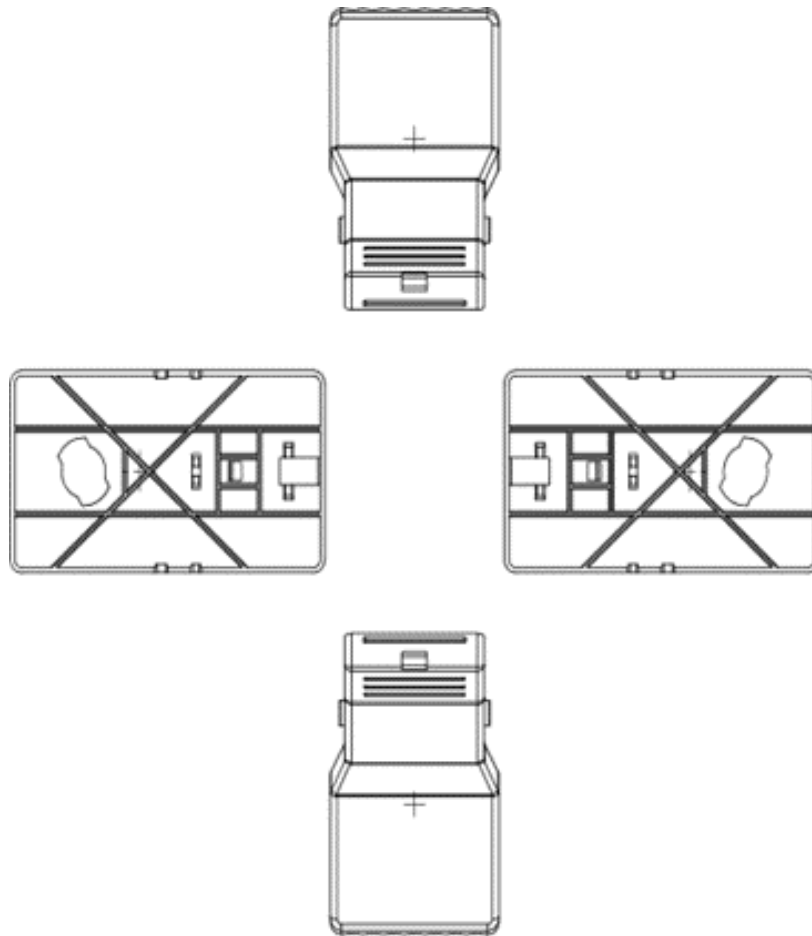
Parting line yang ada pada produk ditentukan berdasarkan geometri produk untuk kemudahan dalam proses pemessinan dan pelepasan produk pada ejeksi. Gambar 5 menunjukkan *parting line* dari produk rahang atas dan rahang bawah.



Gambar 5. *Parting line* produk (a) rahang atas dan (b) rahang bawah

3.4 *Layout Cavity*

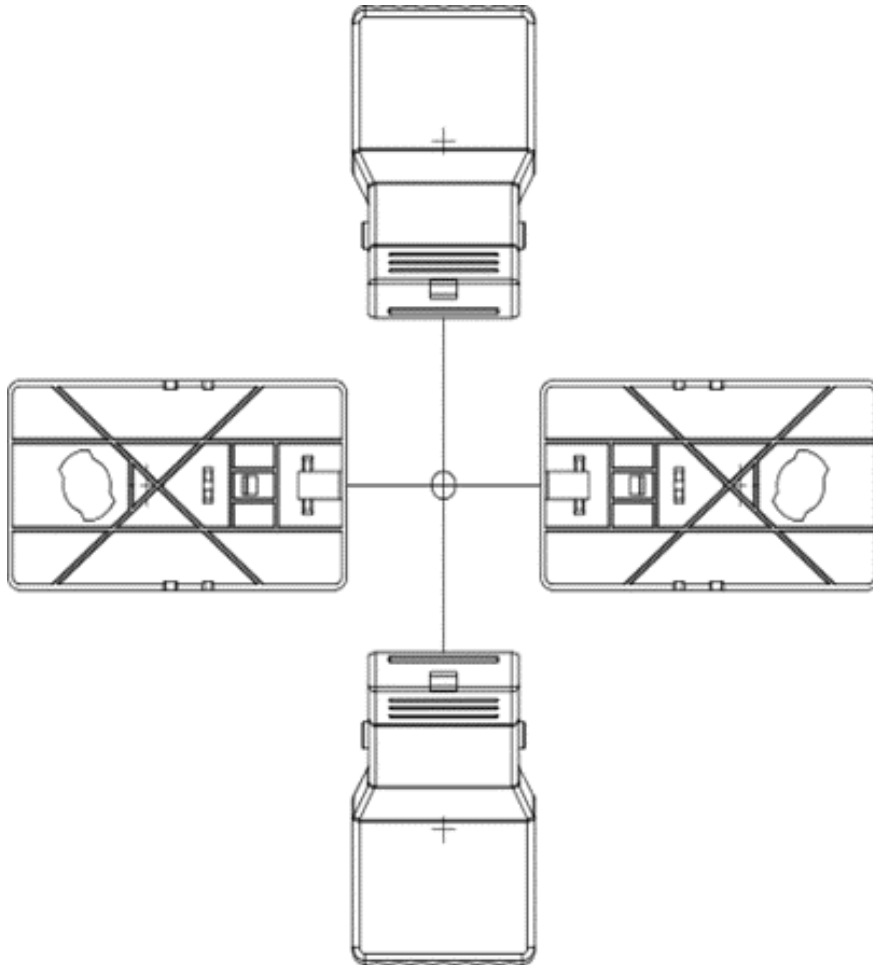
Layout cavity berpengaruh terhadap kesetimbangan aliran plastik, kesetimbangan pengisian cetakan, dan kesetimbangan mold itu sendiri [2]. Terdapat faktor-faktor yang harus dipertimbangkan agar tekanan yang diberikan oleh mesin dapat terbagi rata atau seimbang pada masing-masing kuadran *moldbase*, diantaranya adalah jumlah produk yang akan dicetak dan tata letak layout harus seimbang (*balance cavity*) dengan mempertimbangkan dimensi terluar dari *insert core cavity*. Gambar 6 menunjukkan layout cavity yang dipilih karena *balance cavity* dan mudah dalam konstruksi *slider*.



Gambar 6. *Layout cavity*

3.5 ***Layout Runner***

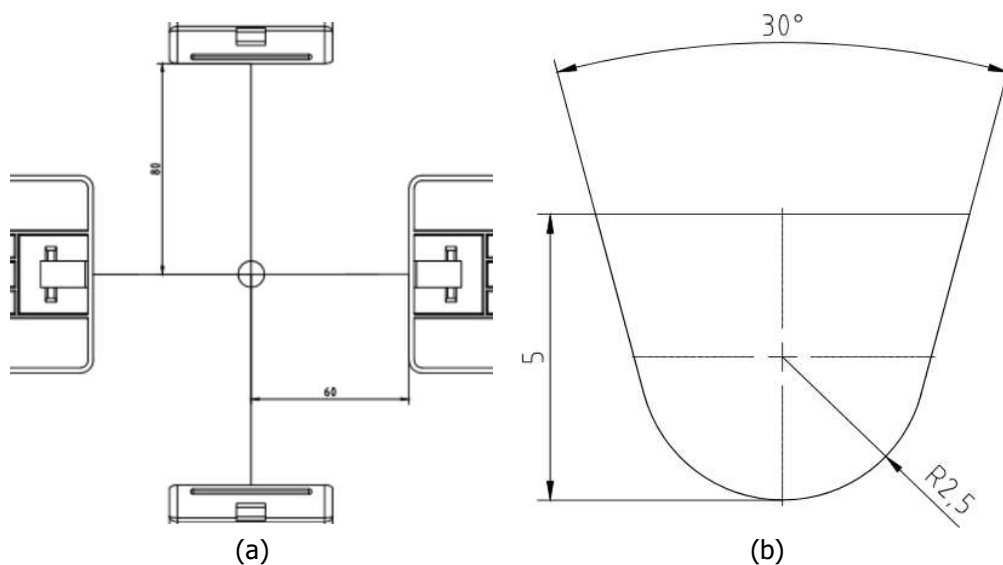
Sebagai saluran penghubung yang akan membawa material, penentuan geometri dan dimensi *runner* perlu dipertimbangkan dengan baik agar memudahkan dalam proses pembuatan dan dapat mengurangi berat/volume *runner* yang terbuang. Dalam pembuatan *runner*, dimensi *runner* dibuat sedekat mungkin atau seminimal mungkin dan percabangannya sesedikit mungkin. Gambar 7 menunjukkan *layout runner* yang dipilih berdasarkan *layout cavity* sebelumnya. *Layout runner* memiliki kelebihan *balance runner* dan tidak terdapat persimpangan *runner*.



Gambar 7. *Layout runner*

3.5.1 Perhitungan *Runner*

Gambar 8a menunjukkan panjang *runner* ke tiap produk. Gambar 8b menunjukkan penampang *runner* yang digunakan, yaitu *parabolic runner* [2].

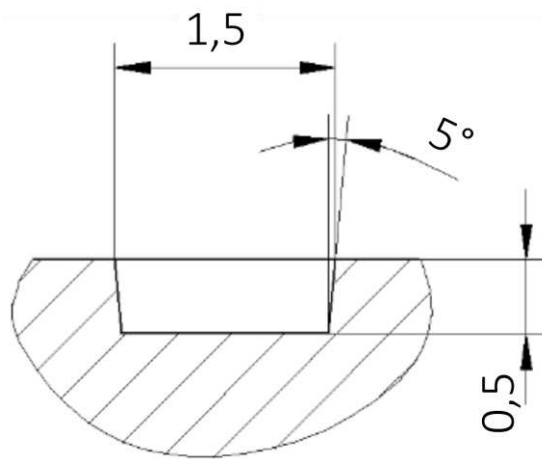


Gambar 8. (a) Panjang *runner* dan (b) penampang *runner*

Berdasarkan perhitungan Solidworks, massa rahang atas dan rahang bawah masing-masing adalah 31,23 g dan 39,96 g. Panjang *runner* dari *layout runner* untuk ke *cavity* masing-masing produk rahang atas dan rahang bawah adalah 80 mm dan 60 mm. Berdasarkan kedua hal tersebut, diameter untuk penampang *runner* produk rahang atas dan rahang bawah masing-masing didapatkan sebesar 4,5 mm dan 5 mm.

3.5.2 Perhitungan *Gate*

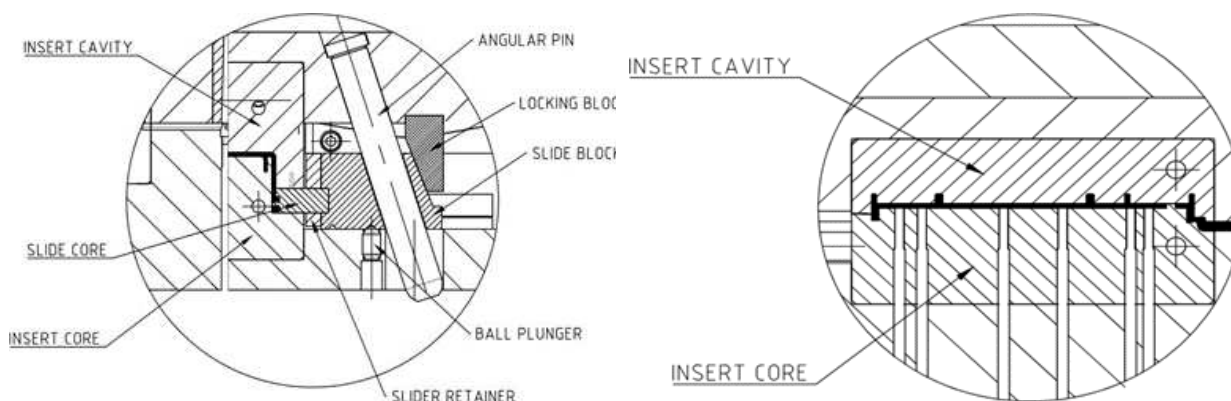
Setelah mendapatkan diameter untuk *runner*, selanjutnya adalah menentukan dimensi *gate*. Gambar 9 menunjukkan penampang *gate* jenis *edge gate* dengan penampang potong sebesar $0,75 \text{ mm}^2$ karena ukuran produk termasuk kecil [3].



Gambar 9. Penampang *gate*

3.6 Konstruksi *Cavity-core*

Pada konstruksi *mold*, komponen yang langsung menjadi pembentuk produk adalah *core*, *cavity*, dan *slider*. Dimensi pada *core* dan *cavity* yang dirancang sudah dikalikan faktor pembesaran dari faktor *shrinkage* material. Pada konstruksi *cavity-core* seperti ditunjukkan pada Gambar 10, konstruksi tersebut menggunakan insert block agar mudah dalam pemasangan dan pembuatan jalur *cooling* serta jalur *runner*. Untuk material bagian yang bersentuhan dengan material plastik (PP) menggunakan DIN 1.2316 yang memiliki karakteristik tahan karat, tahan gesek, dan mampu poles untuk permukaan *cavity* yang halus [4].



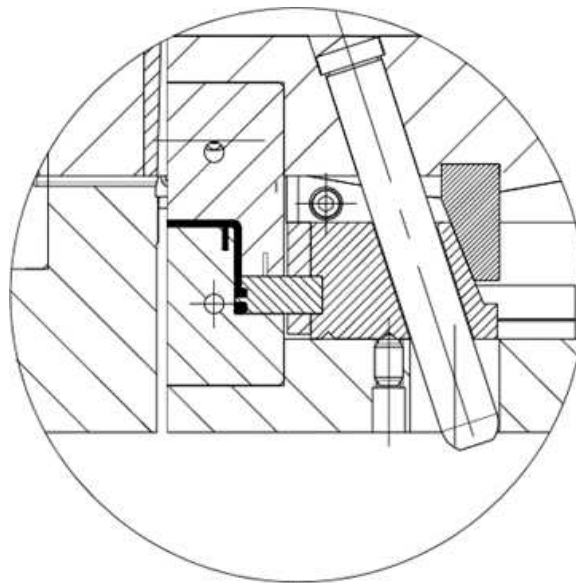
Gambar 10. Konstruksi *cavity-core*

3.7 Mekanisme Pembebas Produk

Mekanisme pembebas produk yang digunakan pada mold ini adalah *slider* yang berfungsi untuk membentuk serta membuka bagian dua lubang yang ada pada kedua bagian samping produk rahang atas.

3.7.1 *Slider*

Mekanisme *slider* yang digunakan adalah *angular pin* dengan bentukan produk pada *slider block*. Hal ini dikarenakan untuk mempermudah pembuatan dan pemasangan ke dalam konstruksi mold. Angular pin yang digunakan berdiameter 25 mm (standar misumi) dengan kemiringan 18°. Konstruksi *slider* pada perancangan kali ini menggunakan *slider* dengan sistem *insert* seperti ditunjukkan pada Gambar 11 agar proses pemesinan dan *assembly* lebih mudah.



Gambar 11. *Slider insert*

3.8 Estimasi *Clamping Force*

Metode yang digunakan untuk menentukan *clamping force* adalah metode Demag. Terdapat dua cara yang dilakukan, yaitu berdasarkan wall thickness dan flowpath serta berdasarkan factor tebal dinding. Berdasarkan wall thickness dan flowpath, *clamping force* yang dihasilkan sebesar 70,5 ton sedangkan berdasarkan factor tebal dinding, *clamping force* sebesar 43 ton. Berdasarkan dua nilai tersebut, hasil estimasi *clamping force* terbesar adalah hasil metode Demag berdasarkan wall thickness dan flowpath. Menyesuaikan dengan perhitungan tersebut, mesin yang digunakan adalah Demag Ergotech 300-840.

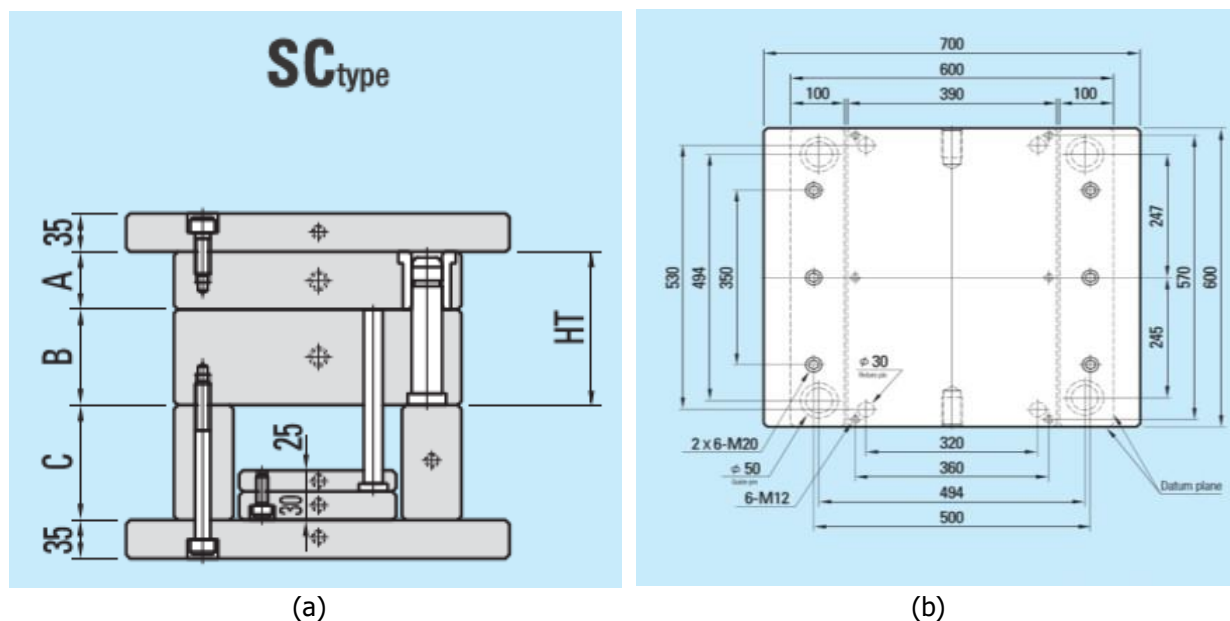
3.9 Analisis Kemampuan Mesin

Sebelum memulai perhitungan kontrol kemampuan mesin, beberapa data input diperlukan untuk perhitungan. Salah satu data yang dibutuhkan adalah *cycle time* (t_c) yang dapat dicari dari beberapa data juga, seperti waktu buka dan tutup mold, waktu *holding*, waktu ejsk, waktu injeksi dan waktu pendinginan. Berdasarkan nilai tersebut, total *cycle time* didapatkan sebesar 23,72 detik. Jumlah cavity berdasarkan gaya cekam mesin, berdasarkan kapasitas injeksi, berdasarkan kapasitas alir mesin, berdasarkan kapasitas *plasticizing* mesin adalah

masing-masing sebesar 3,62, 8,1, 594,9, dan 22,5. Nilai jumlah *cavity* tuntutan masih lebih kecil dari pada hasil tersebut sehingga mesin Demag Ergotech 300-840 mampu digunakan untuk mencetak produk pada cetakan *two plate family mold* untuk produk rahang atas dan rahang bawah.

3.10 Penentuan Moldbase

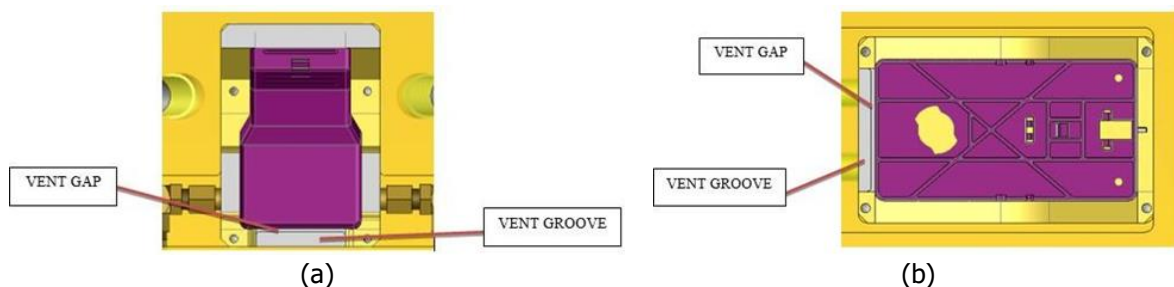
Berdasarkan layout *cavity* yang sudah dipilih, moldbase standar Futaba dipilih dengan seri SC type series 6060. Gambar 12 menunjukkan beberapa pelat yang digunakan antara lain pelat cekam atas (35 mm), pelat cekam bawah (35 mm), pelat *cavity* (60 mm), pelat *core* (110 mm), *spacer* (110 mm), pelat *ejector* atas (25 mm) dan bawah (30 mm).



Gambar 12. (a) Konstruksi dan (b) *layout moldbase* SC type

3.11 Sistem *Venting*

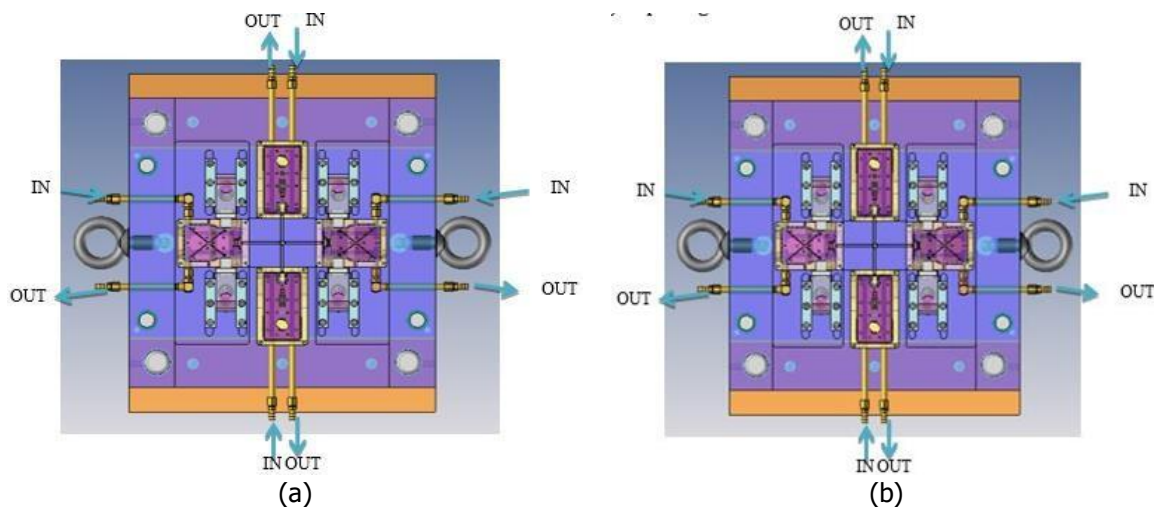
Venting berfungsi untuk mengeluarkan udara yang berada pada cetakan ketika proses injeksi berlangsung. *Venting* dibuat berdasarkan posisi *air trap* yang dihasilkan dari simulasi produk menggunakan software Solidworks. Gambar 13a menunjukkan hasil simulasi untuk produk rahang atas dan Gambar 13b menunjukkan hasil simulasi untuk produk rahang bawah. Dimensi yang digunakan disesuaikan dengan standar *venting* yang ada.



Gambar 13. *Venting* pada *cavity* (a) rahang atas dan (b) rahang bawah

3.12 Jalur *Cooling*

Diameter *cooling* yang digunakan pada konstruksi ini adalah sebesar 8,5 mm. Jalur *cooling cavity* dibuat satu jalur untuk setiap *cavity* untuk memaksimalkan pendinginan seperti pada Gambar 14a. Pada jalur *cooling* di *cavity* rahang atas, lubang bor dibuat miring yang mengikuti kemiringan dari elevasi kontur permukaan dikarenakan kontur yang berelevasi. Jalur *cooling core* dibuat menjadi satu jalur untuk setiap *insert core* untuk memaksimalkan pendinginan seperti pada Gambar 14b. Pada jalur *cooling* di *core* rahang atas, beberapa lubang bor untuk *baffle board* dibuat mengikuti kemiringan dari elevasi kontur permukaan *core* produk rahang atas dikarenakan kontur yang berelevasi dan ruang yang terbatas karena lubang *ejector*.



Gambar 14. Jalur *cooling* (a) *cavity* dan (b) *core*

3.13 Perancangan Buka-an

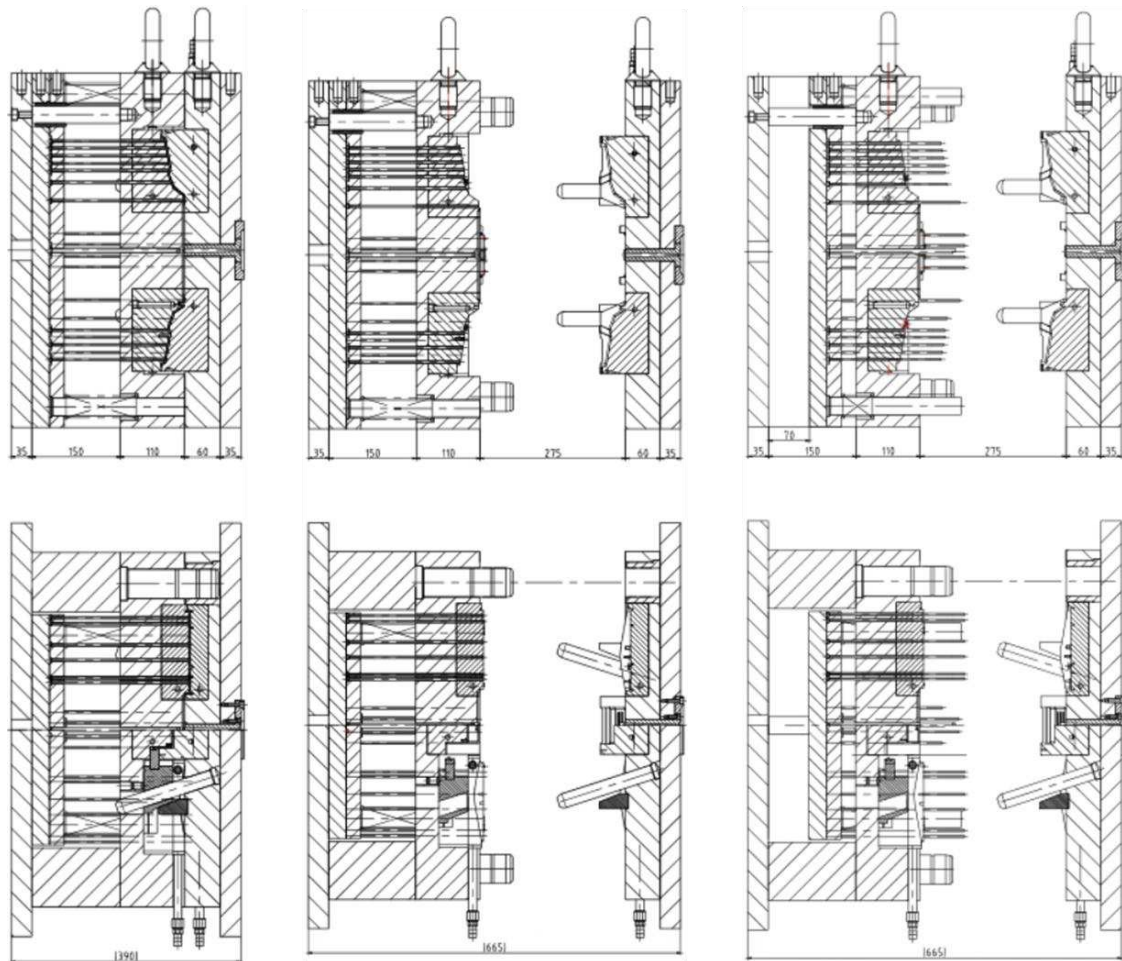
Bukaan yang digunakan untuk mengeluarkan produk dari mold adalah dengan adanya mekanisme slider serta adanya bentukan lain seperti sistem saluran (*sprue*, *runner*, *gate*). Bukaan produk diambil 275 mm dikarenakan jarak dari bagian ujung bawah produk yang paling tinggi (produk rahang atas) hingga bagian atas *sprue* adalah 132,76 mm. Jarak tersebut dikali dua dan ditambah 10 mm untuk mendapatkan jarak aman produk dan sistem saluran dapat terbebas dari mold. Bukaan pada slider yang dibutuhkan adalah sebesar 5,08 mm sehingga diambil bukaan slider sebesar 26 mm.

3.14 Pemilihan Pegas

Pegas yang digunakan pada konstruksi mold untuk produk rahang atas dan rahang bawah menggunakan standar misumi dengan kode SWY 42-130 yang dipilih berdasarkan perhitungan berat pelat *ejector* serta jarak antara pelat *core* dan pelat *ejector* atas.

3.15 Tahap bukaan

Gambar 15 menunjukkan tahap bukaan mold. Proses awal adalah mold tertutup dan terjadi proses injeksi material ke dalam cetakan. Setelah injeksi, holding dan cooling dilakukan. Kemudian, terjadi bukaan mold sepanjang 275 mm dan dilanjutkan proses ejsksi dengan panjang stroke 70 mm.



Gambar 15. Jalur *cooling* (a) *cavity* dan (b) *core*

4 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, perancangan cetakan injeksi plastik two plate family mold dengan slider untuk produk rahang atas dan rahang bawah perangkat tikus mekanik telah dilakukan. Ukuran moldbase yang digunakan adalah standar moldbase Futaba SC Series type 6060 dengan jumlah cavity yang dibuat sesuai tuntutan, yaitu empat buah di mana dua buah tiap produknya. Mekanisme ejeksi yang dirancang menggunakan pin ejektor sedangkan mekanisme pembebas slider pada produk rahang atas menggunakan angular pin dengan diameter 25 mm yang diposisikan dengan kemiringan 18°. Jarak bukaan slider yang dibutuhkan adalah 5,08 mm sehingga dibuat mekanisme bukaan slider adalah sebesar 26 mm. Mesin injeksi yang digunakan merupakan mesin Demag Erogotech 300/720-840 dengan kapasitas mesin 300 ton. Analisis kemampuan mesin untuk mencetak produk dalam jumlah cavity sesuai dengan tuntutan dengan asumsi total cycle time selama 31,72 detik. Hal ini menunjukkan spesifikasi mesin yang ada pada daftar tuntutan telah mencukupi dan sesuai dengan tuntutan.

5 REFERENSI

[1] R. I. Media and D. C. Wibowo, "Perancangan Cetakan Injeksi Plastik Two Plate (Slider

- With Reciprocating Lifter) untuk Produk Battery Cover Syringe Pump," *JTRM (Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur)*, vol. 4, no. 2, pp. 87-100, 2022.
- [2] R. I. Media, I. P. Ilyas and M. Qomarudin, "Analisis Parameter Proses Injeksi 3D Printed VeroWhite Plus Rapid Tooling Dengan Metode Design of Experiments," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 3, pp. 543-559, 2021.
- [3] C.-T. Huang, T.-W. Lin, W.-R. Jong and S.-C. Chen, "A Methodology to Predict and Optimize Ease of Assembly for Injected Parts in a Family-Mold System," *Polymers*, vol. 13, no. 18, p. 3065, 2021.
- [4] R. I. Media, R. Adhianto, Y. Y. Erlangga and M. F. Friyadi, "Analisis Parameter Cetakan Injeksi Plastik Menggunakan Simulasi CAE untuk Memprediksi Kegagalan Produk Front Cover MiFUS®," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 2, pp. 241-248, 2022.
- [5] F. Finkeldey, J. Volke, J.-C. Zarges, H.-P. Heim and P. Wiederkehr, "Learning quality characteristics for plastic injection molding processes using a combination of simulated and measured data," *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 60, pp. 134-143, 2020.
- [6] N.-y. Zha, J.-y. L. P.-f. Wang and Z.-b. Xu, "Recent progress in minimizing the warpage and shrinkage deformations by the optimization of process parameters in plastic injection molding: A review," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 120, pp. 85-101, 2022.
- [7] R. I. Media, "On-Line Quality Control in the Injection Molding Machine for the Process Statistic of Thermoplastics Material," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 912, pp. 37-44, 2023.
- [8] G. Menges, W. Michaeli and P. Mohren, *How to make injection molds*, Munich: Carl Hanser Verlag, 2001.
- [9] P. Unger, *Gastrow Injection Molds*, Munich: Hanser, 2006.
- [10] H. Rees, *Injection Mold Design*, Munich: Hanser Publishers, 2001.

