

# Studi Kasus Pemilihan Jenis *Runner* pada *Injection Molding* Plastik

## *Case Study Selection Type of Runner for Injection Molding Plastic*

Puji Basuki<sup>1\*</sup>, Agustien Zulaidah<sup>2</sup>, Ricka Prasdiantika<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pandanaran

<sup>2</sup>Teknik Kimia, Universitas Pandanaran

<sup>3</sup>Teknik Elektronika, Universitas Pandanaran

Email: <sup>1</sup>basuki.p@unpand.ac.id, <sup>2</sup>zagustien@unpand.ac.id, <sup>3</sup>ricka.prasdiantika@unpand.ac.id

\*Penulis korespondensi: [basuki.p@unpand.ac.id](mailto:basuki.p@unpand.ac.id)

### ABSTRAK

*Injection molding* adalah salah satu cara proses produksi plastik yang makin banyak digunakan. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya perusahaan pembuat cetakan (*mold maker*). Berdasar penempatan saluran pengisian ke dalam rongga cetak dikelompokkan dalam 2 (dua) jenis, yaitu *runner* panas dan *runner* dingin. Tujuan penelitian untuk melihat keuntungan dan kekurangan masing-masing berdasarkan studi kasus agar dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan *runner* yang sesuai. Penelitian dilakukan pada cetakan dari semula menggunakan *runner* dingin kemudian dimodifikasi menggunakan *runner* panas. Perbandingan sebelum dan sesudah modifikasi diperoleh hasil rasio berat *runner* turun dari 60 % menjadi nol persen. Langkah bukaan cetakan turun dari 170 mm menjadi 75 mm atau sebesar 44 %.

**Kata kunci:** *cavity hot runner, injection molding, plastik*

### ABSTRACT

*Injection molding* is one of the most widely used methods of the plastic production process. This is indicated by grow up of mold makers company. Based on the placement of the filling channel into cavity, they are 2 (two) types. The first is cold runner or convensional and the second is hot runner. The purpose of this research is to collect advantages and disadvantages of each based on a case study. So that it can be taken into consideration in determining the appropriate runner. The research was conducted on a cold runner mold which was then modified using a hot runner. The comparison before and after the modification results in the runner weight ratio dropping from 60% to zero percent. The step of the mold opening decreased from 170 mm to 75 mm or by 44%.

**Keywords:** *cavity hot runner, injection molding, plastic*

## 1. PENDAHULUAN

Pemakaian material plastik saat ini semakin banyak digunakan. Pada industri otomotif komponen mobil yang sebelumnya menggunakan logam sebagian besar digantikan oleh plastik. Misalnya *bumper, handle* pintu, tuas pemindah gigi, pijakan kaki, rumah spion. Sedangkan pada industri peralatan rumah tangga pemakaian piring logam, sendok logam, wadah air minum dari kaca, rak aluminium dan lainnya banyak yang beralih ke bahan plastik. Ada yang beralih ke plastik secara keseluruhan ada juga yang hanya sebagian. Plastik bukan hanya menggantikan logam dan kaca tetapi bahan dari kayu dan bambu juga digantikan diantaranya bakul nasi dari bambu, periuk dari batok kelapa, meja dan kursi kayu. Hal ini karena plastik memiliki beberapa kelebihan diantaranya ringan, mudah dibentuk, kuat, tidak berkarat, tahan terhadap bahan kimia, mempunyai sifat isolasi listrik, mudah diwarnai.

Salah satu dari cara proses plastik adalah menggunakan *injection molding*. Dengan cara memasukan bahan plastik menggunakan tekanan dan kecepatan masuk ke dalam rongga cetak yang dibuat dari logam. Pertama kali mesin injeksi ditemukan kemudian dipatenkan pada tahun 1872 di Amerika Serikat. Kemudian dikembangkan lebih lanjut di German pada tahun 1920. Prinsip *injection molding* adalah bahan *thermoplastic*

dipanaskan sampai titik leleh di dalam *barrel*. *Barrel* berbentuk tabung dengan dikelilingi *heater*. Setelah *thermoplastic* leleh sampai lunak, disuntikan dengan kecepatan dan tekanan yang kuat ke dalam *molding*.

*Hot Runner system* atau disebut tanpa *runner* karena memang tidak ada plastik sebagai *runner* yang keluar, hanya produk dari *cavity* yang dihasilkan dari cetakan, sehingga secara efisiensi pemakaian bahan lebih tinggi. Selain itu mesin injeksi tidak terlalu banyak kehilangan tekanan untuk mendorong plastik masuk ke dalam rongga cetak, sedangkan pada sistem konvensional akan dikeluarkan *runner*. Dengan demikian diperlukan proses pencacahan *runner* untuk mengurangi kerugian bahan yang tidak terpakai. *Hot runner* memiliki keunggulan diantaranya tidak terjadi penurunan tekanan injeksi yang besar sampai pada rongga *cavity*, tidak ada material yang terbuang sebagai *runner* dingin, dapat mengurangi *weld line* dan udara terjebak. Simulasi ini dilakukan menggunakan *software Pro/ENGINEER* [1].

*Runner* dingin adalah sistem secara konvensional. Dengan aliran bahan dari *barrel* dan *nozzle* yang memiliki *heater*. Lalu setelah *nozzle* sudah tidak ada *heater*. Sehingga material makin lama semakin dingin. Jalur yang dilewati adalah *sprue*, *runner*, *gate* dan terakhir ke dalam rongga cetak. Semakin panjang jalur yang dilewati maka akan semakin banyak terjadi penurunan temperatur dan tekanan. Hal ini tentu saja akan menghabiskan tenaga. Material akan semakin sulit didorong. Oleh karena itu peluang terjadinya udara terjebak, *weldline*, dan permukaan kasar semakin besar [2]. Selain itu akan terdapat material plastik yang ikut tercetak tetapi sebagai bukan *produk*, yaitu *sprue*, *runner* dan *gate*. Untuk mengurangi kehilangan material maka perlu dilakukan proses daur ulang dari bentuk non produk. Caranya adalah melakukan penggilingan, lalu dicampur secara proporsional dengan material original untuk masuk ke *hopper*. Sedangkan dari pengambilan produk terjadi 2 (dua) langkah yaitu pengambilan produk sendiri dan pengambilan *runner system* agar tidak menutup pengisian berikut, selanjutnya dimasukan ke dalam mesin pencacah. Gerakan ini tentunya memerlukan waktu sehingga menambah *cycle time* produksi. Maka secara umum siklus *runner* konvensional lebih lama dari pada *hot runner*. Pada *runner* dingin untuk produk yang besar terjadi kelengkungan lebih besar dibanding dengan *runner* panas. Terjadi perbedaan ukuran antara rongga cetak dibanding produk akhir atau disebut penyusutan. Penyusutan lebih besar sehingga terjadi selisih yang banyak antara ukuran rongga cetak dengan ukuran benda jadi. Hal ini mengakibatkan kepastian kontrol kepastian dimensi lebih sulit [3].

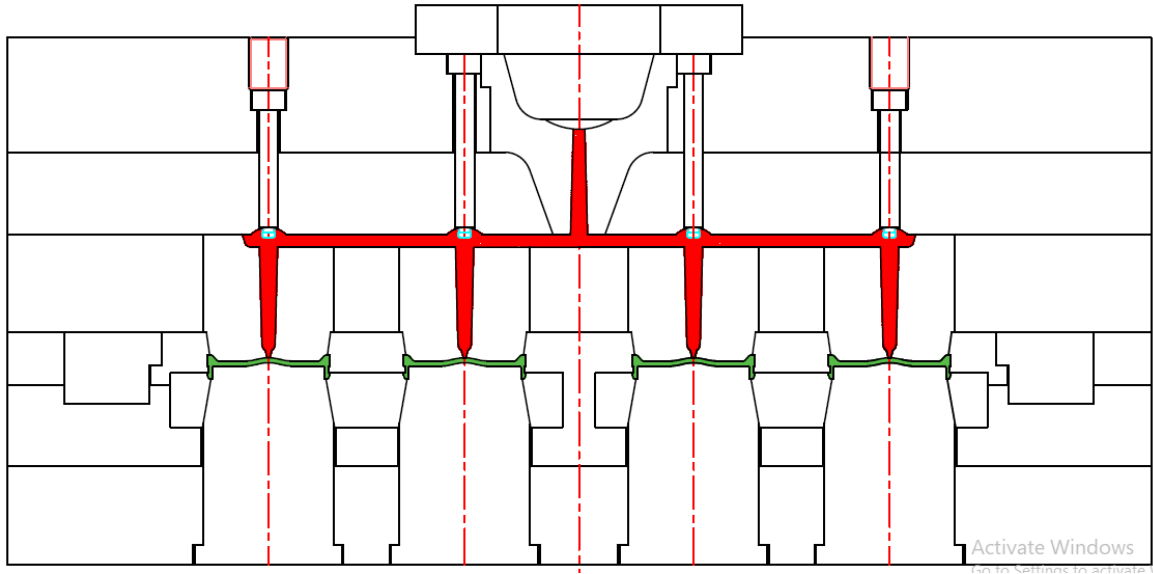
Penyelidikan pada *runner* dingin pada saat ukuran penampang *runner* kecil biarpun semua dibuat sama dan seimbang ternyata bisa saja menghasilkan berat produk dan kecepatan pengisian yang berbeda. Padahal sudah dibuat *mirror* dan simetris. Efek keseimbangan makin baik pada saat penampang *runner* diperbesar. Hal ini karena efek dari gesekan antara material dengan dinding *runner* [4]. Salah satu cara peningkatan hasil produktitas adalah menambah jumlah *cavity*. Misalnya dari 2 (dua) *cavity* menjadi 4 (empat). Tetapi hal ini akan menaikkan kekuatan *tonnage* mesin yang digunakan. Hasil setiap siklus waktu memang bertambah. Selain itu jumlah *runner* yang terbentuk juga akan bertambah dalam setiap satu siklus. Pengaturan keseimbangan kecepatan pengisian, berat produk, keseragaman untuk semua *cavity* juga semakin sulit pula. Biaya investasi pembuatan cetakan semakin mahal [5]. Menekan biaya cetakan dilakukan dengan pembuatan sistem *insert*. Menggunakan *mold* yang sama, tetapi dibuat *insert* yang berbeda. Sehingga diperoleh produk yang berlainan. Ini bisa menekan biaya cetakan sampai 46.7 % tetapi akan diperlukan *skill* tenaga kerja yang lebih tinggi [6].

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada cetakan Tutup *Tumbler*, jumlah *cavity* 4 (empat), bahan ABS. Pada awalnya *mold* menggunakan konstruksi *runner* dingin. Karena adanya tuntutan efisiensi pemakaian material, kemudian konstruksi diganti dengan *runner* panas. Data berupa berat *runner*, berat produk diambil secara teoritis dan aktual hasil proses penimbangan setelah plastik dicetak. Informasi tambahan diperoleh dengan cara wawancara ke operator produksi, mekanik, staff *quality control* dan supervisor, semua data dibandingkan.

### 2.1 Sistem Hot Runner

Sistem *hot runner* meliputi *manifold* dengan dikelilingi heater. Fungsi utama manifold adalah mengalirkan plastik ke dalam rongga cetak. Perkembangan teknologi *manifold hot runner* meningkat seiring tuntutan industri dengan memperbaiki kekurangan model sebelumnya. *Runner* dingin hanya berupa saluran yang dibentuk oleh 2 plat saling bertemu. Salah satu atau keduanya diberi alur sehingga terbentuk semacam kanal sebagai tempat plastik lewat. Tanpa adanya sistem pemanas pada sekelilingnya. Setiap kali cetakan dibuka akan mengeluarkan bagian plastik berupa batangan *runner*. Hal ini dihitung sebagai pemborosan (*waste*), oleh karena itu sebaiknya dihilangkan agar efisiensi pemakaian material meningkat [7]. Konstruksi *mold runner* dingin lihat gambar-1.

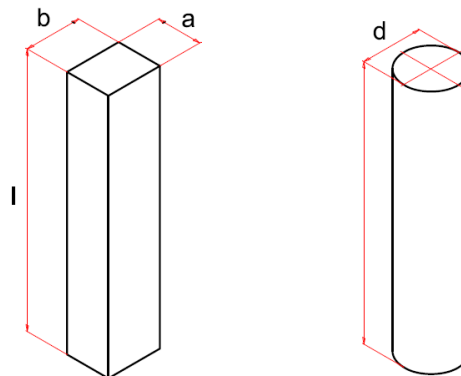


Gambar-1. Konstruksi mold runner dingin

Produk menggunakan *hot runner* biarpun mengalami panas lebih lama pada jalur yang panjang setelah dilakukan pengujian *mechanical properties* tetap menunjukkan hasil baik. Tanpa terjadi penurunan kualitas [8].

## 2.2 Berat Plastik Hasil Injeksi dan Rasio Runner

Berat plastik hasil injeksi dihitung dengan cara luas penampang dikalikan panjang. Diperoleh volume. Kemudian dikalikan dengan *density*. *Density* dengan simbol  $\rho$  dibaca rho dalam  $g/mm^3$  diperoleh dari spesifikasi bahan yang dikeluarkan oleh pabrik material plastik. Notasi dijelaskan pada gambar-2. Rasio *runner* adalah berat *runner* dibagi berat produk. Semakin tinggi rasio *runner* dinilai semakin buruk. *Runner* sebagai *waste* alias pemborosan. *Runner* tidak bisa dijual. *Runner* perlu didaur ulang agar bisa memiliki nilai ekonomis. Apalagi produk dengan warna cerah. Pengolahan *runner* semakin menyulitkan dengan adanya potensi kotor.



Gambar-2. Notasi persamaan

$$A = a \times b \quad (\text{segi empat}) \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2 \quad (\text{bulat}) \quad (2)$$

$$V = A \times l \quad (3)$$

$$W = \rho \times V \quad (4)$$

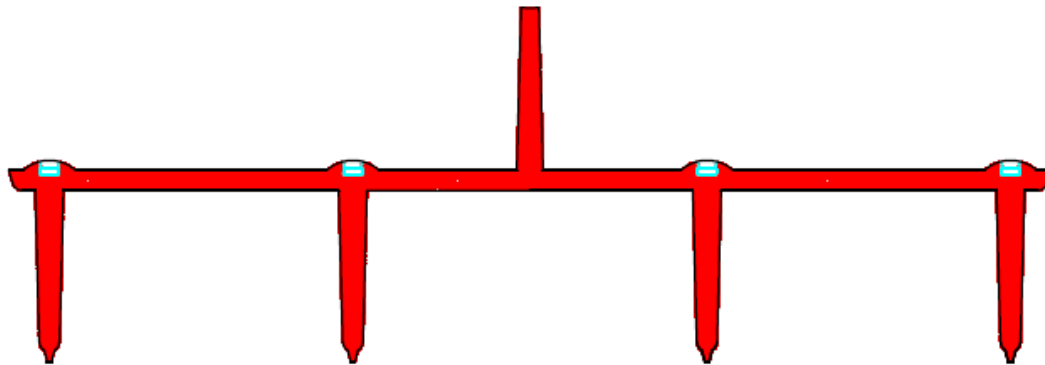
$$R = \frac{W_{runner}}{W_{produk}} \times 100 \% \quad (5)$$

a = lebar	(mm)
b = tinggi	(mm)
A= luas penampang	(mm <sup>2</sup> )
d = diameter	(mm)
V= Volume	(mm <sup>3</sup> )
$\rho$ = Density	(gr/mm <sup>3</sup> )
W= Berat plastik	(gr)
R = Rasio Runner	(%)

Panjang langkah *mold* (*mold open stroke*) adalah gerakan yang dikendalikan oleh mesin injeksi. Siklus mesin injeksi adalah tutup *mold*-pengisian-pendinginan-buka *mold*-pengeluaran produk dan *runner*. Panjang langkah diatur melalui parameter setting. Selain itu dipastikan dengan pemasangan *limit switch* agar tidak melebihi batas langkah (*over stroke*). Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan. Secara mekanis *mold* juga diberi pengaman.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Cetakan tutup tumbler sudah dipakai untuk produksi selama 6 (enam) bulan. *Mold* menggunakan sistem *runner* dingin. Lihat gambar-1. Aliran bahan plastik melalui *sprue* menuju *runner*. Dari *runner* menuju 4 (empat) buah lubang *gate* dan masuk ke *cavity* untuk membentuk produk. Setelah produk dingin cetakan dibuka. Produk didorong keluar. *Runner* terbawa ke arah plat *runner* karena adanya *puller*. Lalu plat *runner* mendorong *runner* terlepas dari *puller*. Maka *runner* akan jatuh. Lihat *runner* pada gambar-3. Produk dihasilkan 4 (empat) buah seperti pada gambar-4.



Gambar-3. Runner



Gambar-4. Produk hasil cetak jumlah 4 buah

Dari analisa gambar cetakan diperoleh perhitungan berat *runner* dan produk. Runner terdiri dari *Sprue* 0.610 gram, Saluran *Runner* 3.815 gram, *Gate* 2.442 gram, sehingga jumlah total 6.867 gram. Sedangkan produk 4 buah dengan berat @ 2.966 gram, total berat produk 11.864 gram. Data lengkap bisa dilihat pada tabel-1.

**Tabel-1.** Data dimensi dan berat plastik

DESCRIPTION	unit	Gate	Runner	Sprue	Produk
Diameter	mm	4.5	4.5	4.5	37
Area	mm <sup>2</sup>	15.896	15.896	15.896	1074.665
Length	mm	32	200	32	2.3
Volume	mm <sup>3</sup>	508.680	3179.250	508.680	2471.730
Volume	cm <sup>3</sup>	0.509	3.179	0.509	2.472
Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.2	1.2	1.2	1.2
Weight per pc	gram	0.610	3.815	0.610	2.966
Qty	pc	4	1	1	4
Weight	gram	2.442	3.815	0.610	11.864

Berhubung cetakan sudah digunakan maka berat diperiksa dari hasil timbang mengambil produk aktual. Diperoleh hasil timbang *Runner* 7.23 gram, sedangkan hasil timbang produk dari *cavity* 1, 2, 3, 4 adalah 11.95 gram. Hal ini lebih berat daripada teoritis disebabkan oleh adanya perbedaan ukuran karena proses amplas dan polesh saat perawatan  *mold*.

Untuk melihat efisiensi pemakaian material dihitung berdasar rasio *runner* , pada persamaan (6).

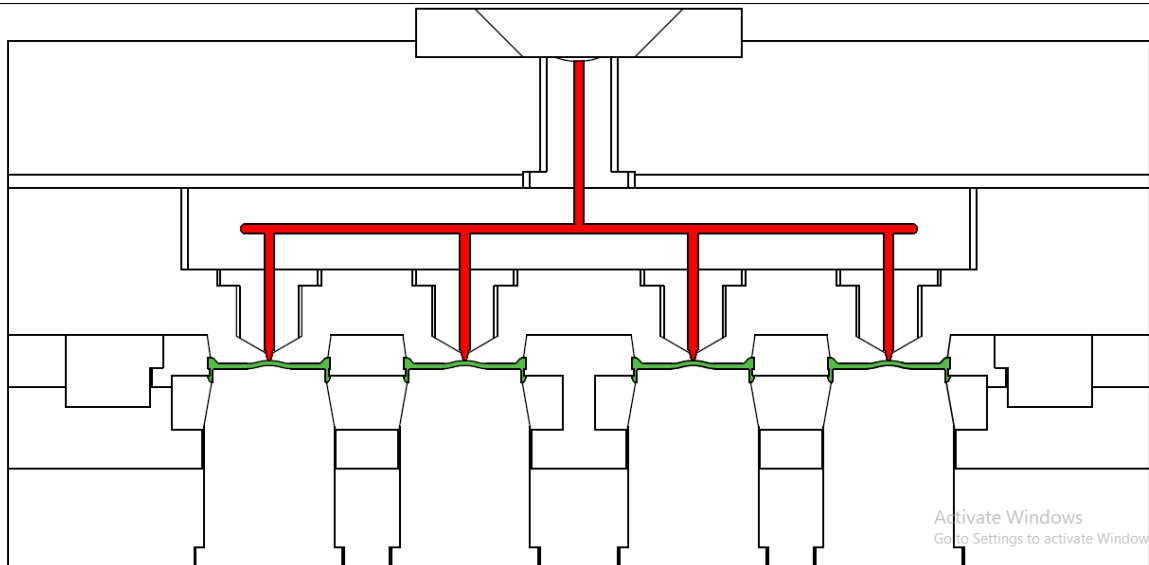
$$R = \frac{7.23}{11.95} \times 100 \% \quad (6)$$

Rasio *Runner* = 60.5 %

Berhubung untuk menjaga kualitas produk, yaitu menghindari terjadinya degradasi *properties* material maka pencampuran hasil *crusher runner* dibatasi maksimal 10 %. Pembatasan ini menyulitkan terhadap pengelolaan material dalam produksi. Bisa saja dilakukan pertukaran material dengan produk lain. Tetapi ini menjadikan tergantung dengan cetakan lain yang sedang jalan. Bagaimanapun juga setiap cetakan dituntut bisa mandiri dalam pengelolaan material. Oleh karena itu diperlukan perubahan terhadap konstruksi  *mold* dari *runner* dingin ke *runner* panas.

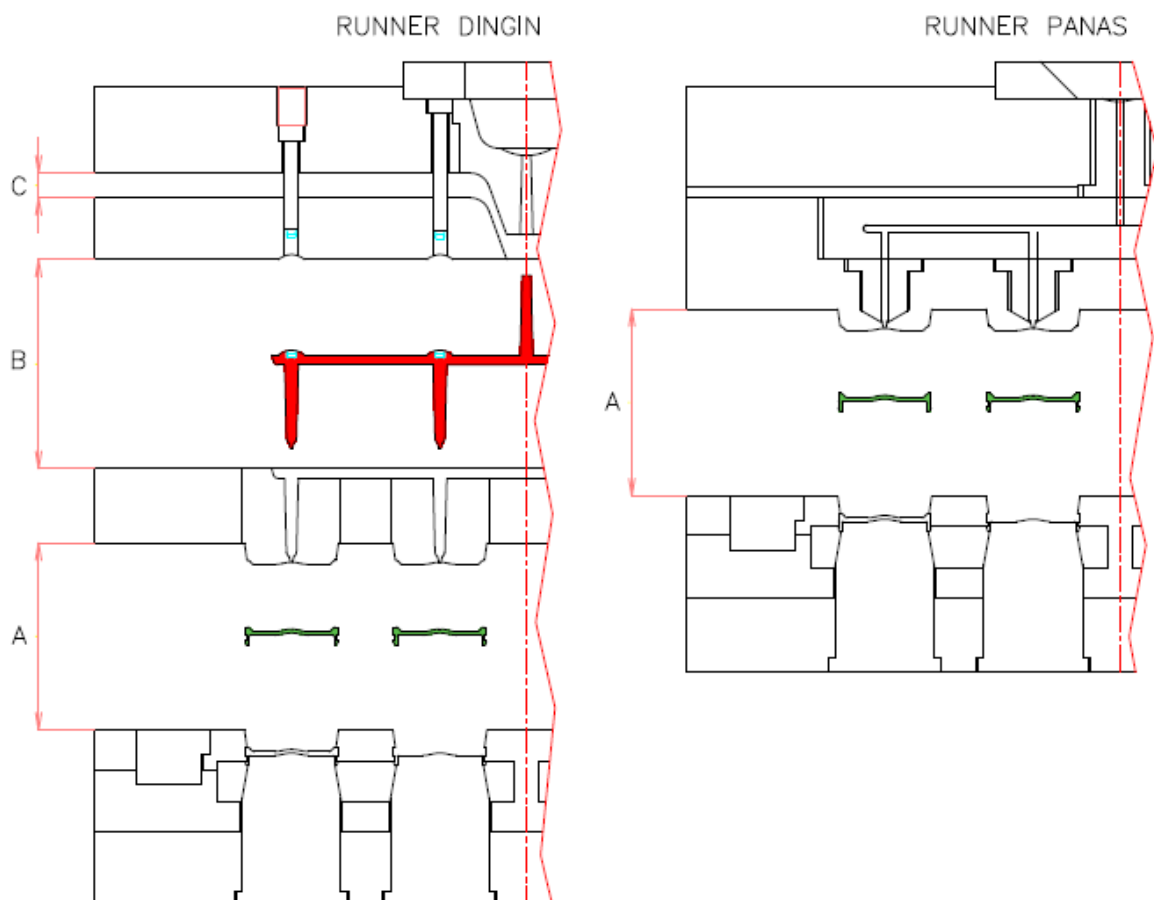
Modifikasi  *mold* dengan cara mengganti *sprue* dingin dengan *sprue* panas (*hot sprue*), yaitu *sprue* dengan *heater* dan sensor panas (*thermocontrol*), mirip sebagai perpanjangan *nozzle* mesin injeksi. Sehingga material plastik akan selalu cair didalam *sprue*. Plat *runner* diganti oleh *manifold* yaitu suatu plat dengan lubang aliran plastik di dalamnya. Plat *manifold* memiliki *heater* dan sensor panas agar bisa dikendalikan. Dengan adanya *manifold* maka plat *runner*, *puller runner* sudah tidak diperlukan. Langkah buka cetakan (*open mold stroke*) menjadi berkurang. Untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar-5.

Rute aliran plastik setelah dari *manifold* adalah menuju *gate* panas. Konstruksi mirip dengan *hot sprue*. *Gate* berjumlah 4 (empat) sesuai dengan jumlah *cavity*. Sehingga setiap langkah buka cetakan akan menghasilkan 4 (empat) produk secara bersamaan. Produk akan terputus di ujung *gate*. Ini adalah perbatasan antara plat dengan *heater* dan plat tanpa *heater*. Pada plat *cavity* tidak ada *heater*. Plat *cavity* malah harus terdapat lubang pendingin. Jika tidak terdapat kemungkinan plat akan panas berlebihan (*overheat*). Hal ini akan merusak bentuk produk, menambah *cycle time*, merusak cetakan. Pada langkah buka keluar hanya produk, tanpa *runner*, sehingga *zero waste*.



Gambar-5. Konstruksi  *mold runner panas*

Perubahan jenis *runner* menyebabkan plat yang dibuka lebih sedikit. Perbandingan langkah buka terlihat pada gambar-6. Pada *runner* dingin diperlukan bukaan A yaitu pada area produk. Ruang ini harus aman terhadap jatuhnya produk tanpa menabrak permukaan cetakan. Sebab dapat menimbulkan kerusakan berhubung masih kondisi panas. Kemudian diperlukan ruang B untuk pelepasan *runner*. Lebar harus cukup untuk mengambil *runner* menggunakan tangan secara manual atau otomatis menggunakan lengan robot. Selain itu diperlukan langkah C untuk melepas *puller* dari *runner*.



Gambar-6. Perbandingan panjang langkah buka  *mold*



#### 4. KESIMPULAN

Perubahan konstruksi *modal* dari *runner* dingin ke *runner* panas mampu menghilangkan pemborosan material sebagai *runner*. Dari rasio *runner* 60.5 % menjadi *runnerless* alias 0 %. Langkah bukaan *modal runner* dingin 75 mm untuk pelepasan produk, 85 mm untuk area *runner* jatuh, 10 mm untuk pelepasan *runner* terhadap *puller*. Total 170 mm. Langkah bukaan *runner* panas 75 mm untuk pelepasan produk saja. Menjadi 75 mm dari sebelumnya 170 mm atau sebesar 44 %. Penelitian lanjut diperlukan untuk mendapatkan konstruksi *heater* yang kuat, tidak mudah rusak, tangguh saat dibongkar, proses perawatan gampang, mudah dibersihkan, mudah dalam pencucian warna material. Tidak rentan terhadap tersumbatnya benda asing. Tetapi mudah dibersihkan dan aman dari resiko material menempel pada celah yang terbentuk.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Pandanaran atas dukungan dalam penelitian *modal* ini. Kepada Politeknik Negeri Cilacap atas kesempatan mengikuti seminar nasional 2022 ini. Terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Surakarta dan seluruh kolega atas koreksi dan masukan dalam tulisan ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. C. Sekhar, N. J. Krishana, and M. T. C. A. D. Cam, "Hot Runner Mould Design and Plastic Flow Analysis for CAP," vol. 2, no. July, pp. 1379–1385, 2015.
- [2] P. D. Kale, P. D. Darade, and A. R. Sahu, "A literature review on injection moulding process based on runner system and process variables," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1017, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1017/1/012031.
- [3] C. C. An and R. H. Chen, "The experimental study on the defects occurrence of SL mold in injection molding," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 201, no. 1–3, pp. 706–709, 2008, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2007.11.179.
- [4] A. Kaswadi, D. Muhammad, and I. Tauhid, "Optimalisasi Perancangan Runner dan Gate Cetakan Injeksi Plastik dengan Metode Simulasi," pp. 15–20, 2017.
- [5] I. Yulianto, Rispianda, and H. Prasetiyo, "Rancangan Desain Mold Produk Knob Regulator Kompor Gas pada Proses Injection Molding," *Reka Integr.*, vol. 2, no. 3, pp. 140–151, 2014.
- [6] R. Hakim, V. Pratama Putra, A. Maskarai, and H. Priyanto, "Desain Cetakan Plastik Multi Cavity Dengan Sistem Intercangeable Mold Insert," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 23–30, 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.3425.
- [7] P. S. Rao and D. V. S. Rao, "Design and Analysis of Hot Runner Nozzle Using FEM," *Int. J. Mech. Ind. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 228–241, 2015.
- [8] D. O. Kazmer *et al.*, "Multivariate modeling of mechanical properties for hot runner molded bioplastics and a recycled polypropylene blend," *Sustain.*, vol. 13, no. 14, 2021, doi: 10.3390/su13148102.