

DESAIN CETAKAN PLASTIK *MULTI CAVITY* DENGAN SISTEM *INTERCHANGEABLE MOLD INSERT*

Rahman Hakim

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi D3 Teknik Mesin
Politeknik Negeri Batam
Email: hakim@polibatam.ac.id

Vicqi Pratama Putra

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi D3 Teknik Mesin
Politeknik Negeri Batam

Abulija Maskarai

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi D3 Teknik Mesin
Politeknik Negeri Batam

Hasan Priyanto

Tooling and Competency Center Department
PT. Schneider Electric Manufacturing Batam
Email: Hasan.priyanto@schneider-electric.com

ABSTRAK

Berdasarkan data dari Survey Industri BP Batam tahun 2017, peningkatan kapasitas produksi produk plastik semakin signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya perusahaan dari China yang datang ke Batam untuk mengembangkan usaha plastik mereka. PT. Schneider Electric Batam, salah satunya yang mengalami peningkatan kapasitas produksi. Return pin merupakan salah satu produk yang akan dikembangkan, melalui penambahan jumlah core dan cavity nya. Jenis bahan baku plastik yang digunakan, yaitu POM (Polyoxymethylene), serta Stavax ESR sebagai bahan baku mold insert yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk peningkatan kapasitas produksi cetakan plastik, dengan usulan perancangan baru untuk merubah mold insert dan tetap mempertahankan mold based yang telah ada. Perancangan dilakukan dengan metode VDI (Verein Deutsche Ingenieuer) 2222 yang merupakan standar perancangan dalam membuat desain Mold. Software CAD yang digunakan adalah Siemens NX 9.0 dan Software CAE yang digunakan adalah Moldex 3D Flow Mold. Dari perancangan ini, didapatkan hasil cycle-time sebesar 11.5 detik dengan penghematan anggaran sebesar 46.7%.

Kata kunci: *mold design; interchangeable mold insert; VDI 2222 method; siemens Nx 9.0.*

ABSTRACT

Based on BP Batam industry survey data in 2017, production capacity on plastic product increase rapidly. This is indicated by the number of companies from China who came to Batam to expand their plastic business. PT. Schneider Electric Batam, one of which is have an increase in production capacity. Return pin is one of the products that will be developed, through the addition of the number of cores and cavities. The types of plastic raw materials used, namely POM (Polyoxymethylene), and Stavax ESR as raw material for insert molds. This study aims to increase plastic mold production capacity, with a new design proposal to change the insert mold and maintain existing mold-based. The design was carried out using the 2222 VDI (Verein Deutsche Ingenieuer) method which is the design standard in making Mold designs. The CAD software used is Siemens NX 9.0 and the CAE Software used is Moldex 3D Flow Mold. From this design, the results of a cycle-time of 11.5 seconds were obtained with a budget savings of 46.7%.

Keywords: *mold design; interchangeable mold insert; VDI 2222 method; siemens Nx 9.0.*

1. PENDAHULUAN

Injection Molding merupakan sebuah metode pembentukan produk dari biji plastik yang dimasukkan ke dalam komponen mesin yang disebut *hopper* menuju *barrel* dan mendorong material kedalam cetakan dengan menggunakan sekrup [2]. Menurut Maria L.H. Low and K.S. Lee dalam jurnalnya yang berjudul "3d Rapid Realization of Initial Design for Plastic Injection Moulds" saat ini, terjadi pertumbuhan yang sangat pesat pada penggunaan produk plastik di industri manufaktur, karena plastik sangat serbaguna dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Ilmu pengetahuan dan teknologi sangat

diperlukan dalam pemanfaatan dan pengolahan polimer, sehingga dapat dihasilkan produk plastik dengan kuantitas yang cukup tinggi dan kualitas yang baik [1]. Salah satu teknik yang cukup efektif dan banyak dipergunakan untuk pengolahan produk berbahan baku plastik adalah proses *Injection Molding*.



Gambar 1. (a) Mesin Injection Mold, (b) Cetakan Plastik [3]

Dengan meningkatnya kebutuhan pasar akan sebuah produk yang diinginkan, maka perusahaan ingin meningkatkan kapasitas produksi dengan membuat desain *mold* baru (Gambar 1) yang memiliki kapasitas yang lebih banyak dari desain *mold* sebelumnya dengan melakukan penambahan pada *cavity*.

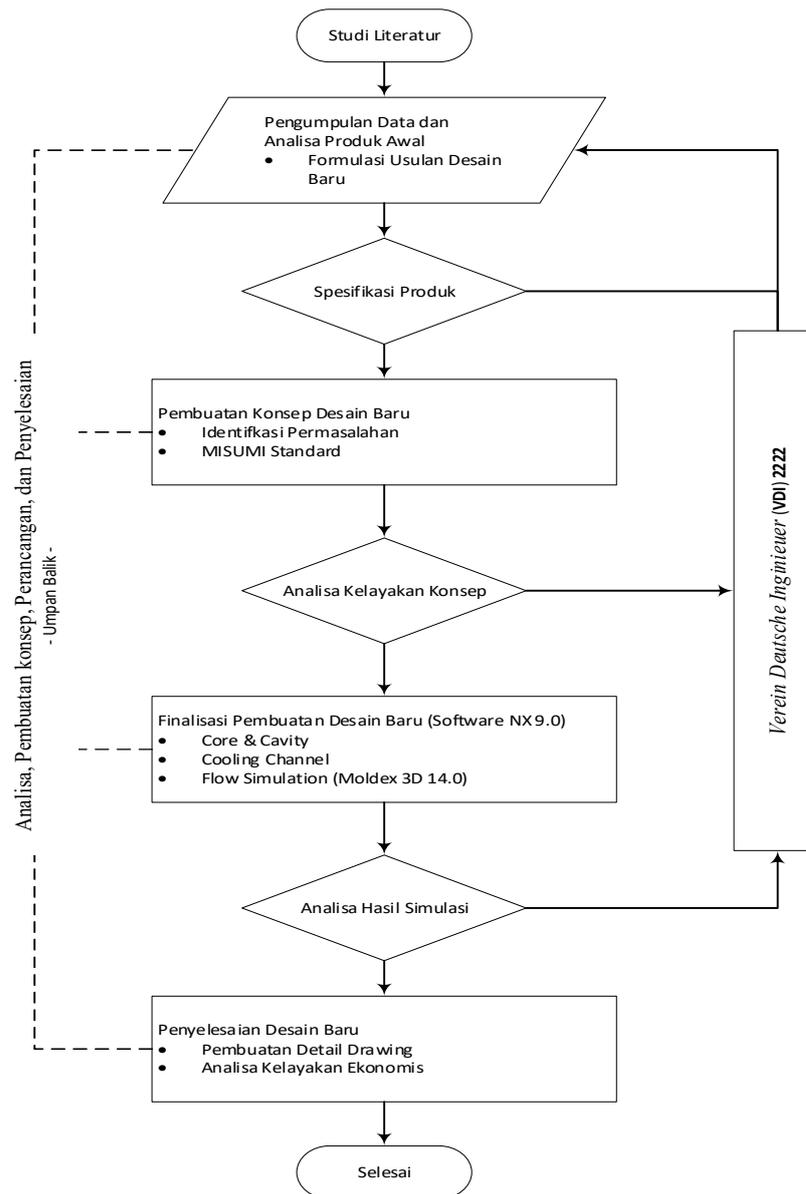
Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk meningkatkan kapasitas produksi dengan membuat ulang desain cetakan plastik dari desain yang sebelumnya, yang dimana hanya memiliki kapasitas *two core cavities* menjadi *four core cavities* dengan menggunakan sistem yang dimana *Mold Insert* bisa dilepas dan digantikan dengan *Mold Insert* yang lain tanpa merubah *Mold Based (interchangeable)*. Sebagai tambahan, parameter harga produksi yang didapatkan dengan cara perbandingan desain awal dengan desain baru akan dijelaskan dari sisi ekonomisnya.

Batasan masalah yang hadapi ialah proses penelitian menggunakan metode VDI 2222 (Verein Deutsche ingenieur), yang dimana proses pengerjaan hanya melakukan pembuatan desain baru dari *mold* sebelumnya yang bertipe *mold 2 plate* dengan jumlah *cavity* yang diinginkan maksimal *4 cavities*, *software* yang digunakan Siemens PLM NX 9.0, dengan menggunakan baja STAVAX ESR sebagai bahan *core cavity* sedangkan untuk part yang lain menggunakan standard Misumi. Bahan baku material plastik berjenis *Polyoxymethylene (POM)*, serta proses simulasi sederhana dengan menggunakan *software* Moldex 3D.

Pada proses pengerjaan desain ini menggunakan metode VDI 2222 (Verein Deutsche ingenieur) Metode ini terdiri dari empat tahap yaitu menganalisis, mengkonsep, mendesain, dan menyelesaikan. Serta terdapat beberapa langkah di setiap tahap [4].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode perancangan mengacu pada tahapan perancangan menurut VDI 2222. *Verein Deutsche Ingenieur 2222 (VDI 2222)* merupakan metode pendekatan sistematis terhadap desain untuk merumuskan dan mengarahkan berbagai macam metode desain yang semakin berkembang akibat kegiatan penelitian serta pengembangan produk. Tahapan-tahapan dari perancangan VDI 2222 adalah analisa, membuat konsep, merancang, dan penyelesaian [5]. VDI 2222 mendefinisikan pendekatan dan metode individual untuk desain konseptual produk teknis dan oleh karena itu sangat cocok untuk pengembangan produk baru [5]. Proses ini dapat digambarkan dengan *flow chart* pada gambar :



Gambar 2. Flow Chart

Penelitian ini diasumsikan menggunakan Mesin yang telah ada yaitu *Injection Molding* ARBURG 420C. untuk data spesifikasi mesin terdapat pada tabel berikut:

Tabel 1. Spesifikasi mesin [6]

Clamping Unit	ARBURG 420C	
clamping force	Max. kN	1000
Opening force stroke	max. kN mm	250 500
Mold mounting platens (w x h)	max. mm	570 x 570
Distance between tie bars (w x h)	mm	420 x 420
Ejector force stroke	max. kN mm	40 175

Jenis bahan baku yang digunakan untuk membuat produk plastik adalah *Polyoxymethylene / Polyacetal* (POM). *Polyacetal* juga dikenal sebagai POM adalah termoplastik kristal dengan kekuatan

tarik tinggi, *rigid*, memiliki ketahanan pada suhu tinggi, koefisien gesekan, dan penyerapan air yang sangat rendah, sehingga membuatnya menjadi pilihan plastik yang layak untuk banyak aplikasi termasuk pada *industry electrical* [7].

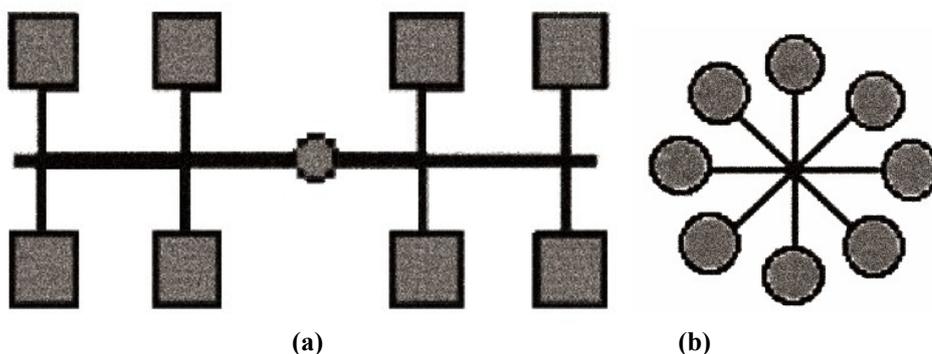
Sistem pada *mold* memiliki dua jenis yaitu *cold runner* dan *hot runner*. Perbedaannya terdapat pada *hot runner* yang memiliki komponen tambahan (*hot runner*) yang berfungsi untuk menjaga runner tetap pada suhu yang diinginkan sampai material masuk kedalam *cavity*.

Cold runner sendiri adalah jenis sistem yang bisa digunakan pada semua tipe *mold* yaitu dua dan tiga plat. Kelebihan menggunakan *cold runner* adalah sistem *cold runner* relatif lebih hemat biaya karena biaya produksi untuk membuat *mold* dan biaya perawatannya lebih rendah dari pada sistem *hot runner*. Biasa digunakan untuk produk – produk yang umum.

Tabel 2. Material melt & Mold temperature [8]

Polymer	Melt Temp. (°C)	Mold Temp. (°C)
FEP	350	220
Polyethersulphone	360	150
ABS	240	60
Crystalline	275	135
Polyacetal	205	90
Polyphenylene Sulphide	320	135
Nylon 6	250	80
Nylon 66	280	80

Runner berdasarkan konsep dan fungsinya *runner* memiliki dua tipe yaitu *square* konsep dan *spoke* konsep [9]. *Square* adalah konsep yang lebih kepada memaksimalkan jumlah *cavity* dalam luas *mold*. Gambar *square* konsep dapat dilihat pada Gambar 5.

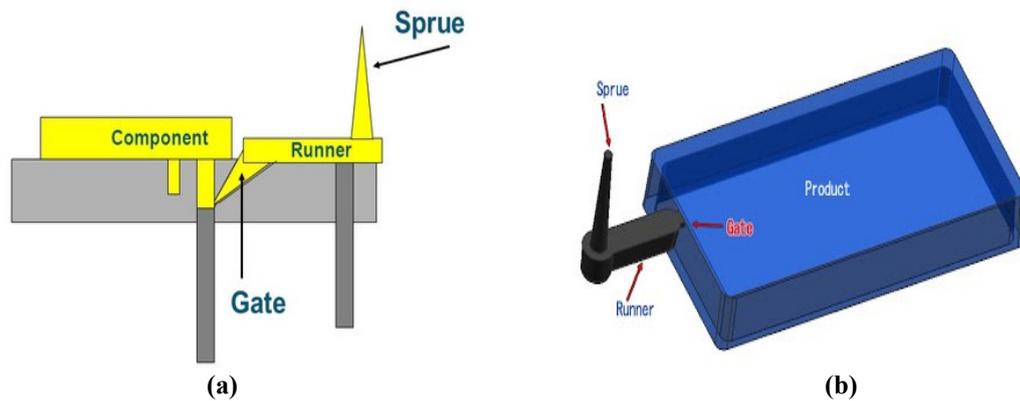


Gambar 5. (a) Square Concept, (b) Spoke Concept [10]

Sedangkan *Spoke* konsep adalah konsep desain *runner* yang mirip seperti jari-jari yang berfungsi agar setiap *runner* memiliki jarak simetris bertujuan agar lebih menjaga jarak dengan *sprue* dimana material plastik cair masuk. Sehingga tidak perlu membutuhkan material plastik terlalu besar dan mengurangi jumlah *runner* yang terbuang. Gambar *spoke* konsep dapat dilihat pada Gambar 6.

Gate / gating adalah lubang tempat cairan plastik masuk kedalam rongga cetak. Perencanaan bentuk, dimensi, dan penempatannya dapat berpengaruh terhadap kualitas produk, baik dari penampilan, *shrinkage* dan *pressure* yang dibutuhkan saat pembentukan produk. Penempatan *gate* juga akan berpengaruh terhadap besarnya gaya clamping mesin injeksi yang dibutuhkan untuk menahan gaya pembentukan rongga cetak dan menghindarkan kemungkinan cacat produk saat injeksi.

Ada beberapa jenis *gate* yang dapat digunakan pada proses injeksi cetakan dan salah satunya yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sub marine gate* dan *edge gate*. Dapat dilihat pada gambar berikut.

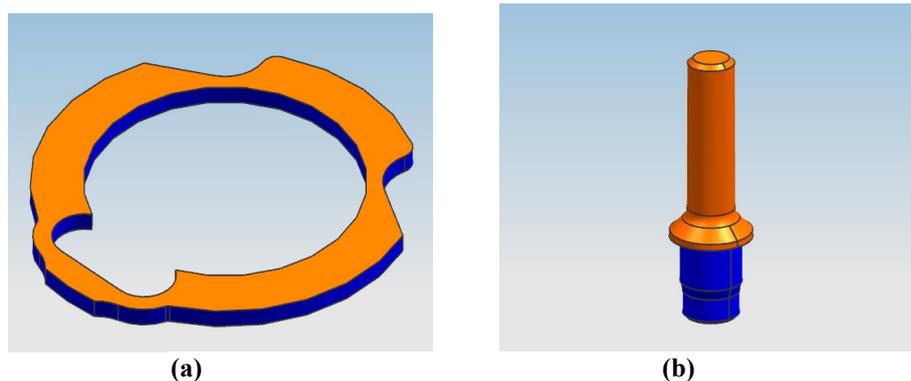


Gambar 7. (a) Submarine Gate (b) Edge Gate

Edge Gate merupakan *gate* sederhana yang ada dari semua jenis *gate* pada proses injeksi cetakan plastik. Sedangkan *Sub Marine Gate* adalah jenis *gate* yang mudah dipatahkan dan tidak merusak produk, sehingga penampilan produk akan rapih dan besar juga dapat menghemat kerja tambahan yang sering dilakukan untuk membersihkan / mematahkan *gate*.

Air trap adalah jenis cacat dimana material cair tidak memenuhi *cavity* akibat adanya udara yang terjebak pada *cavity*, sehingga bentuk produk tidak sesuai dengan bentuk yang diharapkan. [11]

Produk dari mold yang akan dibuat desain baru disajikan pada gambar 8.



Gambar 8. (a) XCR CAM T-3006 (b) Return Pin T-3007

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk *modal* yang akan didesain adalah XCR CAM dan Return Pin. Spesifikasi dari produk tersebut adalah bahan baku material plastik berjenis POM (*Polyoxymethylene*) / *Polyacetal* dengan nilai titik leleh sebesar 205°C. Spesifikasi mesin injeksi yang digunakan adalah mesin Asburg 420C, Clamping Force 100 Ton, maksimal tekanan injeksi 2500 bar dimensi maksimal mold panjang 420 x Lebar 420 x Tebal 750 mm.

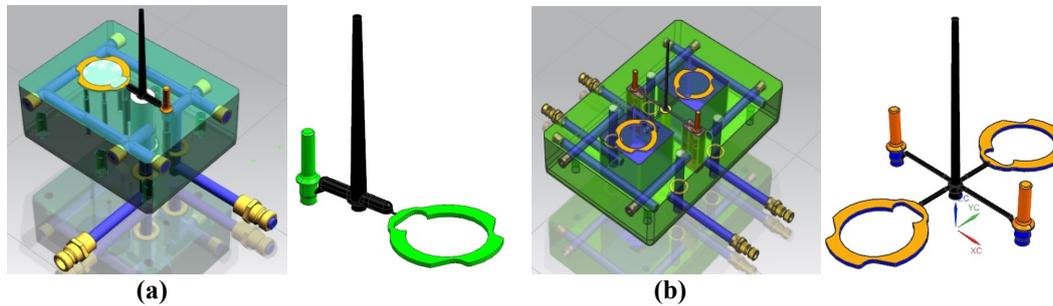
Proses pembentukan material plastik dilakukan dengan proses injeksi. Merancang *modal* baru menggunakan prinsip yang sama dengan *modal* sebelumnya. *Modal* yang telah ada dengan kapasitas satu *cavity* dua produk menjadi empat *cavity* dengan empat produk dan siklus produksi dalam sekali proses. Pada *modal* terdahulu menggunakan jenis material *mid steel* karena mold terdahulu bertipe (*protomold*) yang mana mold didesain hanya untuk proses jangka pendek / hanya untuk beberapa kali *shot* saja.

Modal kali ini menggunakan jenis bahan material baja karbon tinggi / *high steel* (Stavax). Baja Stavax juga merupakan baja yang sering digunakan untuk komponen mold terutama *Core Cavity* karena baja Stavax memiliki tingkat ketahanan aus yang lebih tinggi yang memungkinkan umur pemakaian yang jauh lebih lama (*Mass Production*). Berikut tabel kandungan yang terdapat pada baja Stavax.

Tabel 3. Kandungan material stavac ESR [12]

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0.38 %	0.9 %	0.5 %	13.6 %	1.0 %	0.3 %

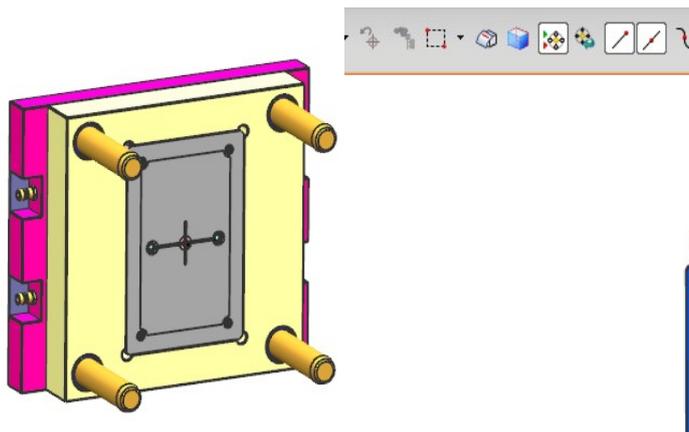
Penelitian ini berfokus pada pembuatan mold baru dengan jumlah kapasitas dari satu *cavity* dengan dua produk yang berbeda menjadi empat *cavity* yang memiliki empat produk dengan memanfaatkan sistem *insert* sebagai *cavitynya*. Berikut adalah gambar dari hasil pembuatan *core* baru yang telah dilakukan.



Gambar 8. Desain Mold Insert (a) Lama (b) Baru

Gambar 11 menunjukkan desain *core* terdahulu yang hanya memiliki dua jenis produk yang berbeda dalam satu *cavity* sedangkan pada gambar desain kedua, gambar 12 merupakan hasil pembuatan *core* baru sehingga jumlah kapasitas *mold* yang didesain meningkat menjadi empat produk dalam sekali siklus produksi. Dan pada gambar 12 desain kedua menggunakan empat *insert* sebagai *cavity*.

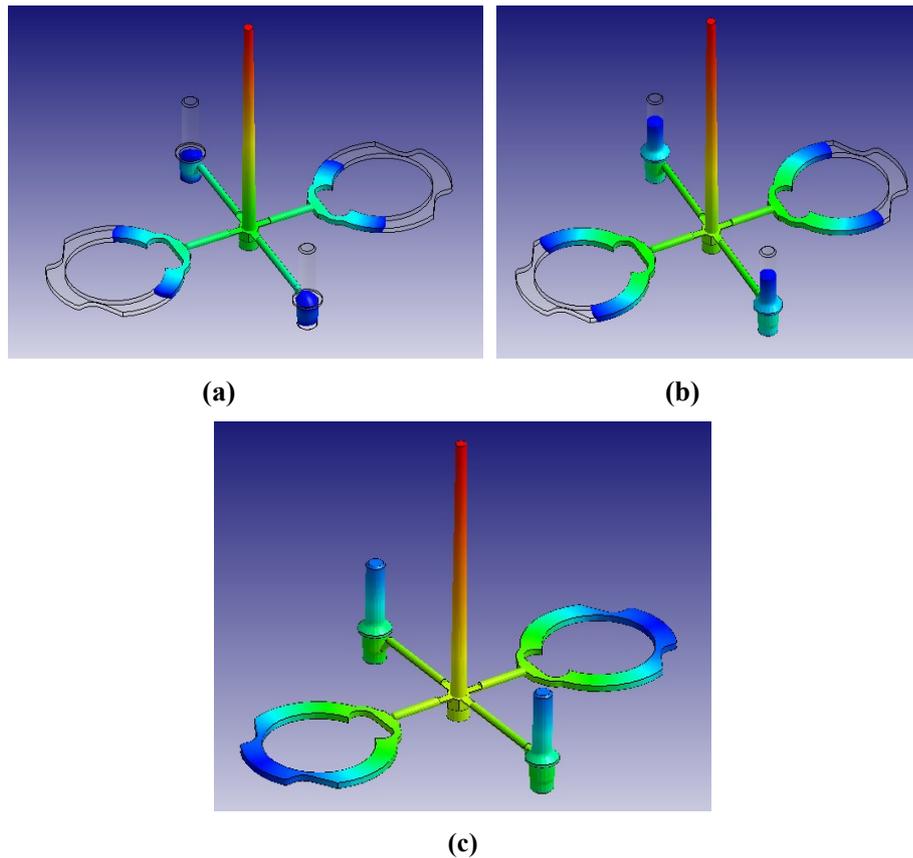
Dua *insert* untuk produk XCR CAM dan dua *insert* untuk produk Return Pin serta menggunakan *Interchangeable Insert* yang dapat di *adjust* sehingga dapat memilih produk mana yang ingin di produksi lebih dulu. Rancangan desain *mold* dalam konstruksi utuh dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Konstruksi Utuh Cetakan Plastik

Simulasi dari injeksi desain *runner* dan produk menggunakan *software* Moldex 3D 14.0. merupakan *software* yang digunakan untuk mensimulasikan proses *flow* dari cetakan plastik sehingga mendapatkan estimasi waktu yang dibutuhkan dalam sekali siklus produksi.

Proses yang dilakukan adalah dengan melakukan desain simulasi dengan menggunakan Moldex 3D yaitu membuat konstruksi dari cetakan yang sudah kita desain dengan NX 9.0 untuk dibuatkannya simulasi dengan tahapan: *import product*, *import runner*, penentuan *melt entrance face*, *import cooling*, *mold base*, dan menentukan *cooling entrance*, *exit node*. Lalu dilanjutkan dengan mensimulasikan produk yang sudah kita buat. Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 14. Konstruksi Simulasi Proses *Plastic Incejtion*, (a) *Start*, (b) *Middle Process*, (c) *Finish*

Dari hasil simulasi yang dilakukan didapatkan waktu 11.5 detik dalam sekali produksi. Perbandingan tersebut dapat kita lihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Perbandingan Kapasitas Serta Waktu Siklus Antara Desain Mold

	Kapasitas Produksi	Waktu Siklus	Biaya Pembuatan Mold
Desain mold yang telah ada	2 buah	8.8 detik	Rp 75.743.273,12
Mold baru yang telah didesain	4 buah	11.5 detik	Rp 80.743.273,12

Berdasarkan perhitungan waktu yang didapatkan dari hasil simulasi penyuntikan menggunakan *software* Moldex 3D waktu yang dibutuhkan sedikit lebih lama kisaran 30.7% dari *mold* sebelumnya, namun pada *mold* baru kapasitas produksi dalam sekali *shot* tidak mengalami peningkatan hingga dua kali lipat dari *mold* sebelumnya.

Dengan demikian hasil dari pembuatan *mold* baru dapat digunakan karena ada nya peningkatan dari kapasitas sebelumnya dan perbedaan waktu tidak terlalu jauh.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembuatan desain dan simulasi *mold* yang telah dilakukan diatas, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Desain mold awal, *single cavity* dengan dua produk menjadi *multi-cavity* dengan menghasilkan empat produk dalam sekali proses produksi bisa meningkatkan kapasitas produksi sebesar 100%

- dalam *cycle time* sebesar 11.8 detik.
- b. Cycle time bertambah sebesar 30.7 % dengan perubahan jumlah core dan cavity nya.
 - c. Perusahaan bisa melakukan penghematan anggaran sebesar 46.7% jika dibandingkan dengan menggunakan dua mold sekaligus yang bisa menelan biaya sebesar Rp. 151,486,546,-

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Politeknik Negeri Batam dengan Departemen Pusat *Tooling* dan Kompetensi PT. Schneider Electric Manufacturing Batam berkolaborasi dalam Program Magang Setahun Tahun 2018/2019

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. L. H. Low and K. S. Lee, "3D Rapid Realization of Initial Design for Plastic Injection Moulds," *J. Inst. Eng.*, vol. 44, no. 4, pp. 15–30, 2004.
- [2] S. Teklehaimanot, "Simulation And Design Of A Plastic Injection Mold," *Arcada*, pp. 1–53, 2011.
- [3] "Injection Mold Arburg 420 C." [Online]. Available: https://www.equipmatching.com/used_equipment/8/115/282915.php.
- [4] C. P. M. Sianipar, G. Yudoko, K. Dowaki, and A. Adhiutama, "Design methodology for appropriate technology: Engineering as if people mattered," *Sustain.*, vol. 5, no. 8, pp. 3382–3425, 2013.
- [5] K.-H. Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, *Engineering Design - A Systematic Approach*. 2007.
- [6] G. Edition, "GOLDEN EDITION ALLROUNDER 420 C." [Online]. Available: www.arburg.com.
- [7] B. Material and F. O. R. Engineering, "Pom (polyacetal)." [Online]. Available: <https://3.imimg.com>.
- [8] J. A. Brydson, "Plastics Materials," *Elsevier*, vol. 7, p. 920, 1999.
- [9] 1998 Bryce D. M., *Plastic Injection Molding Mold Design and Construction Fundamentals*, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan. 1998.
- [10] "Runner System layout." [Online]. Available: http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/design/runner/34000003.htm.
- [11] I. Yulianto and H. Prasetiyo, "Rancangan Desain Mold Produk Knob Regulator Kompor Gas pada Proses Injection Molding," *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 02, no. 03, pp. 140–151, 2014.
- [12] S. Esr, "Stavax ESR," *Material Data Sheet*. [Online]. Available: <https://www.uddeholm.com/>.