

PERANCANGAN DAN ANALISIS PROSES CETAKAN INJEKSI PLASTIK DENGAN PERANGKAT *IN-MOLD CLOSING* UNTUK PRODUK TUTUP BOTOL *FLIP-TOP*

Dadan Heryada W.¹, Abyanuddin Salam², Hendrawan Hadi S.³, Septiasari Nur Hasanah⁴

^{1,3,4}Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

²Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: ¹dadan_heryada@polman-bandung.ac.id, ²aby@ae.polman-bandung.ac.id, ³hendra@polman-bandung.ac.id, ⁴septiasari9f@gmail.com

Abstrak

Proses pelipatan produk tutup botol *flip-top* (*flip-top cap*) biasanya dilakukan secara manual oleh operator. Produksi tutup botol yang masal mengakibatkan siklus waktu pelipatan tutup, teknik, dan tekanan dalam menutup pada setiap *flip-top cap* menjadi tidak sama. Hal tersebut mengakibatkan kualitas dari produk *Flip-Top Cap* tidak seragam. Untuk itu diperlukan teknologi yang dapat mengatasi persoalan ketidakteraturan hasil produksi pada produk *flip-top cap* tersebut. Perangkat *in-mold closing* adalah solusi untuk mengatasi hal tersebut, yaitu perangkat tambahan yang dipasang pada cetakan injeksi untuk melakukan proses menutup produk tutup *flip-top cap* secara otomatis saat produk masih didalam cetakan. Dengan menggunakan perangkat *in-mold closing* ini, waktu pelipatan produk dan tekanan saat pelipatan akan seragam, dengan demikian produk *flip-top Cap* hasil produksi akan memiliki kualitas yang seragam. Dari penelitian ini dihasilkan rancangan *injection mold* dan perangkat *in-mold closing* untuk produk *flip-top cap*, jalur pelipatan produk pada perangkat *in mold closing* dan mengetahui *cycle time* setelah memakai perangkat *in mold closing*. Tahapan penyelesaian dimulai dengan mengidentifikasi produk *flip-top cap*, merancang cetakan injeksi (*injection mold*), merancang jalur pelipatan, merancang konstruksi perangkat *in mold closing* (IMC), kemudian melakukan analisis pelipatan produk dan simulasi *filling* plastik pada *mold* serta estimasi *cycle time*. Hasil analisis diperoleh bahwa proses pelipatan tutup terjadi dengan baik dan proses *filling* cetakan terjadi dengan sempurna.

Kata Kunci: *flip-top cap*, cetakan injeksi, *in-mold closing*

Abstract

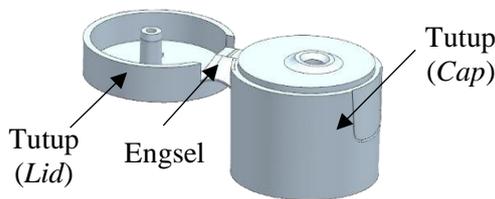
The process of folding the *flip-top* bottle cap product is usually done manually by the operator. Mass production of bottle caps resulted in the cycle of cap folding time, technique, and pressure in closing each *flip-top cap* was different. This causes the quality of *flip-top* products was different. For this reason, a technology that can overcome the problem of non-uniformity in producing the *flip-top Cap* product is needed. The *in-mold closing* device is the solution to this problem, an additional device is installed in the *injection mold* to perform the process of closing the *flip-top cap* product automatically while the product is still in the mold. By using this *in-mold closing* device, the folding time and the pressure of the product when folded will be the same. This research resulted in the design of molds and *in-mold closing* devices for *flip-top cap* products, product folding paths on *in-mold closing*, devices, and knowing the cycle time after using *in-mold closing* devices. The completion stage begins with identifying the *flip top cap* product, design the *injection mold*, designing both the folding path and *in-mold closing* (IMC), then performed folding analysis of part, plastic flow analysis and cycle time estimation. The results of analysis shown that the folding process of the lid occurred effectively and filling process of the mold occurred perfectly.

Keywords: *flip-top cap*, *injection mold*, *in-mold closing*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri saat ini semakin hari semakin meningkat. Persaingan di antara perusahaan pun semakin ketat, perusahaan saling berlomba membuat produk yang memiliki kualitas yang baik dan harga yang terjangkau. Pengembangan solusi berbasis teknologi menjadi salah satu jawaban untuk meningkatkan proses dan kualitas suatu produk.

Produk plastik masih sangat dibutuhkan di industri khususnya di industri kemasan. Bentuk produk plastik kemasan sangat beraneka ragam mulai dari bentuk sederhana sampai dengan bentuk yang rumit, salah satu produk yang banyak dibutuhkan pada industri kemasan saat ini adalah tutup botol *flip-top* (*flip-top cap*). Produk Tutup botol ini sangat populer digunakan pada kemasan produk cairan yang dikemas dalam botol, karena kemudahan dalam pengoperasian buka/tutup (*Budiman, 2015*). *Flip-top cap* terdiri atas tutup, topi (*cap*) dan penutup (*lid*) yang dihubungkan oleh engsel, dimana *cap* dapat menutup dan membuka yang dikarenakan adanya engsel (*Rotheiser, 2004*), seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Produk *Flip-Top Cap*

Pelipatan engsel biasanya dilakukan manual oleh operator atau menggunakan mesin pelipat konvensional. Pada kasus pelipatan secara manual oleh operator, siklus pelipatan berlangsung tidak seragam dan untuk jumlah produksi yang banyak maka diperlukan operator lebih yang akan menambah biaya operasi. Pada kasus pelipatan dengan mesin pelipat konvensional, setelah siklus ejeksi selesai, produk akan ditempatkan dan disusun pada *conveyor* untuk dipindahkan pada mesin pelipat, pada kasus ini diperlukan waktu lebih untuk pemindahan yang bisa mempengaruhi kualitas dari produk.

In-mold closing adalah sebuah perangkat yang dapat menutup *flip-top cap* saat berada dalam cetakan. Perangkat ini dapat mengatasi kelemahan dari pelipatan engsel yang dilakukan manual oleh operator, maupun menggunakan mesin pelipat konvensional dengan menyediakan mekanisme untuk melipat *flip-top cap* saat berada dalam cetakan. Dengan penggunaan perangkat *in-mold closing* ini waktu pelipatan produk bisa seragam, sehingga produk memiliki kualitas merata, selain itu

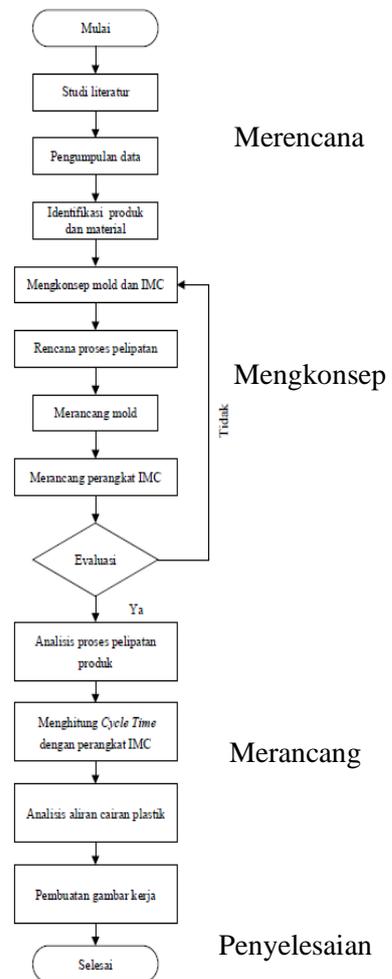
penggunaan memakai perangkat *in-mold closing* ini bisa mengurangi biaya produksi karena pelipatan langsung dalam mesin injeksi sehingga tidak memerlukan operator tambahan dan bisa mengurangi penambahan area produksi untuk mesin pelipat konvensional, karena perangkat sudah terpasang pada cetakan (*Gomes, 2004*).

Pada penelitian ini dirancang cetakan injeksi produk *Flip-top cap* dengan jenis cetakan *two plate mold*, selanjutnya dirancang perangkat *in-mold closing* yang ditambahkan pada konstruksi cetakan pada bagian sisi dari cetakan. Penulis juga melakukan analisis proses pelipatan produk memakai perangkat *in mold closing* dan juga menghitung *cycle time* yang didapat dengan pemakaian perangkat *in-mold closing*.

II. METODE PENELITIAN

a. Diagram Alir Penelitian

Tahapan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini merujuk pada metode perancangan VDI 2222 (*Jansch, 2006*). (Gambar 2)



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

Tahapan pertama dimulai dengan identifikasi produk dan material, produk apa yang akan dipilih yang sesuai dengan penelitian ini dan material yang dipakai produk tersebut. Setelah produk dipilih dilanjutkan dengan mengonsep mold dan perangkat *in-mold closing*. Mengonsep mold dimulai dengan menentukan jumlah rongga cetak (*cavity*) dan *cavity layout* dan menentukan ukuran *moldbase* yang akan digunakan. Setelah itu dilanjutkan membuat konsep *in-mold closing* dan merancang gerak pelipatan *cap*. Pada tahap analisis dilakukan analisis gerakan pelipat *cap* melalui software analisis gerak untuk memastikan gerakan *flipper* dapat melipat dan menutup lid dengan baik. Selanjutnya dilakukan analisis aliran plastik pada runner dan *cavity* melalui software engineering *plastic flow analysis* untuk memastikan material plastik dapat mengisi *cavity* secara penuh dan merata dan tidak terjadi *shortage*.

b. Identifikasi Produk dan Material

Pada penelitian ini produk yang dipilih adalah produk *flip-top cap* yang merupakan tutup botol dari *anti bacterial hand sanitizer* seperti Gambar 3.



Gambar 3. Produk *Flip-top cap hand sanitizer*

Produk *flip-top cap* berfungsi sebagai penutup yang mencegah cairan *hand sanitizer* keluar dari botol (bocor). Selain itu dengan memakai *flip-top cap*, pengoperasian botol *hand sanitizer* akan lebih mudah, karena mudah untuk dibuka dan ditutup saat cairan *hand sanitizer* digunakan.

Material yang digunakan untuk produk *flip-top cap* dipilih *polypropilene* (PP). Material PP memiliki sifat lentur dan ulet cocok untuk penggunaan pada bagian engsel *flip-top*. Harga material PP juga relatif murah mudah didapatkan di pasaran.

c. Data Produk dan Cetakan

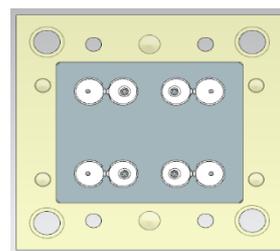
Berikut merupakan data yang diperoleh dari hasil identifikasi produk, data cetakan dan data mesin injeksi yang akan dipakai.

Tabel 1. Data Produk dan Cetakan

Nama Produk: <i>Flip-top Cap</i>		
Fungsi: Penutup dari dari <i>anti bacterial hand sanitizer</i>		
Tuntutan Produk	Spesifikasi	Keterangan
Produk		
1. Material	PP (<i>Polypropilene</i>)	<i>Shrinkage</i> 1,7 %
2. Warna produk	Putih	-
3. Tampilan	Tanpa cacat	<i>Flashing, shortage, air trap</i>
4. Berat produk	2.9 gr	-
5. Jenis gate	<i>Submarine Gate</i>	-
Cetakan		
6. Jumlah <i>cavity</i>	4 buah	-
7. Standar <i>mold base</i>	Suryamas	-
8. Jenis cetakan	<i>Two plate mold</i>	-
9. Material <i>moldbase</i>	F-S55C / setara	-

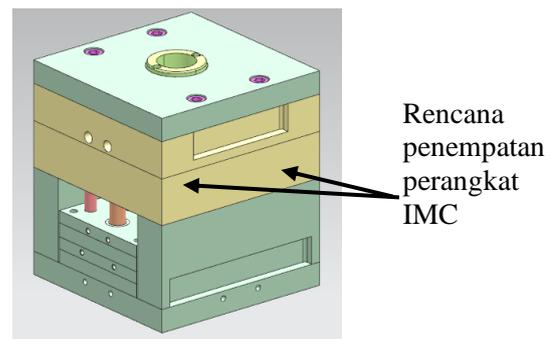
d. Merancang Mold

Berdasarkan jumlah *cavity* yang sudah ditentukan, maka dibuat *cavity layout* (Gambar 2.3), kemudian memilih dimensi *moldbase* yang akan digunakan. Standar *moldbase* yang digunakan sesuai dengan yang telah diuraikan pada daftar tuntutan yaitu *moldbase* dengan ukuran 2020, seperti terlihat Gambar 4.



Gambar 4. *Layout Cetakan*

Rencana penempatan perangkat *in mold closing* pada *moldbase* yang telah dipilih.

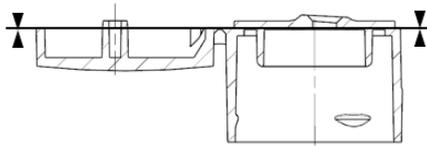


Gambar 5. *Mold Base* dan Rencana penempatan IMC

Tahapan Perancangan

1. Parting Line

Parting line adalah garis/bidang pemisah antara *core* dan *cavity*. Pada produk *Flip-top cap* ini parting line ditentukan dari jejak yang ada pada produk, dengan memperhatikan kemudahan dalam proses pemesinan dan pelepasan produk pada eaksi, seperti pada Gambar 6.



Gambar

2. Estimasi Clamping Force

Estimasi kekuatan cekam saat proses injeksi dihitung sebagai berikut: (Rees, 1995)

$$F_c = P_{si} \times A(p+r) \times n \times F_v$$

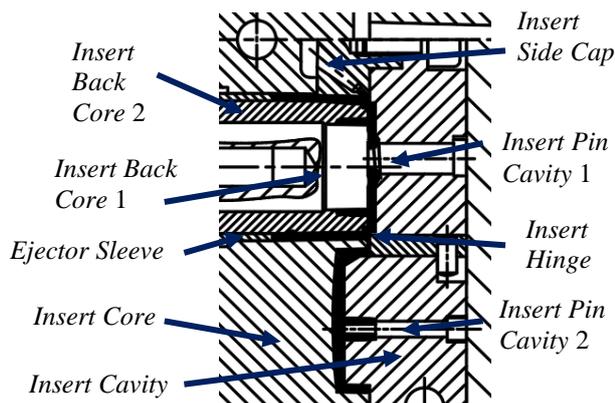
F_c : Clamping force (KN)
 P_{si} : Spesifik Internal Pressure (kg/cm²)
 $A(p+r)$: luas proyeksi satu *cavity* dan *runner*(cm²)
 F_v : Faktor Viskositas
 N : Jumlah kaviti

$$F_c = 245 \text{ kg/cm}^2 \times 9,41 \text{ cm}^2 \times 4 \times 1 = 9.221,8 \text{ kg} \approx \underline{90,5 \text{ KN}}$$

Berdasarkan perhitungan estimasi *clamping force* diatas, maka meja mesin injeksi harus memiliki kekuatan cekam lebih besar dari 90,5 KN.

3. Kontruksi Core dan Cavity

Dimensi *core* dan *cavity* diperoleh dari ukuran part *flip-top* dikalikan dengan faktor pembesaran, akibat adanya penyusutan (*shrinkage*) pada bahan plastik (Menges, 2001). Bahan PP memiliki penyusutan sebesar 1,2-2,5%, faktor pembesaran 1,017.



Gambar 7. Kontruksi Core Cavity

4. Material Core dan Cavity

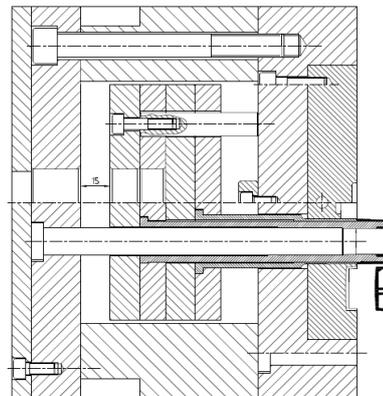
Rongga cetak yang dibentuk oleh *core* dan *cavity* merupakan bagian yang sangat vital dalam konstruksi cetakan injeksi plastik, untuk itu pemilihan material *core* dan *cavity* sangat penting. Baja paduan tinggi ISO No. 1.2316 sangat baik untuk material *core* dan *cavity*, tahan terhadap tekanan dan keausan yang tinggi, disamping itu dengan kandungan chromium yang tinggi, material 1.2316 memiliki sifat tahan korosi dan mampu poles yang sangat baik (Gastrow, 2006).

5. Perencanaan Sistem Ejeksi

Sistem ejeksi pada cetakan menggunakan sistem ejeksi dua langkah (*double stage ejector*).

Ejeksi pertama,

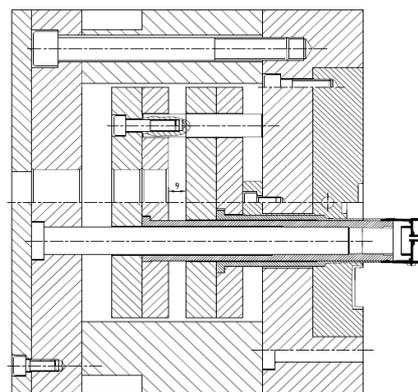
Tujuan dari ejeksi pertama ini adalah untuk mendorong atau mengeluarkan produk pada posisi setengah dimana *lid* akan terbebas dari cetakan dan terangkat sebagian. Pada posisi ini perangkat *in mold closing* bekerja untuk melipat *lid* masuk pada pasangannya. Selain itu ejeksi pertama ini juga berfungsi untuk membebaskan bagian *undercut/snap* pada bagian dalam produk.



Gambar 8. Tahap Ejeksi Pertama

Ejeksi kedua,

Ejeksi kedua bertujuan untuk melepaskan produk *flip-top cap* yang sudah tertutup di dalam *mold*.

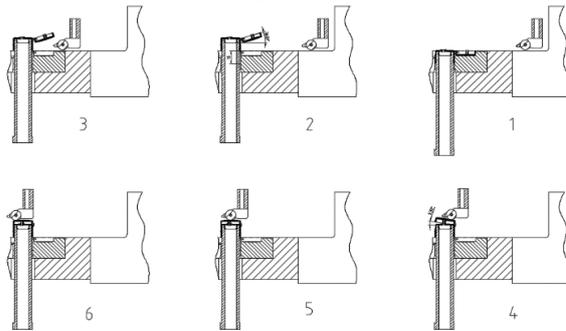


Gambar 9. Tahap Ejeksi Kedua

e. Merancang Perangkat *In-Mold Closing*

Berdasarkan hasil pengukuran pendekatan sudut, maka untuk sudut pertama dipilih rata-rata sudut 16.81°. Sedangkan untuk sudut kedua dipilih rata-rata sudut yang paling besar yaitu 9.32°. Pengambilan sudut yang dipilih dilakukan untuk mengantisipasi jari pelipat tidak membentur dan merusak produk.

Gambar 10 merupakan konsep tahap pelipatan produk. Tahap pertama menunjukkan awal *core cavity* baru membuka, tahap kedua yaitu ejeksi pertama dimana produk maju sejauh 15 mm dan dengan adanya tarikan dari engsel posisi lid mengangkat dengan sudut 16.81°, tahap ketiga.



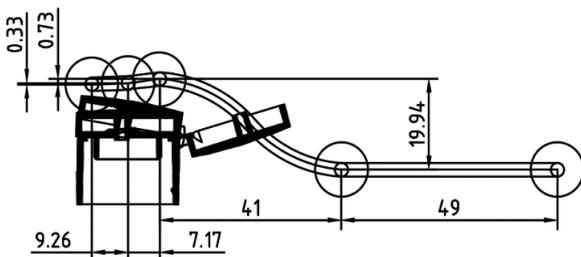
Gambar 10. Konsep Tahap Pelipatan Produk

jari pelipat mulai maju mendekati produk, tahap keempat jari pelipat mulai melipat produk dengan sudut lid 9,32° lalu tahap 5 dan 6 tahap menekan lid sehingga masuk pada pasangannya. Untuk pembuatan jalur dilakukan dengan penggabungan dari tahap dua, tiga, empat, lima, dan enam. Tahap tersebut akan menjadi lima posisi yang akan membuat jalur. Posisi-posisi tersebut digabungkan dan akan terbentuk jalur pelipatan awal seperti pada Gambar 11.

Tahapan Perancangan

1. Jalur cam

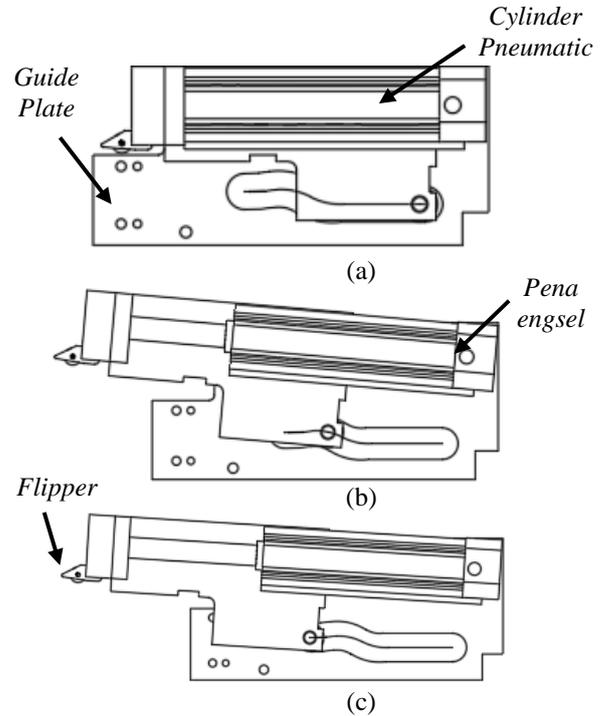
Jalur cam yang dibuat pada perangkat *in-mold closing* dipengaruhi oleh konstruksi perangkat.



Gambar 11. Tahap pembuatan jalur cam

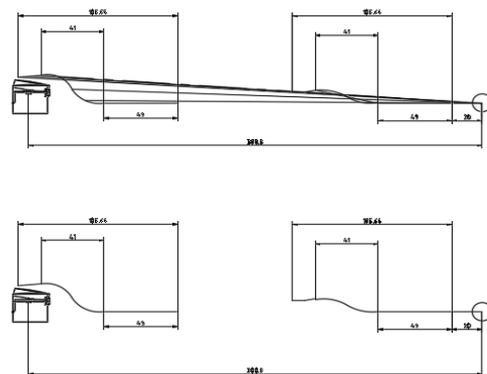
Pada konstruksi dengan pena putar dan pengarah berupa *cam and follower*, cara kerja perangkat *in -*

mold closing (IMC) bisa dilihat pada gambar 12 Gambar 12(a) merupakan posisi awal dimana perangkat IMC belum bekerja. Gambar 12(b) piston selinder bergerak maju, *follower* bergerak maju mengikuti jalur cam, selinder pneumatic bergerak putar menaik, karena selinder duduk pada pena engsel, dengan demikian *flipper* akan bergerak sesuai dengan pergerakan *follower* pada jalur *cam*. Gambar 12(c) menunjukkan posisi akhir pergerakan *follower* pada jalur *cam* dan memperlihatkan posisi akhir dari pergerakan *flipper*.



Gambar 12. Gerakan perangkat IMC dengan konstruksi pin putar dan pengarah cam dan *follower*

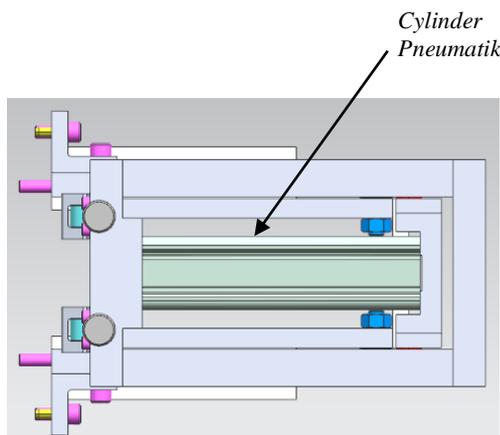
Dengan memakai konstruksi pena engsel, maka jalur yang telah didapatkan pada gambar 11 selanjutnya dibuat jalur *Cam*. Gambar 13 adalah konstruksi geometri untuk membuat jalur *Cam*.



Gambar 13. Pembuatan jalur cam

2. Pemilihan Sistem Penggerak

Sistem penggerak yang dipilih menggunakan silinder pneumatik.

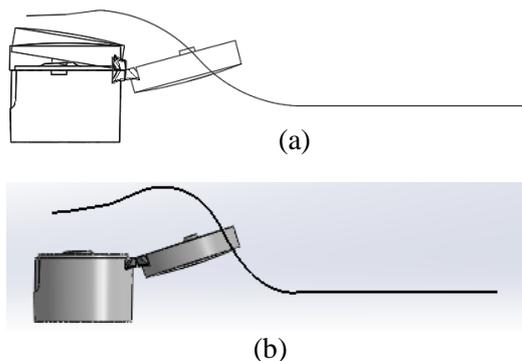


Gambar 14. Sistem penggerak IMC

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

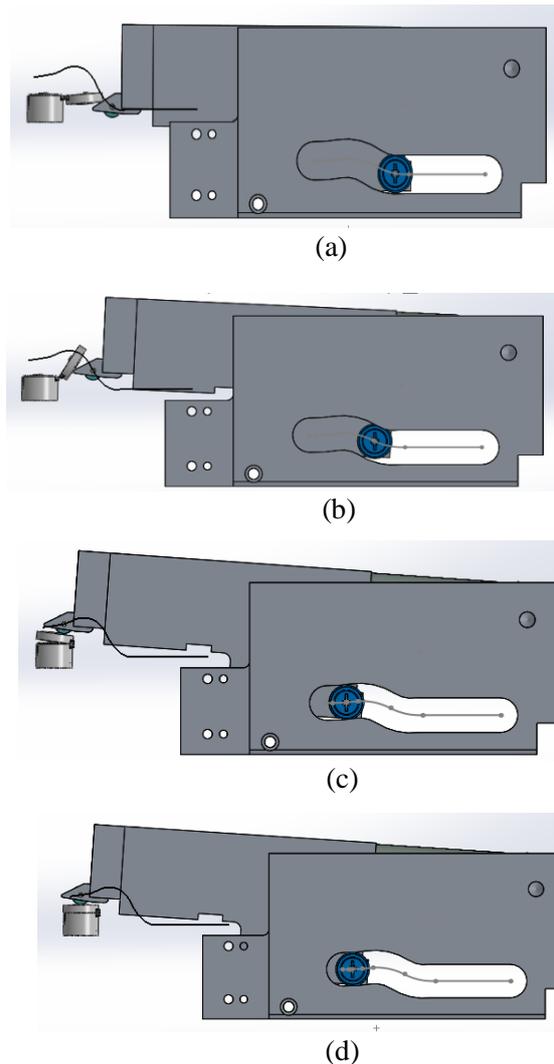
a. Analisa Pelipatan

Analisis pelipatan dilakukan untuk mengetahui bagaimana jalur pelipatan produk pada perangkat *in-mold closing* dengan analisis gerak.



Gambar 15. Jalur cam, (a) Jalur cam awal, (B) Jalur cam hasil analisis

Kurva jalur cam awal dibuat menggunakan metode pendekatan dengan penyederhanaan, dibuat dengan software CAD, berdasarkan hasil analisis gerak menggunakan software analisis, terdapat sedikit perbedaan dalam bentuk kurvanya. Hal ini dikarenakan saat mencari jalur untuk *guide plate*, pendekatan yang digunakan hanya translasi sedangkan pada konstruksi terjadi gerakan rotasi. Namun demikian dari analisis gerak dengan *software analisis gerak*, diperoleh gerakan penutupan yang optimal (Gambar 16).



Gambar 16. Analisis gerak *In-Mold Closing*, (a) Posisi *flipper* menyentuh tutup (lid), (b) Posisi *flipper* mulai melipat lid (c) Posisi *flipper* saat menutup lid, (d) Posisi *flipper* menutup dan menekan lid

b. Perhitungan Cycle Time

1. Cycle time mold

Cycle time (T_c) merupakan periode waktu proses injeksi (Rees, 1995). T_c diperoleh dari penjumlahan data waktu proses mold al; *mold closing time* (T_{cl}), *mold open time* (T_o), *injection time* (T_i), *holding time* (T_h), *cooling time* (T_c), *ejection time* (T_e). Berdasarkan data diperoleh perkiraan *cycle time* (tanpa IMC) adalah sebagai berikut:

$$T_c = T_{cl} + T_i + T_h + T_c + T_o + T_e$$

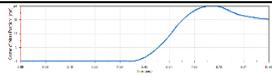
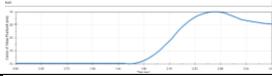
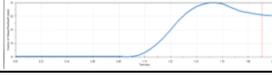
$$T_c = 3 + 0,3 + 3 + 4 + 3 + 2,5 = 15,8 \text{ detik}$$

2. Cycle time dan *in-mold closing*

Perkiraan *Cycle time* pada *in-mold closing* ditentukan dari kecepatan gerak piston penggerak.

Berdasarkan analisis menggunakan *software* diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Perkiraan waktu gerakan melipat (maju)

No	Kecepatan	Grafik gerakan melipat	Waktu
1	10 mm/dt		10.9 dt
2	30 mm/dt		3.6 dt
3	50 mm/dt		2.2 dt

Pada kecepatan piston 10 mm/dt pergerakan *flipper* maju untuk melipat produk terlalu lambat, jika pelipatan terlalu lambat, *cycle time* IMC terlalu lama. Pada kecepatan 30 mm/dt pergerakan *flipper* melipat produk lebih cepat, benturan *flipper* dengan tutup tidak terlalu keras dan tidak akan merusak produk. Pada kecepatan 50 mm/dt pergerakan pelipatan produk terlalu cepat, diperkirakan akan terjadi benturan yang keras antara *flipper* dan tutup sehingga dapat merusak produk. Berdasarkan referensi dari *in-mold closing* yang ada dan hasil analisis yang dilakukan, maka dipilih *cycle time* dengan kecepatan gerak 30 mm/dt, yaitu 3.6 detik untuk waktu gerakan maju (pelipatan) dan 2,0 detik untuk gerakan mundur. Dengan demikian waktu *cycle time* pada *in-mold closing* sebesar 5.6 detik.

c. Analisis Mold

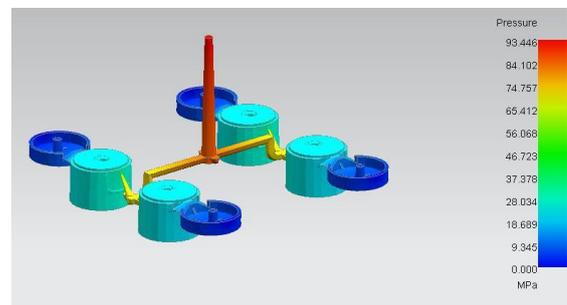
Hasil analisis aliran plastik didapat; pertama, *pressure* (Gambar 17), hasil analisis *pressure* menunjukkan distribusi tekanan dari plastik pada akhir pengisian, hasil dari *pressure* tertinggi adalah 93,45 MPa. Berdasarkan nilai *injection pressure* pada hasil analisis, dilakukan penghitungan ulang untuk menentukan kapasitas *clamping* mesin dan diperoleh kapasitas *clamping* mesin 40 atau 50 ton.

$$F_c = P_{psi} \times A(p + r) \times n \times f_v$$

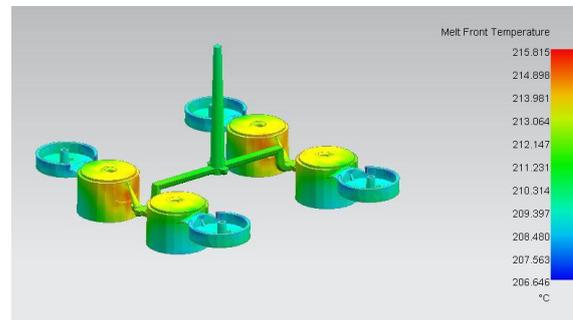
$$F_c = 934,5 \text{ kg/cm}^2 \times 9,41 \text{ cm}^2 \times 4 \times 1 = 35.174,58 \text{ kg}$$

Kedua, *melt front temperature* (Gambar 18), hasil dari *melt front temperature* menunjukkan distribusi temperatur leleh plastik pada akhir pengisian cairan sebesar 210°C. Hasil ketiga yaitu *melt front time* (Gambar 19), hasil dari *melt front time*, waktu pengisian plastik dari awal sampai akhir pengisian *cavity*, dari hasil analisis didapat waktu untuk mengisi *cavity* selama 0.288 detik. Hasil keempat yaitu *volumetric shrinkage* (Gambar 20), hasil analisis *volumetric shrinkage* produk di akhir

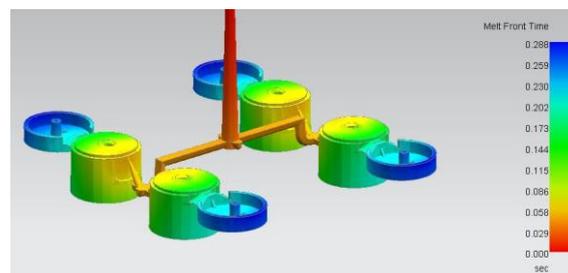
pengisian menunjukkan bahwa penyusutan volumetrik pada hampir seluruh dinding produk relatif merata, tidak terlihat terjadi konsentrasi penyusutan yang ekstrim pada dinding produk, sehingga diprediksi produk tidak mengalami cacat *sinkmark* atau *void*. Penyusutan pada Tutup (*Cap*) sebesar 4,5% - 5,5% sedang pada *Lid* sebesar 6,3% - 7,2%. Berikut dibawah hasil analisis plastik yang telah dilakukan:



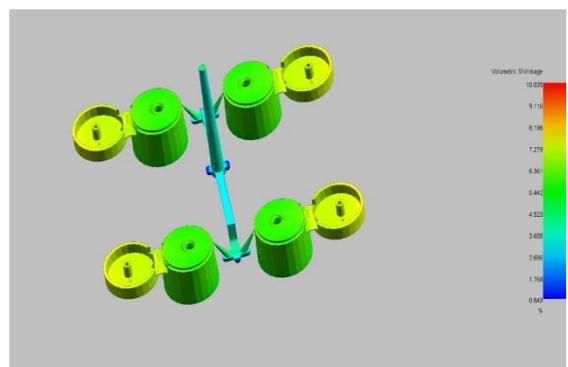
Gambar 17. Plastic mold pressure



Gambar 18. Melt front temperature

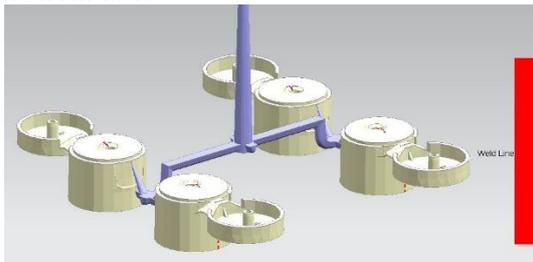
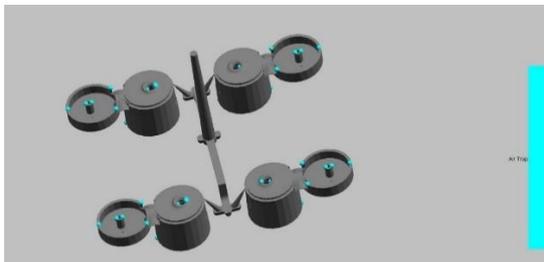


Gambar 19. Melt front time



Gambar 20. Volumetric shrinkage

Selain hasil analisis pengisian plastik, dilakukan juga analisis *weld line* untuk mengetahui kemungkinan terjadinya cacat *weld line* (Gambar 21) dan analisis *air trap* (Gambar 22) untuk mengetahui dimana terjadinya udara terjebak dalam *cavity*. Untuk mengatasi cacat produk *air trap*, pada konstruksi *mold* telah dibuat saluran udara (*venting*) di tempat-tempat kemungkinan terjadinya *air trap*, yaitu pada ujung-ujung aliran produk pada daerah *parting line*. Sedangkan untuk *weld line*, pada daerah-daerah yang kemungkinan terjadinya *weld line*, suhu cairan plastik berdasarkan hasil analisis masih dalam suhu tinggi (210°C), sehingga dipastikan bahwa di daerah tersebut tidak akan terjadi *weld line*.

Gambar 21. *Weld line*Gambar 22. *Air trap*

IV. PENUTUP

Kesimpulan

Setelah melakukan seluruh tahapan perancangan dan analisis pada penelitian ini, penulis mengambil beberapa kesimpulan sbb.:

1. Cetakan injeksi plastik *flip-top Cap* empat *cavity* dengan mekanisme *in-mold closing* yang dirancang telah divalidasi dengan *software flow analysis* bahwa cetakan dapat membentuk produk *flip-top cap* sebagaimana desain bentuk dan ukuran produk *flip-top cap* dan tidak terjadi cacat *flashing*, *shortage* dan *air trap*. Spesifikasi *mold* dan *in-mold closing* yang dirancang adalah sebagai berikut:
 - a. *Cavity* 4 buah, ukuran *moldbase* 200x200 mm dengan standar *moldbase* 2020. *Gate* menggunakan *Submarine gate* untuk memastikan bahwa produk terpisah dengan

sistem saluran (*runner system*) saat bukaan plat terjadi.

- b. Sistem eaksi yang dipakai adalah *double stage ejector*. Langkah pertama sejauh 15mm untuk membebaskan produk dari *cavity*, dan untuk proses penutupan lid dengan perangkat *in-mold closing*. Langkah kedua sejauh 20mm, untuk melepaskan produk dari *core* dan produk dikeluarkan dari cetakan.
- c. Spesifikasi perangkat *in-mold closing*:
 - Berat perangkat IMC yaitu 12,5 kg,
 - Dimensi IMC 167x200x266 mm.
3. Jalur gerak *flipper* untuk gerakan menutup lid yang dihasilkan dari analisis gerak dengan bantuan software analisis telah memenuhi gerakan yang diperlukan.
4. Perkiraan *Cycle time* tanpa *in-mold closing* diperoleh sebesar 15,80 detik, sedang *cycle time* untuk proses *in-mold closing* diperoleh 5,6 detik. Dalam kasus ini terjadi penambahan *mold cycle time* dengan perangkat *in-mold closing* sebesar 35,4%. Namun persentase penambahan dapat mengecil, bila *injection time*, *holding time*, *cooling time* yang besar.
5. *In-mold closing* akan sangat menguntungkan diterapkan pada cetakan (*mold*) *multicavity* (16 s.d.32 *cavity*), dengan waktu *injection time*, *holding time* dan *cooling time* yang besar.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, Chandra., & Hendrawan, Sulistio. (2015). Perancangan In-Mold Closing Untuk Produk Tutup Flip-Top. STEMAN, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- Rotheiser, J. (2004). Joining of Plastics Handbook for Designers and Engineers-2nd Edition. Munich: Hanser Publisher.
- Gomes et al. (2004). In Mold Closing Mechanism. U.S. Patent, 2004/0222559 A1.
- Jansch, J., & Birkhofer, H. (2006). The Development of the guideline VDI 2221-The change of direction, International Design Conference.
- Rees, & Herbert. (1995). Mold Engineering, Munich: Carl Hanser Verlag.
- Menges, Michaeli, Mohren. (2001). How to Make Injection Mold 3rd Edition. Munich: Carl Hanser Verlag.
- Gastrow. (2006). Gastrow Injection Molds 130 Proven Design. Munich: Hanser Publishers.