

ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN ALIRAN DI SISTEM SALURAN (*RUNNER*) DAN PENERAPAN METODA *MELTFLIPPER* PADA CETAKAN INJEKSI PLASTIK

Dadan Heryada Wigenaputra¹
dadan_heryada@polman-bandung.ac.id
Teknik Mesin dan Manufaktur
Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

Nugroho Faris Sudrajat²
sudrajatfaris@hotmail.com
Teknik Mesin dan Manufaktur
Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

ABSTRAK

Dalam proses *injection mold* terdapat banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilannya. Salah satu kasus kegagalan produk hasil *injection mold* adalah adanya ketidakseragaman pengisian (*imbalance filling*) yang menyebabkan ketidakseragaman produk jadi sehingga berdampak buruk pada proses produksi dan kualitas produk yang ingin dicapai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan aliran plastik yang seragam pada *runner* sebelum masuk kedalam *gate* dan *cavity*, dan mendapatkan kualitas produk hasil injeksi plastik yang seragam (geometri, dan berat produk). Metoda penelitian yang dilakukan antara lain: mempelajari gejala yang ditimbulkan dari sifat material plastik yang diinjeksi pada sistem saluran cetakan injeksi plastik, mensimulasikan aliran plastik leleh pada cetakan tanpa dan dengan *Meltflipper*^[2], melakukan percobaan *trial* pada cetakan yang telah diperbaiki dan sebelum diperbaiki, pengambilan data berat dan visual hasil *trial* dan menganalisis data yang didapatkan dengan cara membandingkan data. Dari hasil analisis data penelitian didapatkan suatu kesimpulan, hasil *trial* ke-satu (tanpa *Meltflipper*) ditemukan ketidakseimbangan aliran di *runner*, karena adanya perbedaan suhu pada *cavity* bagian dalam dan *cavity* bagian luar cetakan yang menyebabkan pengisian *cavity* tidak seragam. Sedangkan, hasil *trial* ke-dua (dengan *Meltflipper*) didapatkan aliran yang seimbang di *runner* dan pengisian produk yang seragam kesetiap *cavity*. Dari kesimpulan tersebut terbukti bahwa terjadi ketidak seimbangan aliran di *runner* pada cetakan injeksi tanpa *Meltflipper*, dan terjadi kondisi aliran yang seimbang di *runner* pada cetakan injeksi dengan *Meltflipper*.

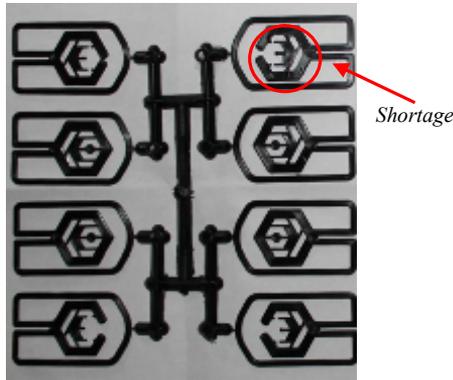
Kata Kunci: *Injection Mold, Runner, Imbalance Filling, Meltflipper.*

1. Pendahuluan

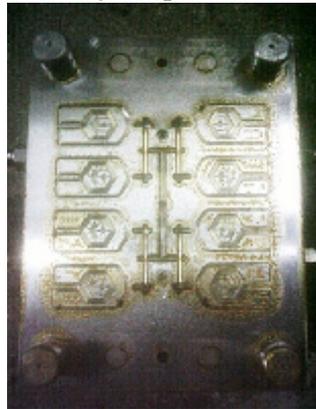
Proses pembuatan produk plastik dengan mesin injeksi dan *mold* dikenal dengan istilah *injection mold*. Dalam proses ini terdapat banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilannya. Salah satu kasus kegagalan produk hasil *injection mold* adalah adanya ketidak seimbangan aliran plastik (*imbalance filling*)^[2] di *runner* pada cetakan injeksi *multi cavity*, sehingga menyebabkan ketidak seragaman produk jadi. Masalah tersebut tentunya dapat berdampak buruk pada proses produksi dan kualitas produk yang ingin dicapai (geometri, dan berat produk yang seragam). Kondisi terburuknya dapat terjadi cacat pada produk (*flashing*) yang berada di *cavity* bagian dalam atau produk jadi yang tidak sempurna

pengisiannya pada *cavity* bagian luar dari cetakan.

Kondisi *imbalance filling* tersebut sering ditemukan di cetakan injeksi plastik dengan rancangan *runner* yang seimbangan atau sering disebut *geometrically balance runner layout*.^[1] Pada kasus yang penulis hadapi, pada cetakan injeksi *multi cavity-two plate mold* dengan *runner layout* tipe H untuk produk *paper clip*, didapatkan kondisi hasil pengisian *cavity* setelah proses injeksi tidak sempurna. Beberapa *cavity* yang tidak terisi penuh (*shortage*), yaitu terjadi pada *cavity* yang berada jauh dari pusat cetakan (*sprue*) sedangkan *cavity* yang berada dekat dari pusat cetakan (*sprue*) sudah terisi penuh, Gambar 1.



Gambar 1. *imbalance filling* pada produk hasil injeksi plastik.

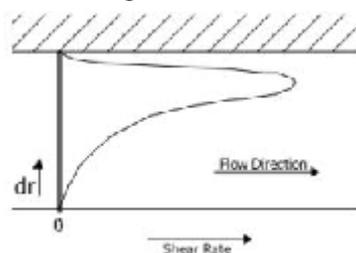


Gambar 2. Plat *cavity*.

Sasaran pada penelitian ini adalah menganalisis akibat terjadinya kondisi *imbalance filling* dan menerapkan metoda *Meltflipper* untuk mengurangi / menghilangkan permasalahan tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

Fenomena yang terjadi pada aliran plastik di sistem saluran (*runner*) cukup kompleks salah satunya adalah masalah viskositas plastik. Viskositas plastik leleh di pengaruhi oleh suhu dan *shear rate*, sehingga mengakibatkan terjadinya variasi viskositas pada aliran plastik. Dalam kondisi normal peningkatan suhu dan *shear rate* akan menurunkan viskositas plastik, dimana *shear rate* tertinggi di saluran terjadi pada sisi terluar dari aliran (pada dinding) dan nol di pusat aliran, gambar 3. [1].

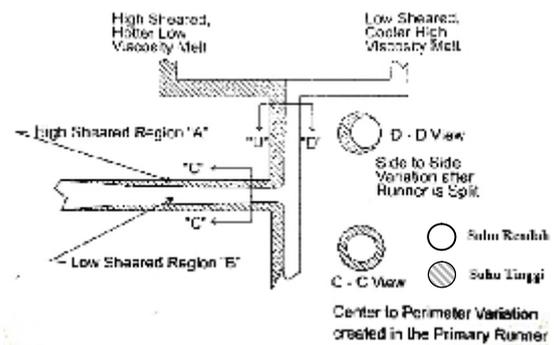


Gambar 3. Distribusi *Shear rate* pada saluran *runner*. [1]

Shear rate tertinggi terletak dekat dinding luar yang memiliki efek pada viskositas cairan plastik. Peningkatan suhu yang dihasilkan akibat gesekan antara dinding dan plastik akan

menyebabkan tingkat leleh plastik di lapisan luar aliran menjadi lebih tinggi di dari pada tingkat leleh plastik di tengah aliran *runner*. Suhu yang lebih tinggi pada lapisan luar tersebut akan selalu ada, meskipun sebagian akan terjadi kehilangan panas ke dinding *mold* melalui konduksi. [1] Hal tersebut akan berdampak pada kondisi aliran di *runner* yang tidak seragam (*imbalance flow*).

Kondisi aliran tidak seragam biasanya ditemukan apabila terdapat lebih dari dua percabangan di *runner*. Akibat adanya variasi suhu plastik leleh menjadikan kondisi aliran yang berbeda pada *runner* bagian dalam dan luar *mold*. Plastik leleh yang mengalir di *primary runner*, *shear rate* meningkat di sekeliling bagian luar aliran (gambar 4. potongan C-C)



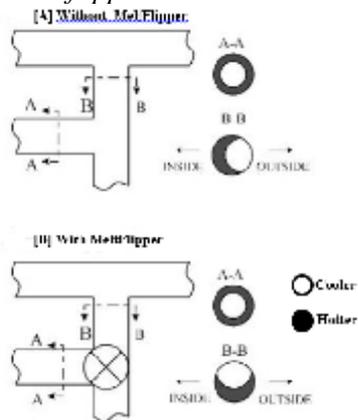
Gambar 4. Kondisi aliran plastik di *runner*.

Pada gambar 4. terlihat ketidak seimbangan aliran plastik di *runner*. Dimana bagian *shear rate* tertinggi (aliran panas) dari *primary runner* akan mengalir ke *secondary runner* kemudian masuk ke *tertiary runner* bagian dalam cetakan, sedang bagian *shear rate* terendah (aliran dingin) akan mengalir ke *tertiary runner* bagian luar cetakan. Hal ini terjadi karena material yang mengalir di masing-masing cabang *runner* tersebut memiliki viskositas, suhu, dan laju alir yang berbeda.

Desain *runner* harus dirancang seimbang mungkin, sehingga memungkinkan pengisian plastik ke setiap rongga cetak terjadi pada waktu yang sama dan dengan suhu yang sama. *H-Runner layout* yang secara geometris *runner* ini seimbang, karena panjang alir (*flow length*) dari sprue ke setiap *cavity* sama panjang. Namun fenomena yang terjadi aliran pada *runner* terjadi *imbalance flow*, sehingga dapat menimbulkan *imbalance filling* pada *cavity*. Salah satu solusi yang sudah dikembangkan untuk mendapatkan *balance filling* adalah dengan metoda *Meltflipper* [2] (*melt rotation technology*).

Meltflipper atau disebut *Melt rotation technology* adalah metoda yang dikembangkan

sekitar tahun 1993 digunakan untuk mengatasi masalah *imbalance filling*. Dimana metoda ini dapat diterapkan pada aliran di percabangan runner antara *primary runner* dan *secondary runner* pada *runner layout* tipe H. Cara kerja metoda ini adalah dengan cara memutar aliran plastik 90° di percabangan, sehingga akan mengubah aliran plastik panas pada *secondary runner* yang semula tidak simetri (pot B-B pada gambar 4A) tanpa *meltflipper* menjadi simetri (pot B-B pada gambar 4B) dengan *meltflipper*.



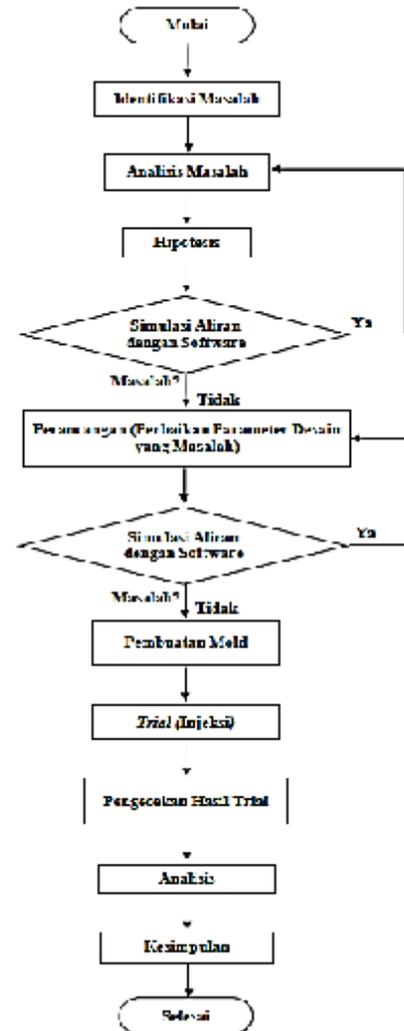
Gambar 5. Kondisi aliran dengan dan tanpa *Meltflipper*

Penempatan *meltflipper* di percabangan akan mengembalikan kondisi aliran panas plastik di *secondary runner* menjadi simetris (bagian yang lebih panas berada di bagian bawah, bagian yang dingin diatas), sehingga kondisi aliran menjadi seimbang kembali. Walaupun masih ditemui ketidakseimbangan kondisi aliran pada *secondary runner*, namun setelah penggunaan *meltflipper* jauh lebih baik dari pada tidak menggunakan *meltflipper*. Kondisi aliran simetri yang terjadi memberikan pengisian yang seimbang pada bagian luar dan dalam cetakan.

Rancangan konstruksi *meltflipper* dapat diaplikasikan dengan prinsip aliran diputar 90° dipercabangan. Bentuk dan geometri dari *meltflipper* sama dengan *runner*, dengan mempertimbangkan dari kondisi aliran plastik pada runner tetap laminar, tidak *turbulence* yang akan menimbulkan gelembung udara pada aliran sehingga berpengaruh juga pada kualitas produk^[3].

3. Metoda Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui proses analisis, perancangan, *manufacturing* dan percobaan (*trial*) serta analisis hasil percobaan dan diselesaikan dengan beberapa tahapan kerja yang dapat dinyatakan dalam diagram alir sebagaimana diperlihatkan pada Gambar.6



Gambar 6. Flow Chart Penelitian

Kasus *imbalance filling* pada penelitian ini di dapatkan pada kondisi, dan dengan data-data material, cetakan dan proses sebagai berikut:

- a. Jenis Cetakan : **Two Plate Mold**
 - b. Jumlah *Cavity* : **8**
 - c. Tipe *Runner Layout* : **H-Pattern**
 - d. Mesin Injeksi : **Yan-Hing SP-A Series SP108A**
 - e. Material Produk : **Polypropylene (PP)**
 - f. Material *cavity* : **1.2311**
 - g. Harga Kekasaran Dinding *Runner* : **N8**
 - h. Suhu Cetakan : **50°C**
 - i. Suhu injeksi : **200°C**
 - j. Volume Produk, *runner, gate, sprue* (V_{tot}): **171,55 cm³ (didapat dari CAD)**
 - k. *Plasticizing Capacity* (C_a) : **99 cm³/s (Spesifikasi Mesin)**
 - l. Luas Penampang *Nozzle* (A_{nozzle}) : **12.56 cm² (Spesifikasi Mesin)**
 - m. *Injection Pressure* : **1300 bar (Data Proses Material)**
 - n. *Injection Speed* :
- | | | | |
|--------------------------|---|----------|------|
| $\frac{C_a}{A_{nozzle}}$ | = | 7.882155 | cm/s |
| $\frac{V}{C_a}$ | = | 1.752863 | s |
- o. *Injection Time* :

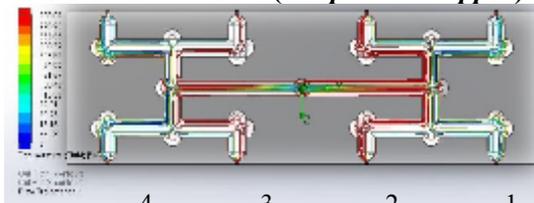
Polypropylene Thermal Properties :

- p. Density : 929 kg/m³
- q. Specific Heat: 2890 J/Kg°C
- r. Thermal Conductivity: 0.184 W/m°C
- s. Power-Law Index, n : 0.378
- t. Power-Law Viscosity: 5.30E+03 Pa.sⁿ

Mold Material (P20) Thermal Properties :

- u. Density : 7.82 kg/m³
- v. Specific Heat : 500 J/Kg.K
- w. Thermal Conductivity: 32 W/m.K
- x. Melting Temperature: 1755.7 K

Simulasi Aliran 1 (Tanpa MeltFlipper)

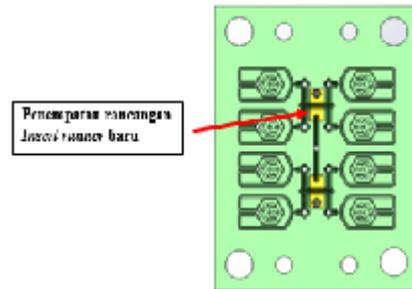


Gambar 7. Hasil simulasi aliran 1 (tanpa Meltflipper).

Gambar 7. adalah hasil simulasi dan analisis ditunjukkan dengan gradasi warna hijau - merah sebagian suhu tinggi dan gradasi warna biru – hijau untuk suhu yang lebih rendah. Ditunjukkan pada gambar 7 dimana terjadi kondisi suhu aliran yang berbeda antara bagian dalam cetakan (2 dan 3) dengan luar cetakan (1 dan 4). Warna bagian no 2 dan 3 ditunjukkan dengan gradasi warna hijau - merah yang berarti suhu aliran pada bagian itu lebih panas. Sedangkan bagian no 1 dan 4 ditunjukkan dengan gradasi warna mulai dari cyan-hijau yang berarti kondisi suhu aliran pada bagian itu lebih dingin dari no 2 dan 3. Kondisi ini menimbulkan *imbalance filling* pada *cavity* saat proses pengisian. *Runner* diperbaiki dengan menerapkan *MeltFlipper* di percabangan *primary runner* dan *secondary runner* untuk mendapatkan kondisi aliran yang seimbang.

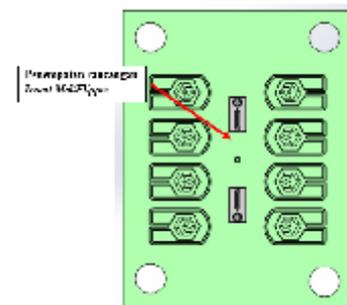
Perancangan Meltflipper

Dikarenakan terdapat batasan rancangan, pada tahapan ini konstruksi *Meltflipper* dirancang dengan desain penyisipan (*insert*) dengan fungsi sama seperti dengan prinsip kerja *Meltflipper*. *Insert Meltflipper* ditempatkan pada *cavity plate* dan dirancang baru pada percabangan *runner*. Penempatan *insert* yang dirancang ditempatkan seperti pada gambar 8. dan gambar 9.



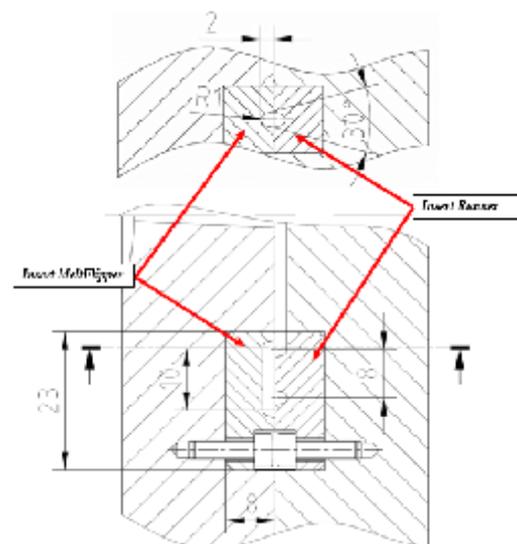
Gambar 8. Penempatan *insert runner*

Rancangan *insert Meltflipper* dibuat sesuai ukuran diameter *runner* untuk menjaga kualitas aliran, sedangkan panjangnya dibuatkan proporsional. Tidak ada ukuran khusus untuk panjang *Meltflipper*.



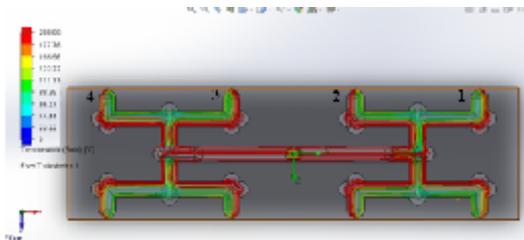
Gambar 9. Penempatan *insert runner*

Desain *insert* yang dipilih adalah bentuk kolom dengan pengikatan baut M3 tanpa harus menaik-turunkan *mold* dari mesin. Metoda pengikatan dibuatkan satu baut di setiap *insert* karena telah ditepatkan oleh bentuk kolom dan *insert* akan tertahan oleh *clamping* mesin saat proses injeksi, sedangkan pada tahapan *mold open*, *insert* sudah di ikat oleh baut yang menahan *insert* agar tidak terbawa plastik ketika proses. Gambar 10.



Gambar 10. Rancangan *insert MeltFlipper* dan *insert runner*

Simulasi Aliran-2 (Dengan Meltflipper)



Gambar 11. Penempatan *insert runner*

Dengan data yang sama dengan simulasi ke-1, hasil simulasi ke-2 di *software* didapatkan aliran seperti pada gambar 11 hasil simulasi dan analisis ditunjukkan dengan gradasi warna hijau - merah sebagai suhu tinggi dan gradasi warna biru - hijau untuk suhu yang lebih rendah. Ditunjukkan pada gambar 11 dimana terjadi kondisi suhu aliran yang seragam pada bagian dalam cetakan (2 dan 3) dan luar cetakan (1 dan 4). Warna yang relatif sama menunjukkan bahwa kondisi suhu aliran yang terjadi seragam antara bagian dalam dan luar. Setelah penerapan *meltflipper* pada runner, aliran pada tertiary runner akan menjadi seimbang dan pengisian cavity pada bagian dalam (2 dan 3) dan luar cetakan (1 dan 4) menjadi seimbang (*balance filling*). Rancangan dengan *meltflipper* dapat diterima dan dapat diterapkan pada runner cetakan, kemudiandilakukan *trial* dengan cara pengambilan sampel data berat dari produk dan visualisasi hasil injeksi.

Percobaan Injeksi pada Cetakan

Pada tahapan percobaan injeksi berikut beberapa mesin, alat dan bahan yang digunakan

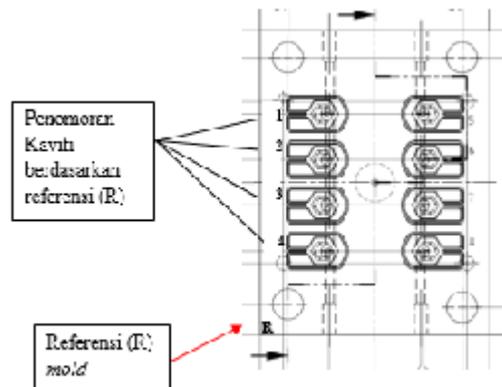
- a. Mesin Injeksi : **Yan Hing tipe SP108A**
- b. Material plastik : **Polypropylene (PP)**
- c. *Injection Pressure* : **1300 bar**
- d. Volume produk dan runner (V_{tot}): **179.55348cm³(dari CAD)**
- e. Kapasitas alir (Ca) : **99 cm³/s(Spesifikasi Mesin)**
- f. Anozle : **69.143cm²(Spesifikasi Mesin)**
- g. *Injection Speed* :

$$\frac{Ca}{Anozle} = 1.882155 \text{ cm/s}$$

- h. *Injection Time* :

$$t = \frac{V}{Ca} = 1.813672 \text{ s}$$

Selain alat dan bahan, adapun metoda pemilihan sampel yang digunakan untuk mempermudah idektifikasi kaviti pada saat pengukuran, gambar 12.

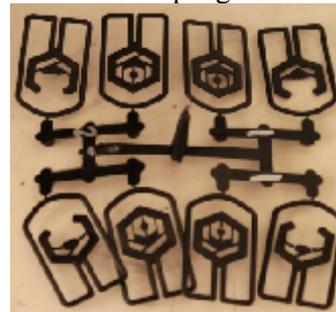


Gambar 12. Metoda identifikasi *cavity*.



Gambar 13. Proses pemasangan *mold* ke mesin injeksi.

Pada tahap ini penulis tidak dapat mengambil sampel langsung dari *shot* ke-1, karena suhu plastik di mesin injeksi dan suhu *mold* pada saat tersebut masih belum stabil. Untuk mendapatkan kondisi injeksi yang stabil biasanya dilakukan injeksi hingga *shot* ke-10 atau *shot* ke-15. Pengambilan sampel dilakukan setelah proses injeksi pada kondisi yang sudah stabil. stabil dalam arti adalah kondisi parameter injeksi sudah diperoleh pada kondisi yang tepat. Pada penelitian ini sampel mulai diambil ketika *shot* ke-21. Sedangkan pada tahap pengambilan sampel dan data penelitian ini penulis mengambil sampel dengan cara pengambilan produk hasil injeksi langsung setelah setiap proses injeksi. Pada saat kondisi *mold open* produk diambil manual untuk menghindari kesalahan pengambilan sampel.



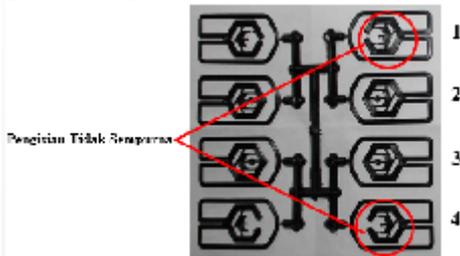
Gambar 14. Penandaan sampel.

4. Pengolahan Data dan Analisis

Untuk mempermudah pembahasan, dipakai suatu tolak ukur atau data pembanding antara produk yang dihasilkan dari konstruksi awal (*mold* tanpa *meltflipper*) dengan produk yang

dihasilkan dari konstruksi baru (*mold* dengan *meltflipper*). Supaya kedua data memiliki relevansi yang tinggi, produk yang dianalisa diambil dari masing-masing *cavity* (1,2,3 dan 4) dan diambil dari bilangan *shot* yang sama. Sedangkan untuk mengetahui variasi proses injeksi penyebab terjadinya ketidaksesuaian produk, telah dilakukan simulasi menggunakan software “Solid Work”. Maka analisis ketidak seimbangan aliran plastik di sistem saluran (*runner*) digunakan perbandingan analisis *software*, data berat, dan hasil uji visual sebagai berikut:

Pemeriksaan Benda Hasil Trial Ke-1 (Tanpa Meltflipper)



Gambar 15. Foto hasil trial Ke-1 (tanpa *meltflipper*) dari Shot 27

Pada gambar 15 terlihat bahwa produk dari *cavity* 1 dan 4 tidak sesuai yang diharapkan, karena pengisian tidak sempurna (*shortage*) Hasil pengamatan visual yang terjadi dari shot 21 sampai dengan shot 28 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pengisian *Cavity* Trial ke-1 (tanpa *MeltFlipper*)

		Data Pengisian Cavity							
		Shot 21	Shot 22	Shot 23	Shot 24	Shot 25	Shot 26	Shot 27	Shot 28
Cavity 1	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
Cavity 2	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
Cavity 3	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
Cavity 4	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit

variasi berat produk dari masing – masing *cavity*, telah dilakukan penimbangan sampel produk *cavity* 1 hingga *cavity* 4 dari *shot* ke-21 hingga *shot* ke-28 (kondisi proses injeksi stabil). Untuk menghasilkan data yang akurat, penimbangan dilakukan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram. Hasil penimbangan berat adalah sebagai berikut (tabel 2.)

Tabel 2. Data Berat Produk *Cavity* Trial ke-1 (tanpa *MeltFlipper*)

		Data Berat Produk Trial ke 1 [g]							
		Shot 21	Shot 22	Shot 23	Shot 24	Shot 25	Shot 26	Shot 27	Shot 28
Cavity 1	0.36	0.38	0.38	0.38	0.38	0.40	0.38	0.40	
	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
Cavity 2	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
Cavity 3	0.36	0.38	0.38	0.40	0.38	0.38	0.38	0.38	
	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
Cavity 4	0.36	0.38	0.38	0.40	0.38	0.38	0.38	0.38	
	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	

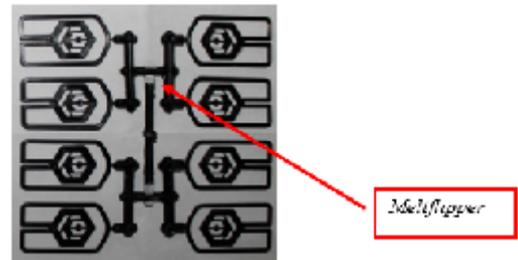


Gambar 16. Diagram variasi berat produk *Trial* ke-1

Data sampel *trial* ke-1 di tampilkan pada tabel 1, tabel 2, dan gambar 16. Didapat beberapa variasi berat produk antara *cavity* 1-4 dengan *cavity* 2-3. Dan tingkat variasi berat produk dapat dilihat pada gambar 16.

Data menunjukkan pada *cavity* 1-4 produknya tidak memenuhi target berat yang seharusnya, selain itu pengisian di *cavity* 1-4 tidak sempurna. Pada *shot* 21-28 seluruh hasil injeksinya tidak sempurna di *cavity* 1-4. Rata-rata berat produk yang ditunjukkan pada gambar 16 juga menunjukkan bahwa hasil dari *trial* ke-1 jauh dari yang ingin dicapai.

Pemeriksaan Benda Hasil Trial Ke-2 (Tanpa Meltflipper)



Gambar 17. Foto hasil *trial* Ke-2 (tanpa *meltflipper*) dari Shot 27.

Gambar 17. menunjukkan produk dari *shot* ke-27 Secara umum semua produk sesuai harapan (tidak ditemukan cacat). Hasil pengamatan mata yang terjadi dari shot 21 sampai dengan shot 28 adalah sebagai berikut:

Tabel 3Data Pengisian *Cavity* Trial ke-2 (dengan *MeltFlipper*)

		Data Pengisian Cavity							
		Shot 21	Shot 22	Shot 23	Shot 24	Shot 25	Shot 26	Shot 27	Shot 28
Cavity 1	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
Cavity 2	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
Cavity 3	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
Cavity 4	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit
	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit	Komplit

variasi berat produk dari setiap *cavity* yang dihasilkan dari hasil *trial* ke-2(dengan *Meltflipper*). Menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram. Penulis menimbang produk yang dihasilkan dari *cavity* 1 hingga *cavity* 4 dan diambil dari *shot* ke-21 hingga *shot* ke-28. Hasil penimbangan produk dari *trial* ke-2 adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Data Berat Produk *Trial* ke-2 (dengan *Meltflipper*).

	Data Berat Produk <i>Trial</i> ke-2 [g]							
	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5	Shot 6	Shot 7	Shot 8
Cavity 1	0.40	0.40	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Cavity 2	0.40	0.42	0.42	0.42	0.42	0.40	0.42	0.42
Cavity 3	0.40	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.40	0.42
Cavity 4	0.40	0.42	0.42	0.40	0.42	0.42	0.42	0.42



Gambar 18 Diagram variasi berat produk *Trial* ke-2

Data sampel *trial* ke-2 di tampilkan pada tabel 3 dan 4 serta gambar 18. Pada hasil *trial* ini seluruh *cavity* terisi penuh dan berat produk yang didapat juga relatif sama. Rata-rata berat produk juga menunjukkan bahwa hasil dari *trial* ke-2 mendekati berat dari yang ingin dicapai.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan meliputi simulasi aliran menggunakan *software*, pemeriksaan visual dan berat hasil *trial* injeksi dapat diambil kesimpulan, yaitu :

1. Data penelitian *trial*-1 menunjukkan adanya ketidakseimbangan suhu aliran plastik pada sistem saluran *runner* mulai dari adanya percabangan antara *primary runner* dan *secondary runner* kemudian ke *tertiary runner*. Hal tersebut mengakibatkan ketidakseimbangan aliran plastik (*imbalance flow*) di saluran *runner*. Seluruh produk yang dihasilkan dari *cavity* 1, 2, 3 dan 4 setiap *shot*-nya ditemukan kegagalan. Artinya, seluruh produk tidak mencapai target yang diinginkan (beberapa *cavity* tidak terisi penuh oleh plastic, *cavity* 1 dan 4), sehingga mengakibatkan tingkat variasi berat produk yang tinggi.
2. Data penelitian *trial*-2 membuktikan bahwa dengan penerapan metoda *Meltflipper* dapat mencegah terjadinya *imbalance filling* di *cavity*. Seluruh produk yang dihasilkan dari *cavity* 1, 2, 3 dan 4 juga setiap *shot* tidak ditemukan kegagalan. Artinya, seluruh produk mencapai target yang diinginkan (seluruh *cavity* telah terisi penuh oleh plastik), dan hasil pengukuran berat setiap produk hampir seragam.
3. Kegagalan produk hasil injeksi akibat kondisi *imbalance filling* dapat dihilangkan,

karena kondisi *imbalance filling* dapat diatasi setelah diterapkan *Meltflipper*. Dimana rancangan *Meltflipper* itu sendiri dibuat sesuai dengan ukuran *runner*, hanya membalikan sedikit bagian dari *runner* di percabangan. Aliran plastik leleh di *runner* tetap laminar dan kualitas alirannya terjaga.

4. Produk hasil injeksi plastik yang seragam (geometri, dan berat produk) dapat tercapai setelah *Meltflipper* diterapkan pada sistem saluran *runner*.

6. Referensi

[1] Osswald Tim A, Lin-Sheng Turng, Paul Gramann. (2008). *Injection Molding handbook-2nd Edition*. Hanser Publisher : Munich

[2] U.S. Patent 6,077,470, 2000. *Method and Apparatus for Balancing Injection Molds*.

[3] Rahman M, C.A Brebbia (2006), *Advances in Fluids Mechanics VI*, WIT Press : Great Britain (UK)

[4] Kazmer David O. (2007), *Injection Mold Design Engineering*, Munich : Carl Hanser Publisher

Rosato Dominick V., Donald V. Rosato, Marlene G. (2000), *Injecetion Molding Handbook -3rd Edition*, 101 Philip Drive, Assinippi Park, Norwell, Massachusetts 02061 : Kluwer Academic Publisher