

PENEMPATAN MULTIGATE PADA PRODUK PLASTIK INJECTION MOLD UNTUK MEMINIMASI CACAT LENTINGAN (*WARPAGE*) STUDI KASUS RAK KANDANG AYAM

Dadan Heryada
Staf Pengajar Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
E-mail: dadan_heryada@polman-bandung.ac.id

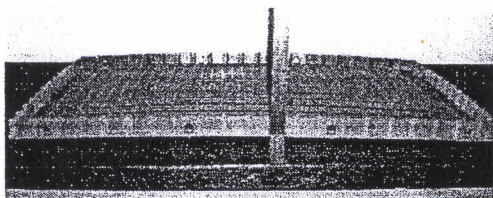
Abstrak

Hasil pembentukan produk plastik melalui pencetakan banyak dipengaruhi oleh desain cetakan, salah satu kegagalan desain cetakan yang mengakibatkan cacat produk plastik adalah terjadinya lentingan (*warpage*) yang terjadi pada produk setelah dingin. Cacat tersebut diakibatkan karena proses pendinginan pada bagian-bagian produk plastik yang tidak merata. Persoalan yang sering dihadapi saluran pendingin yang dirancang pada cetakan sering kali tidak efektif, yaitu untuk mendinginkan produk plastik secara merata, hal ini dikarenakan bentuk produk yang kompleks dan atau keterbatasan dalam manufaktur saluran pendingin. Dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan menerapkan multi gate dan pemosisian multigate tersebut pada produk untuk mendapatkan pendinginan pada produk yang relatif merata, sehingga dihasilkan produk yang minimal terjadi cacat *warpage*. Percobaan dilakukan pada model produk Landasan Rak Kandang Ayam, yang mengalami *warpage* setelah produk tersebut mendingin. Metoda yang digunakan untuk penyelesaian penelitian menggunakan pendekatan simulasi software. Tahap awal penelitian dibuat model virtual dari produk/part dengan bantuan software CAD, kemudian dilakukan analisis dengan bantuan software engineering CAE dengan parameter-parameter desain dan proses yang diperlukan. Hasil analisis software kemudian dibandingkan dengan data hasil percobaan. Berdasarkan hasil penelitian bahwa penggunaan dan penempatan multigate pada produk dapat berpengaruh pada kualitas produk plastik yang dihasilkan, dan bermanfaat untuk membantu menempatkan multigate agar diperoleh pendinginan produk plastik lebih merata sehingga dapat mengurangi terjadinya *warpage*.

Kata kunci: *plastic injection mold, multigate, warpage.*

I. PENDAHULUAN

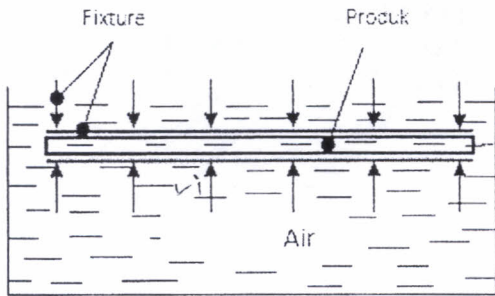
Kondisi Awal



Gambar 1. Produk landasan kandang ayam melenting. Ukuran produk distorsi lentingan sebesar 16 mm (maks).

Produk plastik kandang ayam hasil produksi injection mold di PT. Charoen masih tidak sesuai dengan yang diharapkan, dimana produk

hasil proses injeksi kondisinya melenting, berbagai upaya telah dilakukan untuk mendapatkan parameter proses injeksi, dengan cara mengatur *cooling time, holding time*, [4] namun demikian produk masih melenting. Menarik dari hal tersebut adalah terjadinya proses melenting pada produk berlangsung selama 2 hari sejak produk keluar dari cetakan, artinya dalam waktu 2 hari pada produk terjadi perubahan bentuk, yang diakibatkan oleh penyusutan produk. Ketidakrataan permukaan akibat lentingan pada produk dapat mencapai 16 mm (Gambar 1) dan terjadi pada setiap sisi produk. Kondisi ini tentunya tidak diharapkan, karena mengakibatkan produk hasil injeksi



Gambar 2 Pendingin produk di dalam bak Pendingin

tidak dapat dipergunakan (*reject*). Analisa berdasarkan pengamatan, diduga lentingan yang terjadi adalah akibat proses pendinginan produk pada cetakan tidak merata, hal ini mengakibatkan pendinginan pada bagian produk juga tidak merata pula [2]. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan proses tambahan dengan cara setelah produk keluar dari cetakan, produk dicekam pada fixture kemudian didinginkan dengan cara dicelupkan kedalam bak pendingin (Gambar 2). Pencelupan kedalam bak pendingin berlangsung selama beberapa menit. Setelah itu produk diangkat dan dilepaskan dari fixturenya dan permukaan produk menjadi rata. Tentunya dengan proses tambahan ini, memerlukan pengerjaan/perlakuan tambahan lagi dalam proses produksi produk kandang ayam, sehingga menimbulkan penambahan waktu dan biaya produksi.

Langkah Perbaikan

Langkah ini diambil untuk mendapatkan temperatur mold yang merata pada setiap bagian cetakan, bila temperatur mold merata maka proses pendinginan produk pada cetakan akan relatif merata, tidak terjadi perbedaan temperatur yang ekstrim pada setiap bagian cetakan /produk.

Hasil penelitian yang dilakukan akan digunakan untuk menjadi usulan perbaikan cetakan landasan kandang ayam yang ada.

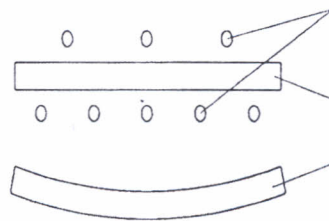
Sasaran Setelah Penelitian

Setelah dilakukan penelitian ini diharapkan diperoleh:

- Untuk produk-produk sejenis produk yang dikaji perancang dapat menentukan jenis, jumlah dan posisi gate yang sesuai,
- Efektivitas rancangan saluran pendingin pada cetakan injection mold, saluran pendingin dapat mendinginkan setiap bagian dari cetakan secara merata.
- Ketepatan dalam merancang cetakan akan mengurangi waktu dan biaya yang dikeluarkan tahap uji coba.

Pendingin Pada Cetakan

Proses pendinginan pada produk diharapkan tidak menimbulkan *distorsi* atau lentingan pada produk (*warpage*), akibat pengaruh penyusutan (*shrinkage*) pada fase pengerasan/solidifikasi pada produk mulai dari cetakan sampai dengan temperatur ruang [4]. Penyusutan yang relatif merata pada bagian produk dapat menghasilkan keseragaman struktur-plastik, sehingga akan mengurangi

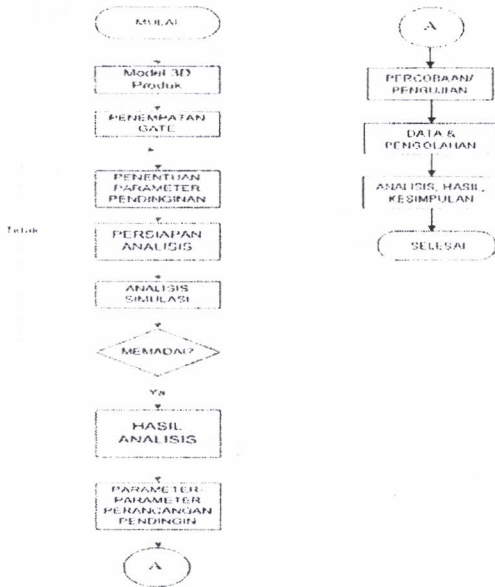


Gambar 3 Pendinginan yang tidak merata menghasilkan produk melenting (*warpage*)

konsentrasi tegangan pada produk. Pendinginan yang tidak merata pada cetakan akan menimbulkan penyusutan yang tidak merata pada produk, hal ini akan menimbulkan konsentrasi tegangan pada bagian produk, sehingga akan menimbulkan distorsi pada produk (Gbr. 3) [3].

II. METODE PENELITIAN

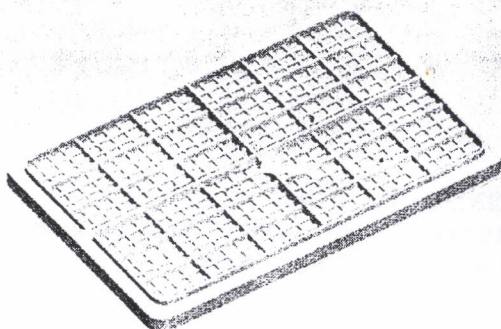
Tahap awal penelitian ini dilakukan analisa pada model produk dengan bantuan software simulasi CAE. Pada simulasi CAE yang dilakukan, diskenariokan parameter-parameter-parameter injeksi sebagai parameter tetap (konstanta), sedang parameter desain merupakan parameter yang berubah (*variable*).



Gambar 4 Flowchart analisis desain parameter pendingin terhadap distorsi produk yang dilakukan

Setiap hasil simulasi yang dilakukan software akan diamati dan diidentifikasi bagaimana pengaruh setiap perubahan variable desain, seperti posisi gate pada produk pada saat fase pengisian plastik kedalam rongga cetak dan pembekuan plastik didalam cetakan, selanjutnya diamati sejauhmana terjadi distorsi pada produk [1].

Dengan metodologi ini diharapkan akan diperoleh penempatan gate pada produk yang menghasilkan distorsi/lentingan yang minimal produk kandang ayam. Gambar 4 memperlihatkan flowchart metodologi yang diterapkan.



Gambar 5. Model produk Landasan Kandang Ayam

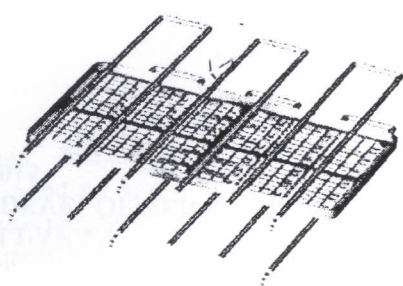
III. PEMBAHASAN DAN HASIL

Tahap awal dalam penelitian dilakukan observasi pada produk Landasan Kandang Ayam (LKA) yang akan diteliti, pengamatan tersebut antara lain pada bentuk detail produk LKA, tuntutan hasil produk yang diharapkan, posisi dan gate yang dipergunakan, distorsi yang terjadi pada produk (Gambar 1). Setelah itu dilakukan pengamatan pada desain cetakan yang dibuat. Berdasarkan analisis awal pada kondisi produk LKA dan cetakan yang digunakan, mengenai persoalan terjadi distorsi melenting (*warpage*) pada produk LKA.



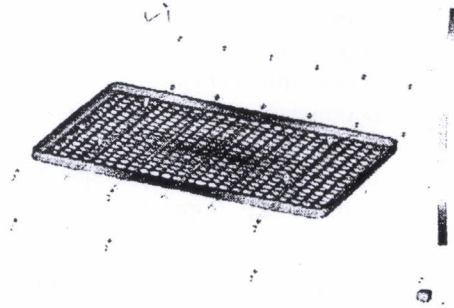
Gambar 6. Distribusi panas plastik setelah pengisian. Sprue gate dengan enam saluran.

Berdasarkan hipotesa, maka untuk mengatasi terjadinya lentingan pada produk LKA perlu dilakukan perbaikan pada penerapan gate, yang semula menggunakan center gate menjadi multi gate. Selanjutnya perlu dilakukan penambahan saluran pendingin untuk pada cetakan agar pendinginan pada produk menjadi merata.



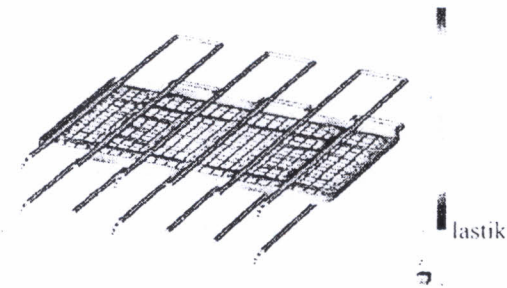
Gambar 7. Distorsi warpage arah Z setelah plastik menyusut (center gate)

Untuk menguatkan hipotesa tersebut dilakukan analisis dengan menggunakan software analisis CAE Moldflow. Untuk itu perlu dibuat model produk 3D CAD yang nantinya akan disimulasikan oleh software.



Gambar 8. Distribusi panas plastik setelah pengisian. Empat buah gate dengan enam

Untuk memudahkan dalam melakukan analisis dengan software dan juga untuk tujuan eksperimen agar ukuran cetakan injection mold yang dibuat tidak besar dan mahal, maka model produk LKA diperkecil dengan ukuran berskala (Gambar 5).



Analisis Simulasi CAE

Berdasarkan hipotesa yang diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis simulasi dengan bantuan software CAE, yang tujuan adalah untuk memverifikasi hipotesa yang diambil tentang pengaruh penggunaan multi gate dan penempatannya pada produk terhadap distorsi warpage yang dihasilkan, selain itu juga diamati pengaruh penambahan saluran pendingin pada cetakan terhadap hasil pendinginan cetakan terhadap distorsi warpage yang dihasilkan.

Analisis yang dilakukan adalah sbb.:

Analisis pertama, dilakukan simulasi pada model dengan kondisi produk dihasilkan berdasarkan desain gate dan saluran pendingin yang digunakan (kondisi yang ada), menggunakan center gate/sprue gate. Untuk memperoleh hasil yang fokus pada lentingan produk pengamatan dilakukan pada hasil simulasi warpage kearah sumbu Z (Gambar 7 &9). Analisis kedua, penggunaan gate sama dengan kondisi pertama, namun saluran pendingin dilakukan penambahan jumlah saluran pendingin yang semula 4 saluran menjadi 6 saluran.(Gambar 6), dengan adanya penambahan ini dilakukan relayout saluran untuk mendapatkan pendinginan lebih yang merata pada produk. Analisis ketiga, digunakan multigate dengan menempatkan 3 buah gate yang terletak pada sumbu y produk dengan jarak gate tertentu dengan pertimbangan perbedaan setiap flowlength plastik pada saat pengisian tidak jauh berbeda. Analisis keempat, digunakan multigate dengan menempatkan 4 buah gate pada produk (Gambar 8). Gate tersebut ditempatkan semetri terhadap sumbu x dan sumbu y dari pusat produk. Penempatan keempat gate juga dengan pertimbangan perbedaan flowlength plastik pada saat pengisian tidak jauh berbeda.

Analisis Hasil Simulasi CAE

Hasil analisis simulasi yang dilakukan terlihat (tabel 1) bahwa penambahan jumlah saluran pendingin dengan maksud untuk mendapatkan temperatur cetakan lebih merata pada bagian cetakan dapat menurunkan distorsi warpage pada produk. Hal ini dilihat pada analisis satu dengan center gate dan 4 buah saluran pendingin menimbulkan warpage z sebesar +2.08mm pada bagian tengah produk dan -1.23 pada sisi luar produk, sedang pada analisis 2 dengan center gate dan 6 buah saluran pendingin menimbulkan warpage z sebesar +2.053mm di tengah dan -1.206 di sisi luar. Pada tabel juga ditunjukkan bahwa diterapkan multigate pada produk dapat menurunkan warpage pada produk. Penambahan jumlah gate pada produk menghasilkan turunya besar distorsi warpage pada produk. Dengan menggunakan jumlah saluran pendingin yang

sama, yaitu 6 buah saluran, analisis 3 dan 4 dengan 3 buah gate dan 4 buah gate berturut-turut menimbulkan warpage Z sebesar +1.16 / -1.43mm dan +1.142 / -1.20mm.

Pada tabel 1. Besar warpage penyusutan arah Z

No.	Analisis	Kondisi		Warpage	
		Gate	Saluran pendingin	Bag. tengah	Sisi luar
1	Analisis 1	Center gate	4 saluran	+2.08	-1.23
2	Analisis 2	Center gate	6 saluran	+2.053	-1.206
3	Analisis 3	3 gate	6 saluran	+1.16	-1.43
4	Analisis 4	4 gate	6 saluran	+1.142	-1.20

Berdasar analisis tersebut diatas, terlihat adanya kecenderungan bahwa penambahan saluran pendingin dengan maksud diperoleh keseragaman temperatur di setiap bagian cetakan dapat menurunkan distorsi warpage Z pada produk. Selanjutnya penambahan jumlah gate pada produk dapat mengurangi timbulnya distorsi warpage yang lebih besar. Dengan kata lain bahwa semakin banyak penggunaan gate pada produk dapat mengurangi timbulnya distorsi warpage pada produk, khususnya untuk produk.

Uji Coba dan pengambilan data

Setelah cetakan injeksi plastik LKA selesai dibuat tahap berikutnya adalah melakukan eksperimen untuk menghasilkan produk LKA melalui proses pencetakan plastik pada cetakan. Produk hasil injeksi akan diukur, pengukuran dilakukan beberapa kali, yaitu pada kondisi satu jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam setelah produk keluar dari cetakan. Dari setiap percobaan diambil beberapa sampel produk hasil injeksi yang selanjutnya akan diambil beberapa ukuran yang diperlukan. Dimensi-dimensi produk yang diukur dan hasil pengukuran terlihat pada lampiran.

Pengolahan Data

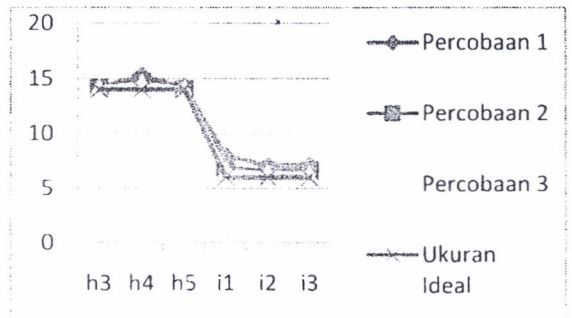
Setelah dilakukan pengambilan data ukuran dari dimensi-dimensi produk yang diperlukan dari setiap percobaan, selanjutnya data ukuran setiap dimensi dari setiap percobaan tersebut dirata-ratakan (tabel 2), kemudian dari data

ukuran tersebut dikeluarkan grafik untuk menggambarkan secara grafis kondisi ukuran dari dimensi yang diukur pada setiap percobaan.

Tabel 2. Ukuran rata-rata dimensi yang diukur

Percobaan ke	Ukuran rata-rata dari dimensi yang diukur					
	h3	h4	h5	i1	i2	i3
Percobaan 1	14,1	15,3	14,2	8,0	7,1	7,1
Percobaan 2	14,1	14,7	14,0	6,9	6,6	6,65
Percobaan 3	14,1	14,5	14,0	6,5	6,3	6,25
Ukuran Ideal	14,0	14,0	14,0	6,0	6,0	6,0

Dari grafik (Gambar 10) menunjukkan perbandingan dimensi rata yang diukur pada setiap percobaan.



Gambar 10. Grafik perbandingan penyimpanan Ukuran dimensi yang diukur pada setiap percobaan

Analisis dan Hasil

Pada grafik (Gbr. 10) terlihat bahwa setiap ukuran pada dimensi produk yang diukur pada posisi h3, h4, h5, i1, i2, i3 dari setiap percobaan terdapat perbedaan ukuran, sebagai contoh dimensi i2 hasil cetak produk percobaan 1 = 7.1 mm, pada percobaan 2 = 6.6mm, pada percobaan 3 = 6mm, terlihat terjadi penurunan distorsi penyusutan (pada arah Z) berturut-turut dari percobaan 1, 2 dan 3. Begitu pula pada dimensi h4 hasil cetak pada percobaan 1 = 15.3, pada percobaan 2 = 14.7mm, pada percobaan 3 = 14.5mm, juga terlihat terjadi penurunan distorsi penyusutan berturut-turut dari percobaan 1, 2 dan 3. Berdasarkan data ukuran yang diperoleh dari hasil percobaan, terlihat bahwa penambahan gate pada produk dapat menurunkan distorsi

penyusutan pada produk LKA. Penambahan saluran pendingin pada kaviti agar distribusi saluran pendingin lebih merata pada plat kaviti dengan tujuan untuk mendinginkan kaviti yang merata juga dapat menurunkan distorsi penyusutan pada produk.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan: Penerapan multigate akan mendistribusikan pusat penyusutan plastik pada produk ke beberapa titik, dengan demikian distorsi akibat penyusutan akan didistribusikan pada setiap bagian produk, sehingga distorsi produk secara keseluruhan akan berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Wei Guo, Lin Hua, Huajie Mao, Zhenghua Meng, 2011 Prediction of Warpage in plastic injection molding based on design of experiments journal of Mechanical science and Technology 26 (4) (2012) 1133-1139.
- [2]. David O.Kazmer, 2007, Injection mold Design Engineering, Carl Hanser Verlag, Munich.
- [3].Rees, Herbert, 2002 Mold Engineering, Carl Hanser Verlag, Munich.
- [4].Menges/Michaeli/Mohren,2001. How to Make Injection Molds, carl Hanser Verlag Munich.