

## Studi Pengaruh Kemiringan Dinding Mangkok Terhadap Tekanan Injeksi dan Filling Clamp Force

Amelia Sugondo, Ninuk Jonoadji

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra

E-mail: amelia@petra.ac.id, ninukj@petra.ac.id

### Abstrak

*Penggunaan plastik hingga kini masih terus bertahan. Apalagi jika melihat dari kelebihan-kelebihan yang dimiliki plastik seperti ringan, tidak mudah pecah dan murah jika pembuatannya dilakukan secara massal. Salah satu kegunaan produk plastik adalah untuk peralatan rumah tangga, contohnya yaitu mangkok. Mangkok plastik banyak digunakan karena tidak mudah pecah dan lebih murah dibanding dengan mangkok keramik atau mangkok kaca. Bentuk mangkok yang dijual memiliki bermacam-macam kemiringannya. Salah satu proses pembuatan mangkok plastik yaitu dengan proses injection molding. Berbicara mengenai proses injection molding berarti berbicara mengenai tekanan injeksi dan gaya clamping. Tekanan injeksi dan gaya clamping yang tidak tepat akan mempengaruhi kualitas produk dan juga akan berdampak pada penggunaan energi. Pada penelitian ini, dilakukan simulasi dengan enam variasi ukuran kemiringan dari mangkok. Simulasi dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara kemiringan dengan tekanan injeksi dan clamping force (gaya cekam). Dari hasil penelitian didapatkan bahwa penambahan kemiringan mangkok, tidak selalu menaikkan tekanan injeksi dan gaya clamping. Tekanan injeksi dan gaya clamping terkecil yaitu pada kemiringan 11,5°.*

*Kata kunci: injection molding, tekanan injeksi, clamp force, simulasi*

### 1. Pendahuluan

Produk plastik masih menjadi salah satu produk massal dengan harga murah. Kebanyakan produk dibuat dengan proses injection molding. Proses ini mengalirkan plastik leleh dengan cara diinjeksikan ke dalam suatu mold. Untuk melakukan injeksi diperlukan suatu tekanan agar untuk mendorong masuk plastik leleh tersebut. Selain tekanan injeksi diberikan, masih diperlukan suatu gaya yang untuk menjamin agar mold tetap dalam kondisi tertutup rapat tanpa kebocoran ketika tekanan injeksi diberikan. Gaya tersebut juga diperlukan untuk menjaga plastik leleh di dalam mold hingga membeku. Untuk memenuhi kebutuhan tekanan injeksi dan gaya untuk menahan mold diperlukan adanya energi. Kebutuhan energi dipengaruhi dengan besarnya tekanan injeksi dan gaya untuk menahan mold. Dengan adanya batasan ini, ketika perancang akan mendesain model produk perlu mempertimbangkan faktor tersebut, selain memenuhi persyaratan teknis dari desain mold maupun produk serta estetika. Kali ini penelitian model yang digunakan adalah mangkok dengan variasi ukuran mangkok kemiringan sudut untuk melihat seberapa besar pengaruh kemiringan terhadap besarnya tekanan injeksi dan gaya untuk menahan mold (gaya clamping). Pemikiran ini timbul berdasarkan pernyataan Rosato et al. mengenai tidak adanya batasan sudut kemiringan pada kemiringan dinding luar dan untuk kemiringan dinding dalam sudutnya kurang dari 1°. Selain itu banyak dijumpai produk-produk mangkok yang memiliki kemiringan bervariasi.

### 2. Tinjauan Pustaka

Peralatan injeksi molding dibagi menjadi tiga fungsi utama, yaitu injeksi, mold dan pencekam (clamping). Pada bagian injeksi, plastik cair diinjeksikan ke dalam mold. Sistem injeksi yang dapat digunakan bermacam-macam seperti, reciprocating screw dan ram injector. Tekanan injeksi yang menggunakan sistem screw dipengaruhi oleh gesekan dari screw. Tekanan injeksi yang diberikan setidaknya harus dapat memenuhi mold tanpa terjadinya short shot. Short shot merupakan kondisi pengisian yang tidak penuh. Tekanan injeksi juga harus cukup tinggi untuk mengurangi terjadinya shrinkage. Batasan dari tekanan injeksi adalah kapasitas mesin untuk menginjeksi dan mencekam sebaik mungkin agar terhindar dari overpacking, serta konstruksi dari mold. Tekanan untuk menginjeksi plastik leleh juga tergantung pada beberapa faktor seperti viskositas dari plastik leleh, temperatur, ukuran dari runner, panjang runner, jenis dan ukuran gate, serta kedalaman dari rongga.

Sistem pencekam berguna untuk menahan mold supaya tetap dalam kondisi tertutup ketika mold diberikan tekanan untuk proses pengisian. Ukuran tekanan pencekam menjadi salah satu pertimbangan untuk



menentukan ukuran mesin injection molding. Tekanan ini menentukan maksimum gaya pencekam yang ada pada mesin tersebut. Untuk mendapatkan gaya pencekam minimum dapat digunakan persamaan 1.

Minimum clamping force = projected area x injection pressure atau

$$F_{\text{clamp min}} = A \cdot P \quad (1)$$

Besar gaya pencekam harus melebihi gaya yang diberikan pada rongga mold ketika plastik leleh diinjeksikan. Luasan yang digunakan adalah paralel dengan *parting line*. Gaya yang diperlukan untuk membuka mold biasanya kurang dari 20%. Di dalam praktek, perlu dipertimbangkan faktor keamanan untuk meyakinkan tekanan pencekam sebesar 10 – 20%. Untuk standar minimum gaya pencekam adalah 330, 375 dan 400 ton atau 3 ton per inch luasan daerah yang diperhitungkan. Namun ada hal yang juga perlu diperhatikan yaitu menghindari gaya pencekam yang terlalu besar untuk mold yang berukuran kecil ketika dipasang pada mesin injection berukuran besar. Jika mold dicekam dengan tekanan penuh, maka mold dapat menjadi rusak (hancur).

Prinsip kekekalan energi mengatakan energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan dan hanya dapat diubah bentuknya. Untuk menghasilkan gaya ataupun tekanan, diperlukan sumber energi lain misalnya energi listrik. Bentuk energi dapat berupa panas, kerja dan aliran massa. Kerja listrik dapat dinyatakan dengan persamaan 2, sedangkan kerja pada *boundary* yang bergerak dinyatakan dengan persamaan 3.

$$W_e = V \cdot i \cdot \Delta t \quad (2)$$

$$W_b = F \cdot ds = P \cdot A \cdot ds = P \cdot dV \quad (3)$$

dimana  $W_e$  kerja listrik (kJ)  
 $V$  tegangan potensial (volt)  
 $i$  arus (ampere)  
 $\Delta t$  selang waktu pemakaian (dt)  
 $W_b$  kerja boundary (kJ)  
 $F$  gaya (N)  
 $A$  luasan ( $m^2$ )  
 $P$  tekanan (Pa)  
 $dV$  perubahan volume ( $m^3$ )

Pada proses *injection molding*, energi digunakan untuk beberapa faktor, seperti: melelehkan biji plastik, menginjeksi plastik leleh, menutup dan mencekam *mold*, mendinginkan plastik leleh didalam mold. Kebutuhan daya diperkirakan menghabiskan 30 – 38% dari total biaya produksi.

### 3. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai pengaruh kemiringan mangkok terhadap besarnya gaya pencekam saat pengisian dan tekanan injeksi. Metodologi yang akan digunakan sebagai berikut:

1. Menentukan dan membuat desain produk yang akan disimulasi. Bentuk yang dibuat sebagai model adalah mangkok dengan diameter bagian atas dibuat konstan 150 mm. Tinggi mangkok yang digunakan konstan sebesar 50 mm. Variasi sudut kemiringan adalah 30°, 23,5°, 17,5°, 11,5°, dan 5,7°.
2. Menentukan jenis material yang akan digunakan seperti berikut pada tabel 1.

Tabel 1. Data Material Percobaan

Material	Polypropylenes (PP)
Merek dagang	PP-7533 ex. Taiwan
Temperatur mold	38 °C
Temperatur leleh plastik	240 °C
Melt density	0.75252 gr/cm <sup>3</sup>
Solid density	0.90753 gr/cm <sup>3</sup>
Maximum shear rate	24000 1/s
Maximum shear stress	0.26 MPa

3. Menentukan parameter proses seperti yang terlihat pada tabel 1.
4. Menentukan lokasi *gate* untuk saluran pengisian.
5. Melakukan simulasi untuk mendapatkan besaran data gaya pencekam saat pengisian dan tekanan injeksi.



6. Melakukan analisa data dan mengambil kesimpulan.

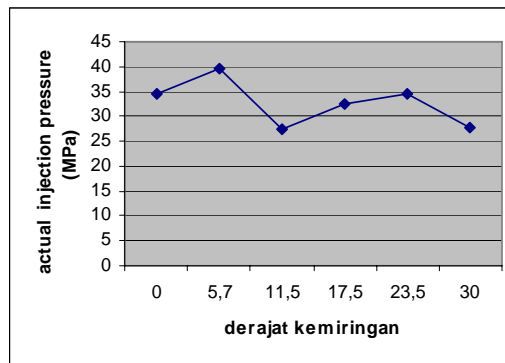
#### 4. Hasil dan Pembahasan

Model yang dibuat adalah seperti pada gambar 4.1

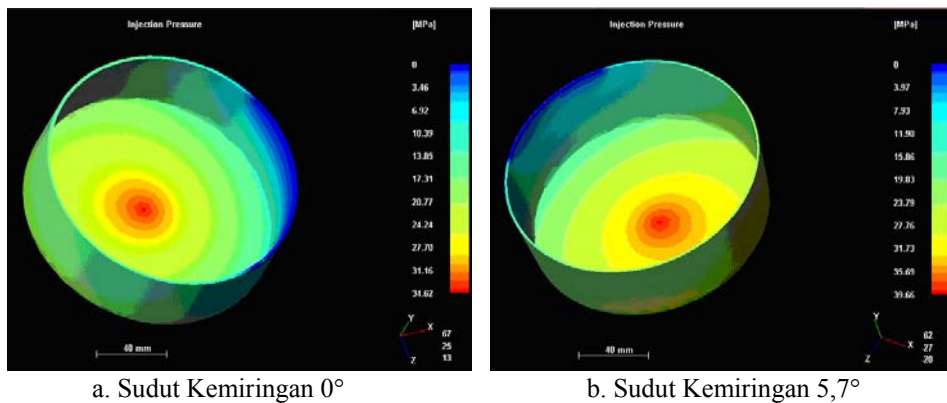


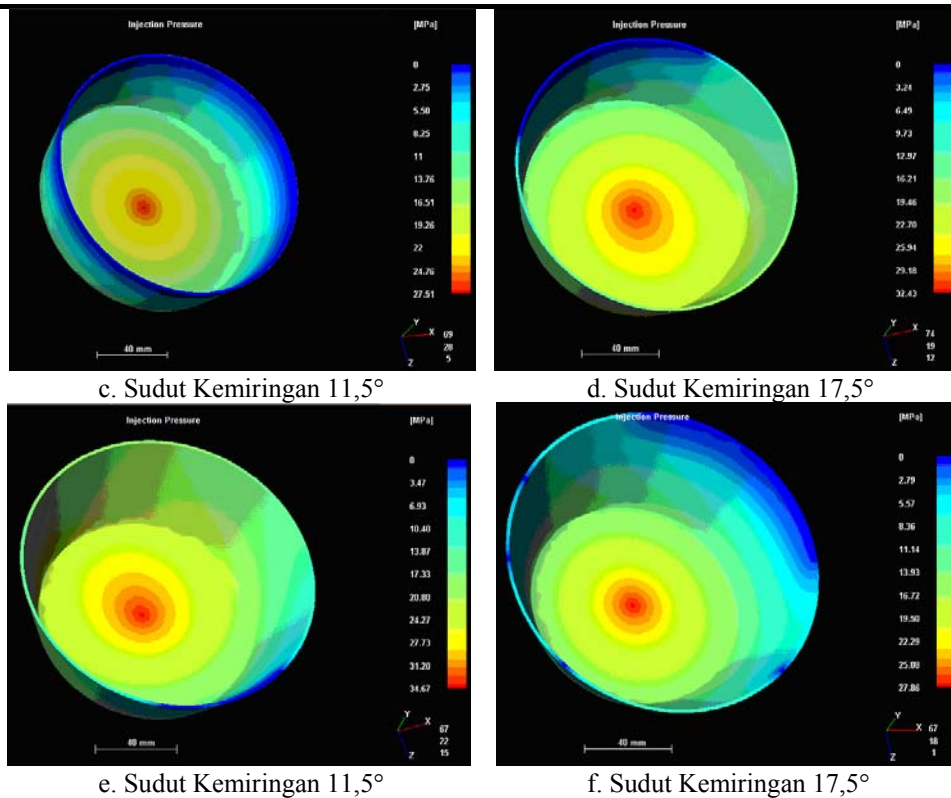
Gambar 4.1 Sudut Pada Model Mangkok

Dari hasil simulasi dengan melakukan variasi pada sudut kemiringan didapatkan gambar 4.2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa perubahan kemiringan, membuat suatu pola parabola untuk kebutuhan tekanan injeksi aktual. Terlihat dari gambar, adanya batasan tertentu untuk membentuk pola tersebut. Seperti pada sudut kemiringan  $5,7^\circ$  dan  $23,5^\circ$  tertentu tekanan aktual mencapai posisi maksimum dan posisi minimum pada derajat kemiringan  $11,5^\circ$  dan  $30^\circ$ . Kondisi ini diduga karena kurangnya tekanan injeksi yang digunakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.3 yang menunjukkan hasil simulasi mengenai tekanan injeksi. Dari gambar terlihat berbagai macam warna biru (tekanan mendekati 0 MPa) hingga merah (menunjukkan tekanan terbesar).



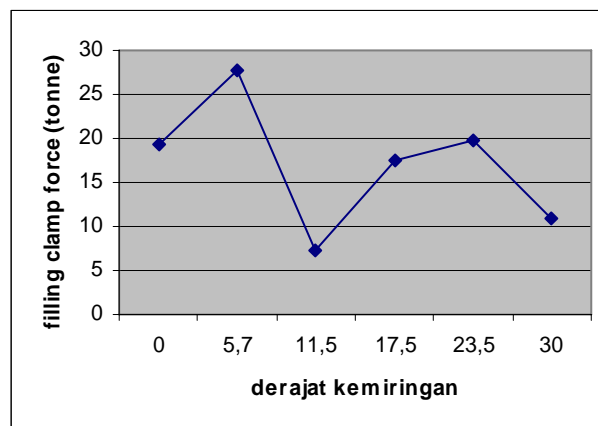
Gambar 4.2. Tekanan Injeksi vs Derajat Kemiringan Mangkok





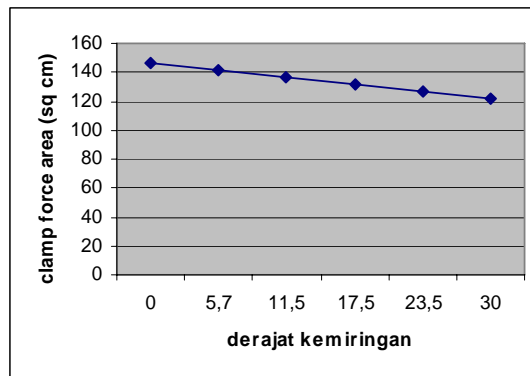
Gambar 4.3. Tekanan Injeksi pada Model Mangkok

Gambar 4.4 menunjukkan besarnya gaya pencekaman saat terjadi pengisian pada mold dengan variasi sudut derajat kemiringan dari 0° sampai 30°. Gambar tersebut juga memiliki pola yang sama dengan besarnya tekanan injeksi. Hal ini karena untuk menentukan gaya pencekam digunakan persamaan 1 dengan perkalian yang berbanding lurus. Maka dari itu kenaikan tekanan injeksi akan mengakibatkan naiknya gaya pencekaman saat proses pengisian. Demikian pula dengan kenaikan luas yang diproyeksikan akan memberi dampak yang sama. Besarnya gaya pencekam dipengaruhi oleh besarnya luasan yang diperhitungkan dengan tekanan injeksi.



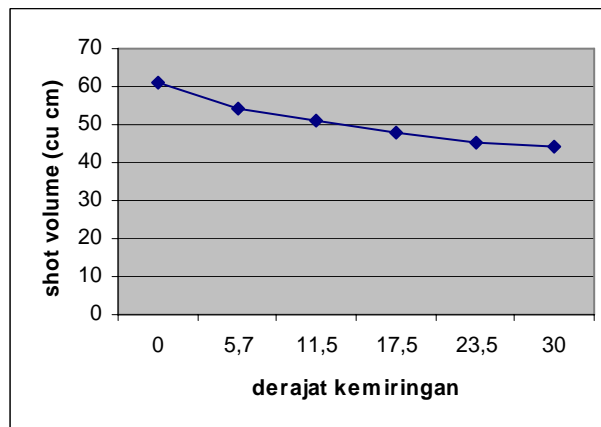
Gambar 4.4. Filling Clamp Force vs Derajat Kemiringan Mangkok

Dengan menggunakan persamaan 2 dan 3, dapat diketahui bahwa energi listrik yang diberikan adalah sama dengan energi dalam bentuk kerja yang dibutuhkan sesuai dengan hukum kekekalan energi. Dari kedua persamaan maka  $W_e = W_b$ , sehingga  $V \cdot i \cdot \Delta t = F \cdot ds$ . Jarak perpindahan sebesar  $ds$  dibuat sama, sedangkan besarnya gaya pencekam diketahui dari hasil simulasi, secara tidak langsung energi listrik akan semakin besar dengan naiknya gaya pencekam.



Gambar 4.5. Clamp Force Area vs Derajat Kemiringan Mangkok

Pada gambar 4.5 ditunjukkan pengaruh besarnya luasan area terhadap sudut derajat kemiringan. Pertambahan sudut akan mengurangi luas area. Pada simulasi dengan menggunakan *software* ini, luas area yang dicekam memungkinkan untuk berbeda dengan perhitungan secara teoritis. Perbedaannya diakibatkan adanya *overlapping* terhadap luasan yang diperhitungkan sehingga akan berdampak pada kelebihan kebutuhan gaya pencekam saat proses pengisian mold.



Gambar 4.6. Shot Volume vs Derajat Kemiringan Mangkok

Pada gambar 4.6, dapat banyaknya kebutuhan plastik leleh yang diperlukan untuk pengisian mold penuh dan dapat membuat suatu produk. Kemiringan sudut yang bertambah akan memberikan dampak pada pengurangan penggunaan plastik cair. Kondisi ini akan menguntungkan jika perusahaan akan melakukan penghematan biaya berkaitan dengan volume pemakaian material. Selain itu dari segi estetika dan fungsi, mangkok yang kemiringan sudutnya besar lebih memiliki syarat sebagai mangkok.

## 5. Kesimpulan

Derajat kemiringan mangkok, memberikan pola parabola terbalik untuk hingga sudut tertentu, dalam hal ini pada sudut  $5,7^\circ$  dan  $23,5^\circ$  dapat dihindari untuk digunakan karena gaya pencekam dan tekanan injeksinya berada pada posisi maksimum. Besarnya tekanan injeksi maupun gaya pencekam, juga akan mengakibatkan energi listrik yang digunakan semakin besar. Derajat kemiringan mangkok yang semakin besar, membutuhkan material plastik semakin sedikit.

## 6. Daftar Pustaka

1. Cengel, Yunus A., 1998, *Thermodynamics An Engineering Approach*, 3<sup>rd</sup> edition, McGraw Hill
2. Beiter, Kurt A., Cardinal, James M., Ishii, Kos, *Design for Inejction Molding: Balancing Mechanical Requirements, Manufacturing Cost, and Material Selection*
3. Rosato, Dominic V., Rosato, Donald V., Rosato, Marlene G., 2000, *Injection Molding Handbook*, 3rd ed, Kluwer Academic Publisher, USA
4. Strong, A. Brent. 2006, *Plastics: Material and Processing*, 3rd ed, Prentice Hall, New Jersey
5. <http://in.geocities.com/bolurpc/energyeffic>, *Understanding Energy Consumption in Injection Moulding Machine*

