

## Minimalisasi Cacat dengan Pengaturan Tekanan Terhadap Kualitas Produk pada Proses Injection Molding dengan Menggunakan Simulasi

Amelia Sugondo<sup>1</sup>, Willyanto Anggono<sup>2</sup>, Ian Hardianto S<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri - Universitas Kristen Petra  
Product Innovation and Development Centre Petra Christian University<sup>1,2,3</sup>

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236

E-mail: [amelia@peter.petra.ac.id](mailto:amelia@peter.petra.ac.id)<sup>1</sup>, [willy@peter.petra.c.id](mailto:willy@peter.petra.c.id)<sup>2</sup>, [ian@petra.ac.id](mailto:ian@petra.ac.id)<sup>3</sup>

### Abstrak

*Penggunaan plastik yang semakin mendominasi penggunaan material, menuntut suatu usaha untuk mengurangi waktu dan biaya produksi. Salah satu caranya yaitu dengan memanfaatkan program simulasi sebelum dilaksanakan di lantai produksi. Pada penelitian sebelumnya, dikatakan temperatur leleh plastik mempunyai pengaruh penting dalam penentuan kualitas daripada temperatur mold. Untuk lebih lanjut akan diteliti pengaruh tekanan dalam meminimalkan cacat karena tekanan juga merupakan parameter penting pada proses injection molding. Pengaturan tekanan yang tepat akan meminimalkan berbagai macam cacat antara lain: flash, short shot, sink mark, dan voids.*

*Pada penelitian ini digunakan model casing handphone dengan jenis material termoplastik (ABS). Penelitian diawali dengan penentuan parameter proses yaitu temperatur mold, temperatur leleh plastik dan tekanan injeksi. Temperatur leleh plastik divariasi 2 level sedangkan tekanan injeksi 5 level. Kemudian dilakukan simulasi untuk mendapatkan confidence of filling dan quality prediction.*

*Dari hasil simulasi didapatkan kesimpulan bahwa tekanan berpengaruh pada quality prediction dan confidence of fill dari produk pada temperatur leleh plastik yang rendah. Cacat yang terjadi adalah short shot dan crack, namun dengan bertambahnya tekanan, luas cacat semakin berkurang. Variasi tekanan pada temperatur leleh yang tinggi tidak memberikan pengaruh dalam meminimalkan cacat karena plastik memiliki viskositas yang tinggi sehingga mudah mengalir dan tidak terjadi pressure drop.*

*Kata kunci: tekanan, injection molding, simulasi*

### 1. Pendahuluan

Saat ini handphone semakin banyak dijumpai di segala usia dan kalangan. Ketatnya persaingan handphone, membuat perusahaan handphone selalu berusaha untuk memuaskan konsumennya dengan menyediakan berbagai model, ukuran dan berat. Disisi lain, produk handphone memiliki life cycle yang pendek, bobot yang ringan, dan jumlah yang banyak, hal tersebut menyebabkan produsen memilih material berbahan plastik. Plastik yang digunakan untuk membuat casing handphone yaitu ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene), karena memiliki ketahanan impak, kestabilan dimensi dan sifat-sifat lain yang dibutuhkan oleh casing handphone. Proses pengerjaan yang paling sesuai untuk produksi masal casing handphone yaitu proses injection molding.

Pada proses injection molding, dengan pengaturan parameter yang tepat dapat meningkatkan kualitas produk dan menghemat biaya produksi. Hal ini dikarenakan tenaga yang dibutuhkan dapat dikondisikan minimal. Dari penelitian sebelumnya, pembahasan hanya dilakukan pada pengaturan temperatur leleh plastik dan temperatur mold pada tekanan yang konstan. Temperatur sangat terkait dengan pasokan energi dalam hal ini adalah energi listrik. Proses penekanan yang pada umumnya dilakukan oleh sistem hidrolik juga merupakan salah satu parameter penting pada proses injection molding. Tekanan tergantung pada gaya dan mekanisme mesin pada saat mengalirkan plastik ke dalam cetakan (mold). Selain itu tekanan dapat juga berpengaruh pada kualitas produk.

Pada awal pembuatan produk, produsen melakukan setting parameter proses. Secara umum, penyetingan dilakukan dengan cara try and error hingga mendapatkan kualitas yang dikehendaki. Untuk menghemat waktu dan biaya, cara ini dapat diminimalkan dengan melakukan simulasi untuk mengatur tekanan. Berbagai variasi tekanan dapat lebih mudah dilakukan untuk melihat kualitas produk sehingga ketika akan diproduksi, try and error dapat diminimalkan.



## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Plastik

Plastik terdiri dari dua jenis yaitu termoplastik dan termosetting. Casing handphone dibuat dengan menggunakan jenis plastik termoplastik. Jenis ini dapat melunak kembali jika dipanaskan. Dari berbagai jenis termoplastik, jenis Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) yang memenuhi karakteristik dari produk yaitu keras, tahan panas dan tahan reaksi kimia, mudah diproses, memiliki kekuatan, tangguh dan tahan terhadap impact. Selain itu ABS juga memiliki kestabilan dimensi yang baik. Secara umum kondisi proses material ABS yaitu pada temperatur leleh plastik berkisar 200 - 280°C, temperatur mold 25 - 80°C dan tekanan injeksi 50 – 100 MPa. Data-data tersebut dapat digunakan sebagai acuan umum sebelum mendapatkan data spesifik dari produsen, seperti pada tabel I dan tabel II.

Tabel I. Data spesifik material ABS

General	Recommended Processing	Rheological	Thermal	PVT	M
Family name	BLENDS (PC+PBT, PC+ABS, ...)				
Trade name	ABS+PC Generic Estimates				
Manufacturer	CMOLD Generic Estimates				
Family abbreviation	ABS+PC				
Material structure	Amorphous				
Data source	Other : pvT-Supplemental : mech-Supplemental				
Last modified time	SEP-20-2000				
Data status	Non-Confidential				
Material ID	9077				
Grade code	CM9077				
Supplier code	BASE				

Tabel II. Data rekomendasi untuk proses

General	Recommended Processing	Rheological	Thermal	P
Mold temperature	75		C	
Melt temperature	265		C	
Mold temperature range (recommended)				
Minimum	50		C	
Maximum	100		C	
Melt temperature range (recommended)				
Minimum	230		C	
Maximum	300		C	
Absolute maximum melt temperature	340		C	
Ejection temperature	117		C	
Maximum shear stress	0.4		MPa	
Maximum shear rate	40000		1/s	

### 2.2. Tekanan

Tekanan merupakan variabel kritis yang dibutuhkan agar plastik leleh dapat mengisi mold. Penentuan besarnya tekanan dibutuhkan interpretasi secara simultan antara temperatur dan tekanan.

Proses penekanan pada injection molding mesin dilakukan pada dua tingkat, pertama, tekanan tinggi untuk menginjeksikan plastik cair dan mengisi rongga cetakan. Kedua, pada tekanan yang lebih rendah (holding pressure), tekanan ini digunakan untuk menahan produk agar terbentuk sempurna.

Tekanan injeksi ini merupakan tekanan yang digunakan untuk mencetak material ke dalam rongga cetakan. Tekanan ini dipengaruhi oleh luas proyeksi benda dan gaya yang dibutuhkan. Proses injeksi dan proses penahanan (holding) diusahakan pada tekanan terendah yang masih dapat dilakukan tanpa mengakibatkan terjadinya short shot. Tekanan harus dijaga lebih dari cukup agar dapat meminimalkan shrinkage. Cacat sink



mark juga dapat diminimalkan dengan menambahkan tekanan injeksi. Batasan tekanan injeksi tergantung pada kemampuan mesin untuk menekan dan mengklemp. Tekanan ini harus dapat menahan tegangan produk dari overpacking. Sedangkan penurunan tekanan (pressure drop) yang masih diijinkan selama proses injection molding yaitu 80% dari tekanan maksimum injeksi. Jika melebihi batas tersebut, salah satu upaya yang perlu dilakukan adalah dengan menaikkan tekanan maksimum injeksi. Selain itu dapat juga dilakukan penambahan pada temperatur lebur plastik. Pressure drop yang berlebihan dapat mengakibatkan terjadinya short shot pada benda kerja. Holding pressure, tekanan ini digunakan untuk menahan mold melawan tekanan yang diakibatkan oleh plastik cair.

### 3. Metodologi

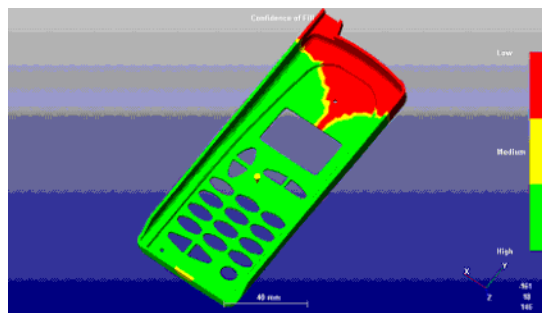
Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi dengan menggunakan software Moldflow untuk dapat meminimalkan cacat pada proses injection molding. Simulasi dilakukan dengan mengatur tekanan pada berbagai kondisi terhadap temperatur mold dan temperatur leleh plastik. Metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Menggunakan model casing handphone sebagai model simulasi.
- b. Memilih bahan plastik yang akan digunakan yaitu Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS).
- c. Menentukan parameter proses yaitu temperatur mold yang konstan, temperatur leleh plastik, dan tekanan injeksi.
- d. Melakukan setting temperatur mold pada 75°C, temperatur leleh plastik pada 265°C dan 300°C.
- e. Melakukan variasi setting tekanan injeksi pada 50 MPa, 60 MPa, 70 MPa, 80 MPa, dan 90 MPa.
- f. Menentukan best location gate untuk saluran pengisian.
- g. Melakukan simulasi untuk melihat confidence of filling dan kualitas produk.
- h. Melakukan analisa hasil dan menarik kesimpulan.

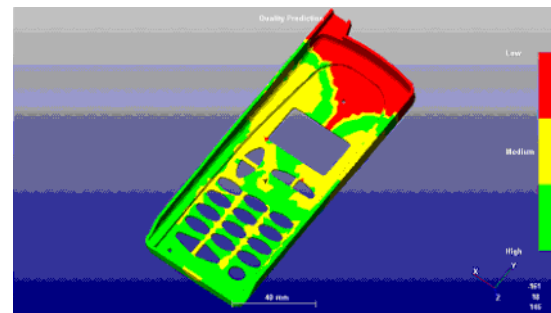
### 4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil simulasi dengan software Moldflow, didapatkan bahwa pada temperatur leleh plastik 265°C dengan temperatur mold 75°C, tekanan injeksi berpengaruh pada berbagai level tekanan (gambar 1 hingga 5). Dari gambar 1 hingga 4 hasil simulasi untuk confidence of filling, terdapat warna merah pada produk yang menunjukkan kalau terjadi pressure drop (gambar 1 – 5 bagian c) sedangkan warna kuning berarti selama proses masih memerlukan tekanan yang tinggi untuk proses pengisian. Kedua kondisi tersebut dapat disebabkan oleh tekanan injeksi yang disetting terlalu rendah. Besarnya penurunan tekanan hingga mencapai 100% untuk kondisi tekanan 50 MPa dan 60 MPa. Kondisi ini jelas menyebabkan terjadinya cacat pada produk. Pada tekanan injeksi 70 dan 80 MPa, penurunan tekanan berturut-turut 92% dan 80,75%.

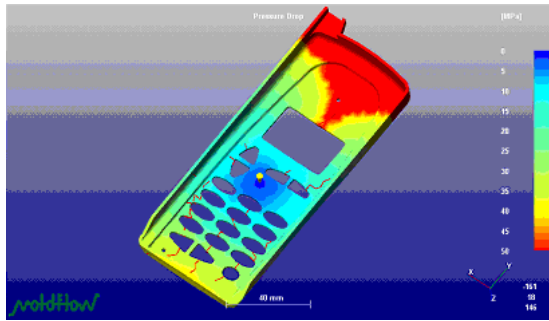
Pada gambar 5 yang merupakan hasil simulasi pada tekanan 90 MPa, pressure drop sudah tidak lagi terjadi, namun masih terdapat cacat akibat shear stress. Confidence of filling dari produk sudah dikatakan bagus, hal ini dibuktikan dari hasil simulasi yang menunjukkan warna hijau pada produk. Hal ini berarti tingkat keyakinan pengisian material ke dalam mold yang tinggi. Sedangkan dari hasil prediksi kualitas, walaupun telah menaikkan tekanan injeksi maksimum hingga 90 MPa, masih terlihat adanya cacat. Kenaikan tekanan injeksi yang dilakukan pada temperatur leleh yang rendah tidak berdampak besar dalam menghilangkan cacat.



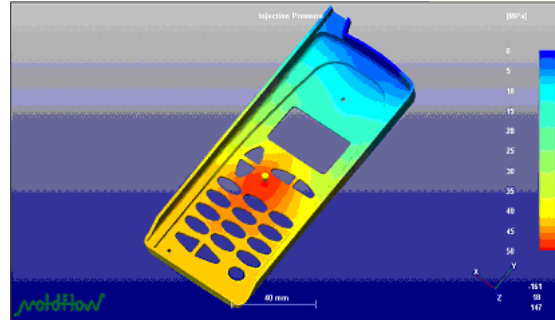
a. Confidence of filling



b. Quality Prediction

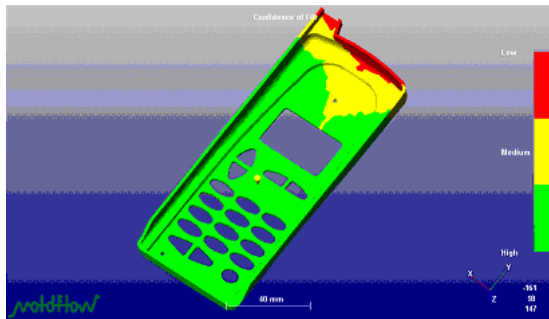


c. Pressure Drop Location

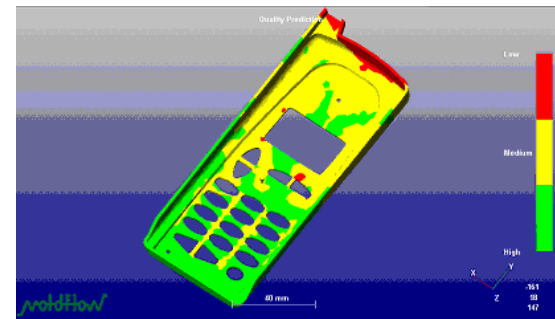


d. Injection Pressure Location

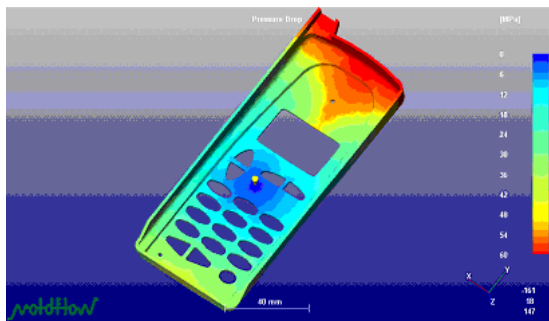
Gambar 1. Hasil simulasi pada tekanan injeksi 50 MPa dan temperatur leleh plastik 265°C



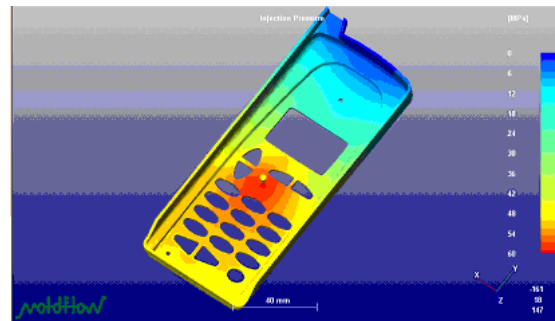
a. Confidence of filling



b. Quality Prediction

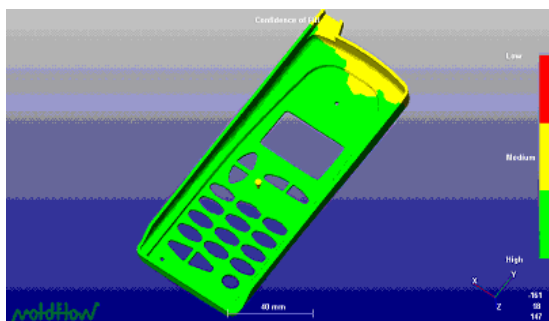


c. Pressure Drop Location

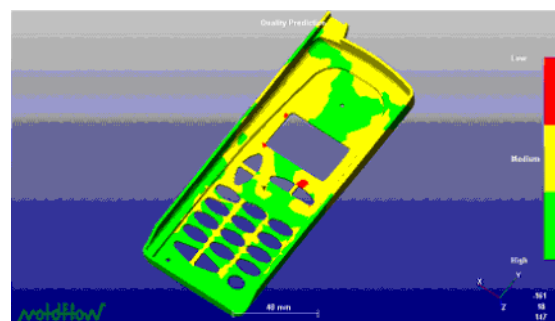


d. Injection Pressure Location

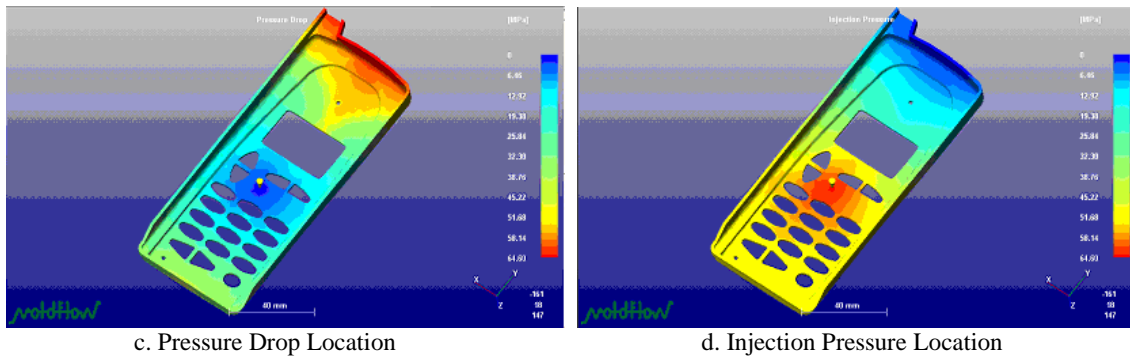
Gambar 2. Hasil simulasi pada tekanan injeksi 60 MPa dan temperatur leleh plastik 265°C



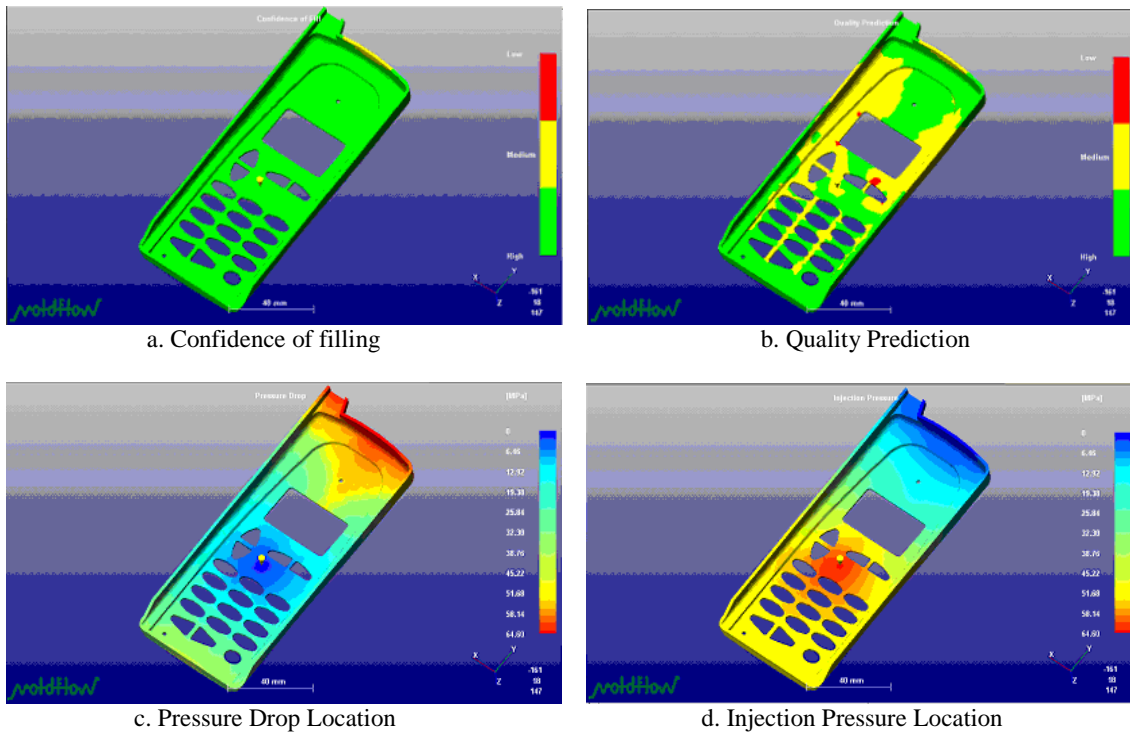
a. Confidence of filling



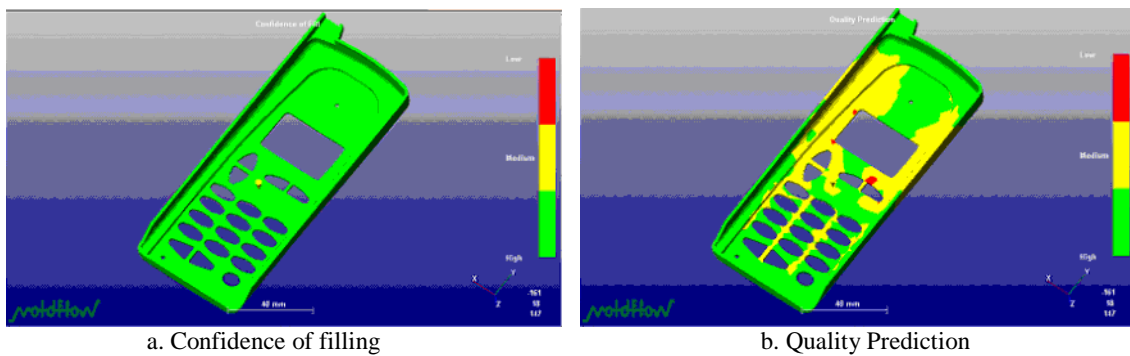
b. Quality Prediction



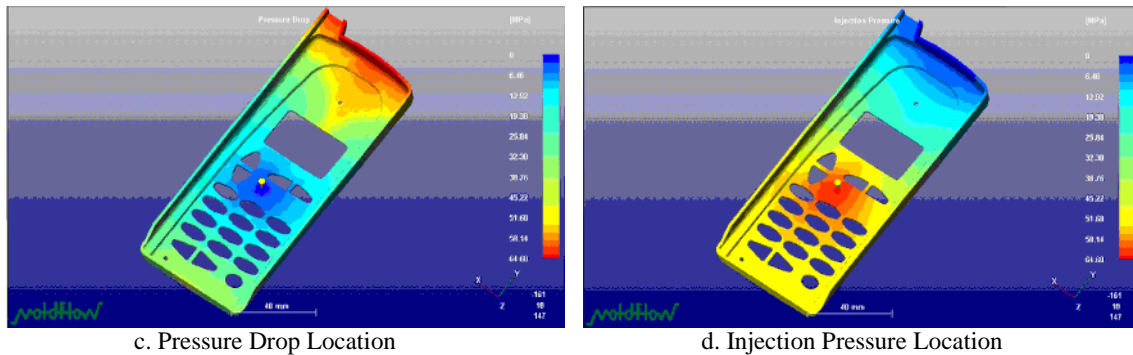
Gambar 3. Hasil simulasi pada tekanan injeksi 70 MPa dan temperatur leleh plastik 265°C



Gambar 4. Hasil simulasi pada tekanan injeksi 80 MPa dan temperatur leleh plastik 265°C

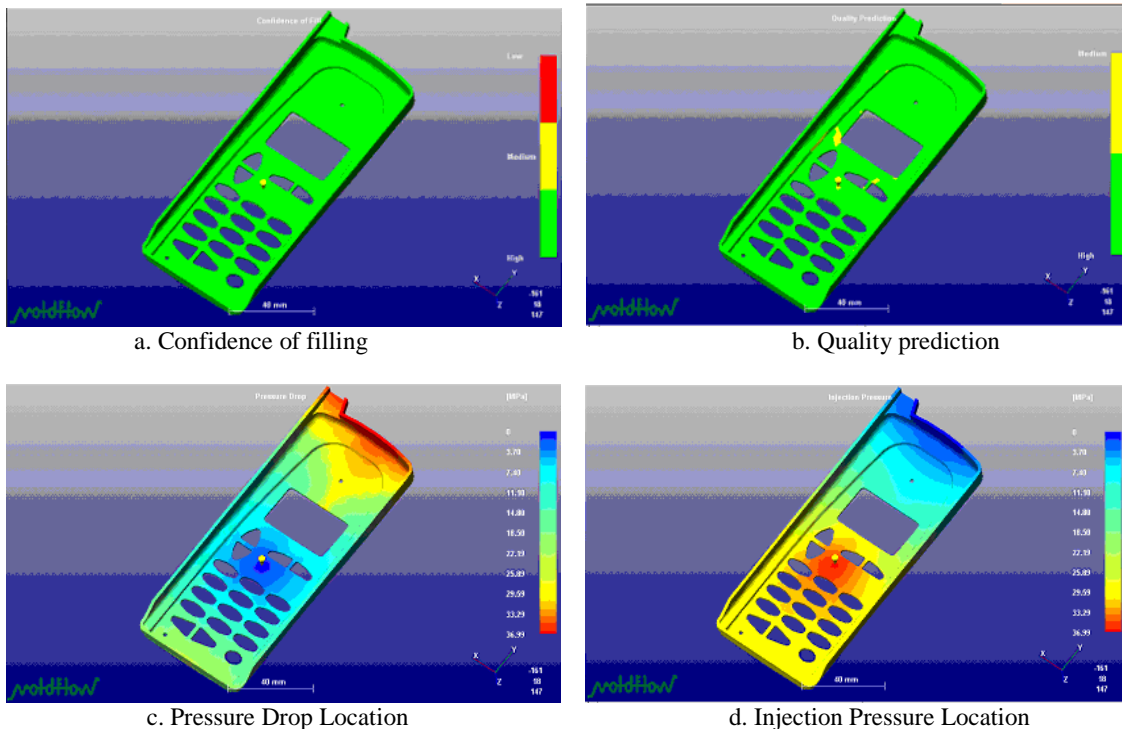






Gambar 5. Hasil simulasi pada tekanan injeksi 90 MPa dan temperatur leleh plastik 265°C

Pada tekanan injeksi yang kurang dapat menyebabkan terjadinya short shot karena adanya kesulitan mengalir pada waktu pengisian plastik cair ke dalam rongga cetakan yang sudah tidak ada penekanan lagi. Dengan menaikkan tekanan injeksi maksimum, dapat mengurangi luas daerah cacat. Namun upaya ini masih belum signifikan untuk meminimalkan cacat yang terjadi. Cacat akibat pressure drop memang semakin berkurang, namun akibat dari shear stress masih terjadi. Cacat tersebut berupa crack pada benda kerja. Shear stress dapat diakibatkan oleh kurangnya temperatur leleh plastik sehingga memperbesar tegangan material. Tegangan ini diakibatkan oleh gesekan antara plastik cair yang mengalir dengan dinding rongga cetakan. Salah satu cara untuk mengatasinya yaitu dengan menaikkan temperatur leleh plastik agar memudahkan aliran.



Gambar 6. Hasil simulasi pada tekanan injeksi 50 MPa, 60 MPa, 70 MPa, 80 MPa, 90 MPa dengan temperatur leleh plastik 300°C

Dari hasil simulasi dengan software Moldflow, didapatkan bahwa pada temperatur leleh plastik 300°C dengan temperatur mold 75°C, penambahan tekanan injeksi dapat dikatakan tidak berpengaruh (gambar 6). Walaupun pada tekanan rendah, tingkat keyakinan pengisian mold dikatakan baik, demikian pula hingga tekanan 90 MPa. Penurunan tekanan yang terjadi pada semua kondisi tekanan, maksimum sebesar 36,99 MPa, tekanan ini tidak lebih dari 80% tekanan injeksi maksimum. Tekanan injeksi minimum yang digunakan sebesar 50 MPa, sehingga penurunan tekanan dibatasi hingga 40 MPa. Untuk kondisi prediksi kualitas, variasi tekanan tidak



memberikan pengaruh. Penambahan tekanan juga tidak membuat luas daerah cacat berkurang. Selain itu, pada kondisi temperatur leleh plastik sebesar 300°C, terjadi peningkatan temperatur pada daerah penempatan injeksi. Peningkatan temperatur ini diakibatkan oleh temperatur leleh plastik yang tinggi. Namun walaupun dari hasil confidence of filling mencapai 100%, cacat akibat dari shear stress masih terjadi. Hal ini diduga diakibatkan oleh ketebalan benda kerja atau adanya kesulitan material mengalir melalui bentuk-bentuk yang rumit. Untuk mengatasinya dapat dengan mencari material yang lebih mudah mengalir (viscous).

Pada kondisi temperatur leleh plastik sebesar 300°C, walaupun tekanan injeksi yang digunakan merupakan kondisi minimal, masih dapat memberikan produk dengan confidence of filling dan quality prediction yang lebih baik daripada temperatur leleh plastik sebesar 265°C. Hal ini terjadi karena walaupun tekanan kurang namun diimbangi dengan kenaikan temperatur leleh plastik yang mempunyai peran lebih penting dari peran tekanan injeksi. Temperatur yang tinggi dapat membantu menurunkan viskositas plastik cair yang dapat mempermudah aliran sehingga proses pengisiannya akan lebih mudah dan shear rate akan lebih kecil.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa tekanan injeksi maksimum hanya berpengaruh pada temperatur leleh plastik yang rendah. Kurangnya tekanan injeksi, dapat mengakibatkan terjadinya short shot dan crack. Selain dengan menambahkan tekanan injeksi, cacat dapat dikurangi dengan menaikkan temperatur leleh plastik. Pada temperatur leleh yang tinggi, kenaikan tekanan injeksi menjadi tidak berarti. Jenis dan luas daerah cacatnya tidak berkurang ketika tekanan injeksi dinaikkan. Jenis cacat yang timbul adalah crack akibat shear stress yang berlebihan.

## Daftar Pustaka

- A. Brent Young, 2006, "*Plastics: Material and Processing*", third ed, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Castro, C.E., Cabera-Rios, M., Lilly, B., and Castro, J.M., 2004, "Simulation Optimization of Mold Design and Processing Conditions in Injection Molding", *Division de Posgrado en Ingenieria de Sistemas Series de Reportes Tecnicos*, Reporte Tecnico PISIS-2004-04.
- Gastrow, "*Injection Mold: 130 Proven Designs – 3<sup>rd</sup> ed*", Hansler Publisher, Munich, 2002.
- Rosato, D.V., Donald V, Marlene G, 2000, "*Injection Molding Handbook*", 3rd Ed., Kluwer Academic Publisher, Massachusetts.
- Sugondo, A., Anggono, W., Gunawan, H., 2007, "Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Kualitas Produk pada Proses Injection Molding dengan Menggunakan Simulasi", *Design and Application of Technology*, 6, 158 – 164.
- , [www.moldflow.com](http://www.moldflow.com)

