

PENERAPAN TEKNOLOGI 3D SCANNING PADA CETAKAN INJEKSI PLASTIK UNTUK PRODUK SENDOK BEBEK

Agustina Carissa Santoso, Budiman Chandra, ST.,MT.

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
Jl. Kanayakan No. 21 Bandung 40135
Telp.: +62 22 2500241, Fax.: +62 22 2502649

ABSTRAK

Pembuatan produk plastik menggunakan cetakan injeksi plastik, dalam prosesnya terdapat banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilannya. Salah satu kasus kegagalan produk hasil *injection mold* adalah adanya perbedaan bentuk geometri dari produk sampel awal dengan produk hasil injeksi plastik terbaru disebabkan karena kurangnya data dalam pembuatan gambar produk. Penelitian ini dilakukan pada studi kasus cetakan injeksi plastik untuk produk sendok bebek.

Untuk mencegah kegagalan produksi karena perbedaan bentuk geometri dari produk, menghasilkan gambar 3D maupun 2D produk yang sesuai dengan contoh produk, serta mendapatkan kualitas produk hasil injeksi plastik yang seragam (geometri, berat, dan volume tertampung dari produk), diperlukan metoda yang sesuai dengan permasalahan yang timbul. metoda penelitian yang dilakukan antara lain ; mempelajari permasalahan utama pada produk sampel yang dapat menimbulkan perbedaan bentuk geometri pada hasil akhir injeksi, menggunakan metoda 3D Scan untuk mendapatkan data geometri produk, melakukan proses editing pada data 3D Scan untuk mendapatkan bentuk 3D solid yang sesuai, melakukan *trial* pada cetakan dengan *cavity* dan *core* hasil perancangan berdasarkan data hasil 3D Scan, pengambilan data visual dan berat hasil *trial*, membandingkan produk sampel dengan produk hasil *trial*, dan menganalisis data yang didapat dengan cara membandingkan data yang didapat.

Dari hasil analisis data penelitian didapatkan suatu kesimpulan, produk sampel dengan hasil *trial* injeksi mengalami perbedaan bentuk geometri si sekitar ujung gagang sendok yang disebabkan oleh proses pengeditan. Pengeditan dilakukan pada data hasil 3D Scan pada setengah bagian dari produk sendok bebek dan terutama pada bagian gagang sendok disebabkan karena data awal dinilai kurang baik. Namun secara keseluruhan bentuk geometri dari produk hasil *trial* persis dengan produk sampel. Sehingga, penggunaan teknologi 3D Scan merupakan salah satu jawaban dari permasalahan perbedaan bentuk geometri produk injeksi plastik.

Kata kunci : *Injection Molding, Reverse Engineering, 3D Scanning*

1. PENDAHULUAN

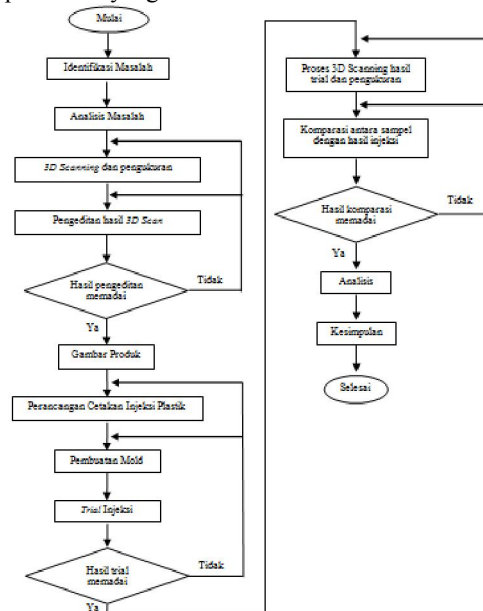
Sendok bebek merupakan produk yang sederhana namun dengan bentuk geometri yang cukup sulit diukur, terutama kurva pada bagian mulut sendok. Pengambilan data dengan metoda konvensional maupun proses 2D scan tidak cukup akurat dalam pengambilan data produk. Pada kasus pembuatan cetakan sendok bebek dari sampel yang telah ada, hasil akhir yang diminta dari pemesan yaitu kesamaan bentuk geometri sampel sendok bebek awal dengan produk hasil injeksi terbaru, kesamaan dimensi terluar, tebal, berat, serta volume tertampung yang rata-rata sama dengan sampel awal. Proses 3D scan [1][2][3][4][5] dinilai sebagai metoda yang lebih akurat dalam pengambilan data dimensi dan bentuk geometri produk sehingga dapat menghasilkan produk yang serupa dengan contoh. Pengambilan data dilakukan dengan mesin 3D Scan ATOS I / I SO [6] yang ada di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.



Gambar 1 : Sendok Bebek

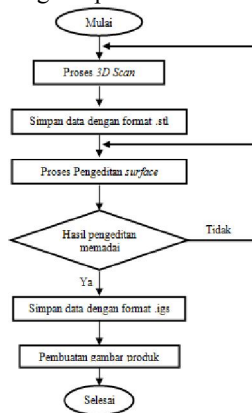
2. METODA PENELITIAN

Secara garis besar berikut merupakan diagram alir proses penyelesaian masalah pada penelitian yang dilakukan.



Gambar 2 : Metode Penelitian

Proses *3D Scan* yang dilakukan meliputi *3D Scan* untuk produk sampel dan produk hasil *trial* injeksi. Setelah kedua produk dilakukan *3D Scan* hingga tercipta bentuk *solid*, dilakukan komparasi antara produk sampel dengan produk hasil *trial* injeksi. Berikut merupakan diagram proses *scan*.



Gambar 3 : Flow Chart 3D Scan

3. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

3.1 Data Produk

Data produk berdasarkan permintaan pelanggan berkaitan dengan produk sendok bebek adalah sebagai berikut:

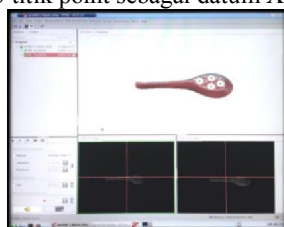
Tabel 1 : Data Produk

No.	NAMA	KETERANGAN
1	Nama Produk	Sampel sendok bebek
2	Panjang	122,50 mm
3	Lebar	34,00 mm
4	Tinggi	18,00 mm
5	Tebal rata-rata	0,55 mm
6	Berat	7,82 gram
7	Volume Tertampung	9,80 ml (air)
8	Material Plastik	PolyPropylene
9	Perisutan	1,7%
10	Jumlah Cavity	20 cavity

Spesifikasi yang diminta adalah adanya kesamaan bentuk geometri pada sampel hasil *trial* terhadap sampel awal sendok bebek dengan tingkat akurasi berkisar di angka 90%, ukuran rata-rata dimensi terluar dan tebal rata-rata dalam batas toleransi ± 0.3 mm. Berat rata-rata produk hasil *trial* dalam batas toleransi ± 0.2 gram, dan volume tertampung dari produk hasil *trial* mirip dengan sampel awal.

3.2 Proses 3D Scan

Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah melakukan kalibrasi (*quick calibration*). Kalibrasi dilakukan guna mempresisikan kamera kiri dan kamera kanan serta memfokuskan sumber cahaya ke produk yang akan di *scan*. Langkah selanjutnya yaitu, proses *scan*. Syarat utama proses *scan* yaitu, terdapat minimal 3 titik point sebagai datum X, Y, Z.

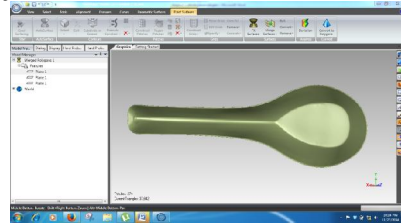


Gambar 4 : Proses Scanning

Proses *scan* sekurang-kurangnya harus dilakukan dari 2 sisi untuk mendapatkan data produk yang menyeluruh. Proses *scan* awal menjadi acuan bagi proses *scan* berikutnya.

3.3 Proses Pengeditan

Pada tahapan ini, dilakukan proses pengeditan pada produk sendok bebek hasil *3D Scan*. Pengeditan dilakukan pada hasil *3D Scan* untuk mendapatkan bentuk permukaan hingga dalam kondisi optimal. Setelah itu dilanjutkan dengan penambahan tebal lalu terakhir dibuat menjadi bentuk *solid*.



Gambar 5 : Produk Setelah Penyatuan Polygon

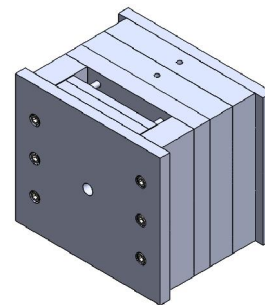
Proses pengeditan perlu dilakukan berulang-ulang hingga mendapatkan permukaan benda yang sesuai dengan kontur sampel produk. Oleh karena itu sebelum pembuatan produk, harus dipastikan bahwa hasil pengeditan sudah seoptimal mungkin.

3.4 Pembuatan Gambar Kerja

Setelah proses pengeditan selesai, berikutnya adalah pembuatan gambar kerja dengan menggunakan *software CAD*.

3.5 Perancangan Cetakan Injeksi Plastik

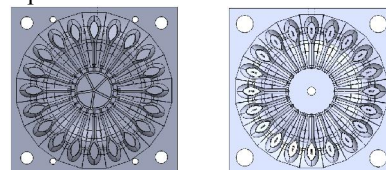
Pada tahapan ini, dilakukan perancangan cetakan injeksi plastik untuk produk sendok bebek. Gambar 6 merupakan hasil rancangan 3D model untuk cetakan injeksi plastik sendok bebek.



Gambar 6 : Model 3D Cetakan Injeksi Plastik Sendok Bebek

3.6 Pembuatan Cetakan Injeksi Plastik

Pada tahapan ini, rancangan yang ada dibuat dibagian pemesinan. Model 3D dari rancangan cetakan injeksi plastik sendok bebek bagian *cavity plate* dan *core plate* menjadi acuan proses pemesinan.



Gambar 7 : 3D Model Core Plate dan Cavity Plate

Proses pemesinan pelat *cavity plate* dan *core plate* dilakukan menggunakan proses pemesinan CNC.



Gambar 8 : Hasil Core Plate dan Cavity Plate

Selain *core plate* dan *cavity plate*, terdapat juga *ejector plate*, *top clamping plate*, *bottom clamping plate*, dan lainnya yang harus diproses pemesinan. Untuk bagian lain diluar *cavity plate* dan *core plate*, proses pemesinan dilakukan dengan mesin konvensional

3.7 Trial (Percobaan Injeksi)

Pada Tahapan ini dilakukan tahapan percobaan penginjeksian plastik ke cetakan yang telah dibuat. Kegiatan memiliki beberapa tahapan, mulai dari tahapan persiapan, tahapan *trial*, dan pengambilan data sampel.

3.7.1. Pemasangan cetakan injeksi plastik ke mesin injeksi

Pemasangan cetakan injeksi dilakukan dengan cara memasukkan cetakan injeksi plastik dari atas mesin dengan menggunakan *crane*.



Gambar 9 : Pemasangan Cetakan Injeksi Plastik

3.7.2. Persiapan mesin injeksi

Pemilihan material yang sesuai dengan kebutuhan dan memastikan kualitas material yang baik adalah salah satu tahapan yang wajib dilakukan, agar tidak terjadi *error* dikarenakan material yang akan diinjeksikan tercampur oleh material lain.

3.7.3. Input data parameter injeksi

Setting parameter injeksi yang dimaksud seperti *injection pressure*, *injection speed*, *injection time*. *Setting* parameter injeksi yang digunakan pada awalnya mengacu pada hasil perhitungan, namun dikarenakan hasil yang didapat kurang optimal, dilakukan perubahan pada *setting* parameter injeksi. Perubahan yang terjadi tidak terlalu jauh dari hasil perhitungan namun

perubahan dilakukan tidak menentu dan dapat dilakukan kapanpun.



Gambar 10 : Setting parameter injeksi

3.7.4. Percobaan Injeksi

Untuk mendapatkan kondisi injeksi yang stabil biasanya dilakukan percobaan injeksi hingga *shot* ke-10 atau *shot* ke-15. Hasil injeksi dari *shot* ke-1 hingga ke-10 atau ke-15 dibuang karena produk yang dihasilkan dinilai kurang optimal akibat suhu cetakan injeksi dan suhu material yang masih kurang stabil.

3.8. Pengambilan sampel dan data

Penulis melakukan pengambilan sampel secara acak dikarenakan penulis berniat untuk melakukan pengecekan pada keseluruhan hasil produksi dari awal hingga diambilnya sampel, apakah sampel hasil *trial* injeksi dalam kondisi baik setelah menjalani serangkaian proses produksi.



Gambar 11 : Sampel injeksi

Setelah pengambilan sampel, selanjutnya diukur secara manual dengan jangka sorong, pengukuran berat, dan dilakukan *3D scan* kembali. Pengukuran dilakukan dengan kurun waktu 1x24jam setelah proses produksi untuk memastikan produk sudah tidak mengalami penyusutan dan berada dalam suhu ruangan.

3.9. Proses 3D Scan sampel percobaan injeksi

3D scan dilakukan kembali pada produk hasil *trial* injeksi. Proses *3D scan* yang dilakukan sama seperti proses *3D scan* yang dilakukan pada produk asli.

4. PENGOLAHAN DATA DAN HASIL ANALISIS PENELITIAN

4.1 Pemeriksaan Visual, Dimensi, Berat, dan Volume

Untuk mengetahui variasi bentuk produk dari masing-masing *cavity*, dilakukan pengamatan bentuk produk *cavity* 1 hingga *cavity* 20. Kemudian diukur dimensi terluar, berat, serta volume tertampung, yaitu menggunakan air. Pengukuran dimensi dilakukan dengan menggunakan jangka sorong *digital* dengan toleransi dimensi yang diizinkan yaitu $\pm 0.3\text{mm}$. Serta pengukuran berat serta volume tertampung menggunakan timbangan *digital* dengan ketelitian 0.01 gram dengan toleransi berat dan volume tertampung yang diizinkan sebesar ± 0.2 gram. Pemeriksaan dilakukan untuk kemudian dibandingkan dengan sampel asli.

4.2. Analisis Pemeriksaan Dimensi, Berat, dan Volume

Dari pemeriksaan visual dan data pengukuran produk, data akhir diolah menjadi tabel perbandingan sehingga mempermudah untuk membandingkan data antara data sampel asli dan sampel hasil percobaan injeksi. Secara garis besar, sampel asli dan sampel percobaan injeksi mirip. Seluruh data pengukuran masih masuk dalam toleransi.

Tabel 2 : Perbandingan Data Produk

No	NAMA	KETERANGAN	
		Sendok Bebek	Sampel sendok bebek percobaan injeksi
1	Nama Produk	Sendok Bebek	Sampel sendok bebek percobaan injeksi
2	Panjang	122.50 mm	122.51 mm
3	Lebar	34.00 mm	34.02 mm
4	Tinggi	18.00 mm	18.02 mm
5	Tebal	0.85 mm	0.85 mm
6	Berat	2.82 gram	2.86 gram
7	Volume Tertampung	9.80 ml (air)	9.81 ml (air)

4.3. Komparasi 3D Scan [4][5]

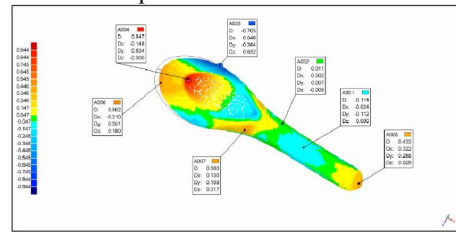
Komparasi dilakukan sebanyak 3 kali, masing-masing 1 kali yaitu pada sampel produk sebelum edit dengan sampel produk setelah edit, lalu sampel produk sebelum edit dengan produk hasil trial, dan sampel produk setelah edit dengan produk hasil trial, untuk membuktikan berapa besar penyimpangan yang terjadi antar produk.

4.3.1. Komparasi Sampel Produk Sebelum Edit dengan Sampel Produk Setelah Edit

Komparasi dilakukan pada data sampel produk sebelum edit dengan data sampel produk setelah edit untuk membuktikan apakah proses pengeditan mengalami perubahan banyak.

Hasil komparasi memperlihatkan adanya perbedaan yang cukup beragam. Sampel produk sebelum edit dengan sampel produk setelah edit yang memiliki bentuk geometri sangat mirip ditandai dengan warna hijau dan produk

yang memiliki perbedaan ditandai dengan warna biru muda yang berangsur-angsur menjadi biru tua untuk deviasi minus. Serta warna kuning berangsur-angsur menjadi merah untuk deviasi positif.

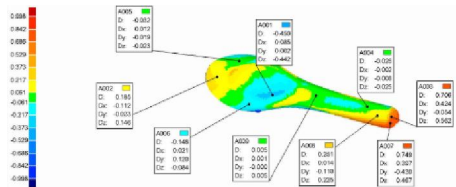


Gambar 24 : Data Pengukuran Komparasi 1

Tingkat akurasi yang masih memenuhi toleransi untuk komparasi sampel produk sebelum edit dengan sampel produk setelah edit adalah sebesar 83.41%.

4.3.2. Komparasi Sampel Produk Sebelum Edit dengan Hasil Trial Injeksi

Hasil komparasi memperlihatkan adanya perbedaan yang besar. Produk mengalami perubahan yang cukup signifikan pada bagian ujung gagang sendok.

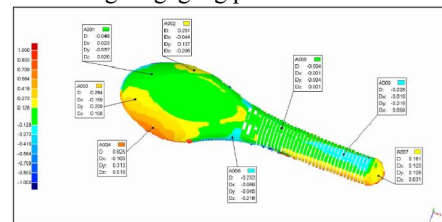


Gambar 25 : Data Pengukuran Komparasi 2

Tingkat akurasi yang masih memenuhi toleransi untuk komparasi sampel produk sebelum edit dengan sampel hasil trial injeksi adalah sebesar 79.944%.

4.3.3. Komparasi Sampel Produk Setelah Edit dengan Hasil Trial Injeksi

Komparasi yang terakhir dilakukan pada produk sampel setelah edit dengan hasil trial injeksi. Hasil komparasi memperlihatkan perubahan tidak banyak terjadi. Rata-rata bentuk geometri produk sampel setelah edit dengan produk hasil trial sudah sangat mirip. Namun terjadi perbedaan yang besar di bagian tepitepian atau di daerah *parting line*, serta di bagian gagang produk.



Gambar 26 : Data Pengukuran Komparasi 3

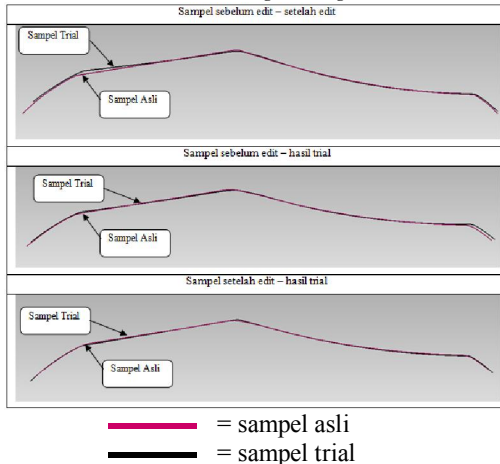
Tingkat akurasi pada hasil komparasi untuk produk sampel setelah

edit dengan produk hasil trial yaitu sebesar 88.816%

4.4. Analisis Komparasi 3D Scan

Selain membandingkan dengan menggunakan pemeriksaan visual dan pengukuran dimensi, perbandingan juga dilakukan dengan menggunakan komparasi 3D Scan. Agar lebih jelas, hasil komparasi dipotong dan dibandingkan.

Tabel 3 : Perbandingan Potongan



Dari potongan ketiga hasil komparasi, terlihat bahwa hasil sampel produk sebelum edit dengan sesudah edit mengalami perubahan yang cukup banyak disebabkan karena data hasil scan produk sampel asli yang didapat, pada bagian gagang tidak simetris dan pada bagian gate, bentukan tidak rata akibat pemotongan gate, karena itu proses pengeditan dilakukan cukup banyak untuk mendapatkan bentuk produk yang dinilai lebih baik, yaitu sampel produk setelah edit yang kemudian menjadi acuan dalam pembuatan *cavity* dan *core plate* cetakan injeksi plastik sendok bebek.

Sedangkan pada potongan sampel produk sebelum edit dengan hasil trial, perbedaan terjadi cukup besar akibat perbedaan referensi, seperti yang telah dijelaskan, bahwa sampel awal mengalami proses pengeditan yang cukup banyak, yang kemudian hasil edit itu menjadi referensi pembuatan *cavity* dan *core plate*. Sehingga komparasi ini dilakukan pada referensi yang berbeda.

Dan pada potongan sampel produk setelah edit dengan hasil trial, terlihat bahwa secara keseluruhan produk hasil trial sudah mirip dengan sampel awal, karena referensi yang sama. Sampel produk setelah edit merupakan referensi dari produk hasil trial.

4.5. Dugaan Penyebab Ketidaksesuaian bentuk geometri

Penyebab utama adanya perbedaan bentuk geometri terjadi dikarenakan proses pengeditan. Setelah pengambilan data dengan metoda 3D scan, dilakukan proses pengeditan untuk mendapatkan bentuk produk yang lebih rapih. Proses pengeditan dilakukan pada setengah

bagian dari sendok bebek, perbaikan terutama dilakukan pada bagian gagang sendok bebek. Setelah proses pengeditan pada setengah bentuk sendok bebek, dilakukan proses *mirror*. Proses pengeditan tersebut yang menyebabkan adanya perbedaan pada sampel asli dengan sampel hasil *trial*.

Selain dari segi perancangan, perbedaan juga dapat terjadi dari hasil pemesinan. Perbedaan mungkin terjadi pada saat dilakukan proses *finishing* hasil pemesinan CNC *core* dan *cavity*. Salah satu proses *finishing* yang dilakukan adalah *polishing core* dan *cavity*. Pada saat *polishing* itulah material baja tergerus sedikit demi sedikit yang juga disinyalir sebagai penyebab adanya perbedaan bentuk geometri.

Sedangkan dari segi produksi atau pada saat trial, *setting* parameter injeksi disinyalir menjadi penyebab adanya perbedaan bentuk geometri, terutama pada saat proses *cooling*. Pada saat proses eaksi, produk masih dalam keadaan suhu tinggi, sehingga proses penyusutan masih terjadi. Perbedaan terbesar terjadi pada gagang sendok karena, pada bagian gagang produk terdapat *gate*, dan pada *gate* tekanan dan panas lebih tinggi sehingga menyebabkan deformasi. Selain itu, keseluruhan *setting* parameter seperti *injection pressure*, *holding time* dan lain-lain juga menyebabkan perbedaan bentuk geometri.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan, yaitu :

1. Produk sampel asli dan hasil trial injeksi secara garis besar bentuk geometri sudah mirip, dan deviasi rata-rata yang terjadi berkisar di angka $\pm 0.2\text{mm}$. Dari pengukuran secara konvensional, produk sampel hasil trial dengan sampel awal masuk dalam batas toleransi yang iizinkan. Sedangkan tingkat akurasi dari produk hasil trial terhadap sampel asli berkisar di angka 89%.
2. Penyebab utama adanya ketidaksesuaian bentuk geometri dari produk hasil trial injeksi dengan sampel awal adalah akibat proses editing. Karena itu perlu penanganan lebih hati-hati terhadap benda dengan bahan plastik karena plastik mudah terdeformasi akibat gaya dari luar seperti peletakan benda kerja, benda kerja yang tertekan saat dipegang, dan lain-lain..
3. Metoda 3D scan membantu perancangan dan pembuatan cetakan injeksi plastik untuk kasus produk sendok bebek yang sudah ada. Dengan menggunakan metoda *reverse engineering 3D scan*, data geometri produk didapat dengan lebih cepat dan dengan akurasi yang cukup tinggi berupa *point cloud*, lalu hanya perlu dilakukan proses pengeditan dan tidak

perlu perancangan produk dari nol. Karena pengambilan data lebih cepat, proses perancangan dan pemesinan pun dapat dilakukan lebih cepat. Metoda 3D scan dapat menghemat lebih banyak waktu.

4.2. Saran

Dari hasil penelitian ini, disarankan adanya penelitian dan percobaan lebih lanjut guna mendapatkan hasil yang lebih baik, yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap proses komparasi. Komparasi perlu dilakukan pada sampel awal sebelum maupun setelah edit, dengan sampel trial injeksi yang telah di edit pada bagian parting line dikarenakan data hasil *scan* pada bagian *parting line* masih bergerigi yang menyebabkan adanya perbedaan bentuk geometri.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *setting* parameter injeksi guna mendapatkan hasil yang lebih baik, terutama pada bagian pendinginan. Karena pada saat proses ejeksi, produk masih dalam keadaan cukup panas sehingga penyusutan masih cukup besar terjadi. Jika proses *cooling* dilakukan lebih lama atau *cooling channel* didekatkan pada produk, diharapkan penyusutan lebih kecil sehingga kesamaan bentuk geometri lebih besar.

REFERENSI

- [1] Alai, Shashank.A *Review of 3D Design Parameterization Using Reverse Engineering Sandip Institute of Technology & Research Centre – BE Student, Department of Mechanical Engineering*. Nashik.
- [2] Brajlilh, Tomaz and Tadej Tasic. *Possibilities of Using Three-Dimensional Optical Scanning in Complex Geometrical Inspection*. University of Maribor - Faculty of Mechanical Engineering.Slovenia.
- [3] Sokovic, M. and J. Kopac. *RE (Reverse Engineering) as Necessary phase by Rapid Product Development*. University of Ljubljana – Faculty of Mechanical Engineering. Ljubljana, Slovenia.
- [4] Raja, Vinesh, Kiran J. Fernandes. 2008. *Reverse Engineering: an industrial perspective*. Verlag London : Springer.
- [5] Wang, Wego. 2011. *Reverse Engineering: technology of reinvention*. US : Taylor & Francis Group.
- [6] GOM mbH. 2005. *Atos User Information: ATOS I / ISO Hardware*. German : Braunschweig.