

Pelatihan *Autodesk Moldflow Plastic Insight* Bagi Dosen Dan Instruktur Politeknik ATMI Surakarta

Cahyo Budiyanoro, Aris Widyo Nugroh, Fitroh Anugrah Kusuma Yudha

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,

Jl Brawijaya, Kasihan, Bantul Yogyakarta, 55183, 0274 (387656)

Email: cahyo_budi@umy.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.18196/ppm.52.1025>

Abstrak

Pelatihan Autodesk Moldflow Plastic Insight dilaksanakan sebagai upaya peningkatan kompetensi dosen dan instruktur Politeknik ATMI Surakarta terkait dengan desain dan proses injection molding. Program pelatihan dirancang dalam durasi 40 jam tatap muka intensif dimana pembimbing dan peserta berinteraksi langsung dalam pemecahan contoh-contoh masalah. Materi pelatihan ini merupakan kompetensi yang diajarkan kepada mahasiswa Politeknik ATMI Surakarta. Materi pelatihan meliputi teori tentang proses injection molding, interface dan fungsi software, simulasi dasar dan simulasi advance, runner balance, serat design of experiment. Pada pelatihan ini, dosen dan instruktur memiliki pemahaman dan ketrampilan yang standard dalam memecahkan kasus desain dan optimasi proses injection molding. Kemampuan simulasi moldflow bermanfaat untuk penetapan dimensi rancangan dan parameter proses produksi yang optimal untuk plastic molding. Melalui kemampuan simulasi, optimasi proses dapat dicapai dan penurunan tingkat kesalahan pada tahap pengembangan produk dapat dilakukan, dengan imbas positif berupa reduksi biaya.

Kata Kunci: moldflow, injection molding, desain produk,

Abstract

The Autodesk Moldflow Plastic Insight training was carried out as an effort to increase the competence of lecturers and instructors at ATMI Surakarta Polytechnic related to the injection molding design and process. The training program is designed in a duration of 40 hours of intensive face-to-face meetings where supervisors and participants interact directly in solving problem examples. This training material is a competency that is taught to students of the Polytechnic ATMI Surakarta. The training materials include theory about the injection molding process, software interfaces and functions, basic and advanced simulations, runner balance, fiber design of experiment. In this training, lecturers and instructors have standard understanding and skills in solving design cases and optimizing injection molding processes. The moldflow simulation capability is useful for determining the optimal design dimensions and production process parameters for plastic molding. Through simulation capabilities, process optimization can be achieved and error rates can be reduced at the product development stage, with a positive impact in the form of cost reduction.

Keywords: moldflow, injection molding, product design,

Pendahuluan

Bahan thermoplastik memberikan banyak keuntungan pada manufaktur alat transportasi. Bahan ini berkontribusi menurunkan berat kendaraan dan mereduksi emisi. Ketahanan terhadap korosi, kemudahan dalam pembentukan dan biaya proses yang rendah, membuat pemakaian bahan thermoplastik semakin meningkat [1]. Proses injection molding adalah metode manufaktur komponen plastik yang mampu membentuk produk yang kompleks dan presisi dalam siklus proses yang singkat [2][3]. Siklus proses diawali dengan peleburan biji plastik di dalam barel pemanas dan selanjutnya diinjeksikan ke dalam cetakan. Keberhasilan manufaktur komponen dalam proses injeksi ditentukan oleh 4 faktor yang saling berkaitan yaitu: pemilihan material, desain produk, desain cetakan, dan pengaturan parameter proses yang tepat. Kesalahan dalam penentuan faktor tersebut dapat memberikan kerugian yang besar dalam proses produksi karena proses injection molding selalu dilakukan dalam volume produksi yang besar. Simulasi proses dengan perangkat lunak merupakan upaya untuk menekan kesalahan dan menemukan masalah serta solusinya sebelum produksi riil dilakukan. Simulasi Moldflow merupakan salah satu perangkat yang sangat berdaya guna dan banyak dimanfaatkan oleh industri untuk optimasi parameter proses, desain produk dan desain cetakan [4][5].

Politeknik ATMI Surakarta adalah lembaga pendidikan vokasi unggulan yang banyak mendukung industri dalam penyediaan sumber daya manusia yang trampil serta jasa desain maupun produksi, termasuk dalam bidang teknologi plastik. Dalam upaya meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan dosen dan instruktornya pada aplikasi simulasi *Moldflow*, Politeknik ATMI menyelenggarakan pelatihan kompetensi training of trainers (ToT) secara intensif khususnya bagi SDM dari Unit Pusat Unggulan Teknologi Plastik (PUTP) melibatkan narasumber Dosen Program Studi Teknik Mesin dan Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Di masa mendatang, program pelatihan ini dapat diperluas dengan menyertakan mitra dari industri.

PUTP (Pusat Unggulan Teknologi Plastik) adalah sebuah unit atau laboratorium yang dimiliki oleh Prodi Perancangan Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta. Pada unit PUTP terdapat Laboratorium Design Advance digunakan untuk pengajaran *Moldflow*, *Mold Design Advance*, dan CAE. Terkait produksi pada laboratorium tersebut antara lain menerima jasa analisis moldflow, seperti penentuan *gate*, analisis cacat desain, dsb. Dalam kurun waktu operasional yang telah berjalan kurang lebih 5 tahun, dan permintaan terkait analisa, desain, *reverse engineering*, maupun jasa pengujian semakin meningkat. Peningkatan permintaan ini memberikan dampak positif dan sekaligus dampak negatif, salah satunya adalah waktu tunggu layanan khususnya pada bagian desain dan simulasi. Sementara ini, instruktur yang mampu melakukan analisis dan mengerjakan hal-hal yang terkait produk plastik hanya satu instruktur, sedangkan waktu tunggu yang diharapkan oleh pelanggan sangat cepat dan mendesak, rentang waktunya berkisar 1-2 hari. Untuk mengatasi hal tersebut, instruktur lain dan mahasiswa memang seringkali dilibatkan, namun hanya sebatas operasional dan tidak dalam hal pengambilan keputusan analisis. Permasalahan terkait analisis yang lainnya adalah seringkali dari pihak industri mengharapkan analisis dan penjelasan yang lebih mendalam, namun masih terkendala dengan pemahaman dari analis yang belum mencakup ruang lingkup analisa tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, Politeknik ATMI Surakarta sebagai mitra mengharapkan adanya pelatihan untuk beberapa instruktur untuk peningkatan pengetahuan dan kemampuan terkait teknologi plastik khususnya aplikasi Simulasi *Moldflow*. Tujuannya meningkatkan jumlah dosen dan instruktur yang kompeten dalam bidang tersebut dan yang nantinya dapat mengerjakan pesanan terkait analisa desain produk plastik, dan ketika diaplikasikan, dapat menekan keterlambatan waktu analisis serta dapat menyampaikan hasil analisis secara detail, benar dan tepat. Selain itu instruktur yang dilatih akan mendapatkan pengalaman yang berharga dikarenakan dilatih langsung oleh para ahli dalam keilmuan teknologi plastik.

Metode Pelaksanaan

Pelatihan dilaksanakan dalam durasi 40 jam intensif yang terbagi dalam 6 hari. Materi, jadwal pelatihan serta aktivitas pelatihan dapat dilihat pada Tabel 1.

]

Tabel 1. Materi dan jadwal pelatihan

Hari ke	Jam	Materi	Aktivitas
1	09.00 – 10.30 10.30 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 14.00 14.00 – 15.00	Pembukaan dan pre test Material plastik Break Proses injection molding Desain mold	Peserta mengerjakan test Pemaparan materi
2	09.00 – 10.30 10.30 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 14.00 14.00 – 15.00	Bagian bagian interface dan fungsinya Break Import model, meshing Best gate location, molding window	Peserta praktik mengikuti contoh Pemateri menjelaskan tiap tahapan
3	09.00 – 10.30 10.30 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 14.00 14.00 – 15.00	Analisa filling Multi cavity Break Desain runner dan cooling Analisa fill, pack, warp, cool	Peserta praktik mengikuti contoh Pemateri menjelaskan tiap tahapan
4	09.00 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 15.00	Desain runner balance Break Analisa runner balance	Peserta praktik mengikuti contoh Pemateri menjelaskan tiap tahapan
5	09.00 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 15.00	Design of experiment Break Aplikasi DOE pada injection molding	Pemateri menjelaskan Peserta praktik mengikuti contoh
6	09.00 – 12.00 12.00 – 13.00 13.00 – 15.00	Aplikasi DOE pada injection molding Break Post test	Peserta praktik mengikuti contoh Peserta mengerjakan test

Pelatihan ini dilakukan dengan mitra Politeknik ATMI Surakarta dengan partisipan terdiri dari 12 dosen dan instruktur. Pelatihan dilakukan dalam tiga tahap yaitu pretest, teori pengenalan software, praktik aplikasi software dalam kasus produk dan posttest. Peserta secara interaktif mengikuti langkah-langkah dari narasumber dengan penjelasan pada tiap tahapannya. Hasil pre test dan posttest kemudian dibandingkan hasilnya, soal pre test dan posttest sama terdiri dari 20 butir soal yang dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori: material, desain cetakan dan proses injeksi; analisa hasil simulasi, dan optimasi proses injeksi.

Hasil dan Pembahasan

1. Material Plastik

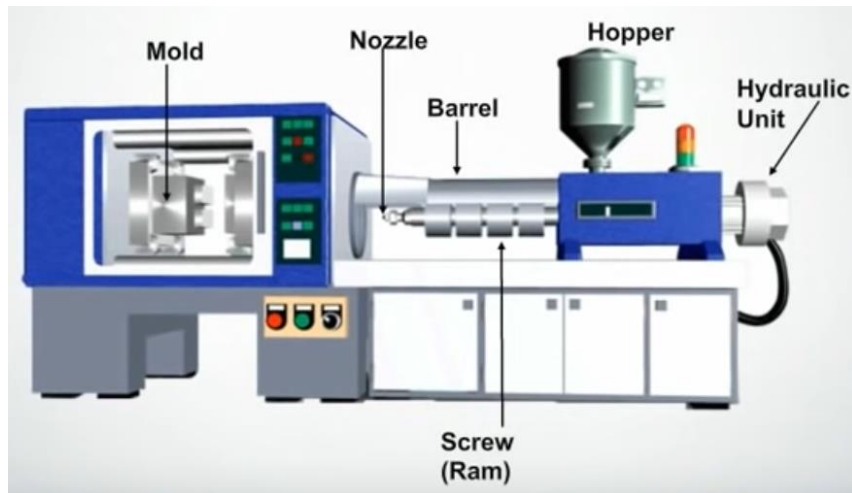
Pada bagian ini dijelaskan mengenai jenis bahan plastik dan sifat-sifat bahan plastik. Termoplastik adalah jenis bahan plastik yang dapat diproses dengan *injection molding*. Bahan ini memiliki struktur molekul linear dan linear bercabang yang merupakan rangkaian molekul, namun tidak terikat secara networking. Bahan ini dapat mengalami pencairan dan pembekuan berulang. Secara morfologis, termoplastik terbagi atas dua jenis yaitu amorph dan semikristal. Amorph memiliki rangkaian struktur morfologi yang tidak teratur, secara fisik transparan dan memiliki nilai penyusutan termal yang rendah. Semi kristal memiliki rangkaian kombinasi antara struktur acak dan struktur yang kompak. Jenis ini secara fisik lebih buram, dengan nilai penyusutan termal yang lebih tinggi. Sifat – sifat bahan plastik terutama karakter mekanis dan termalnya akan memberikan pengaruh terhadap kualitas produk injeksi. Tabel 2 menunjukkan sifat-sifat penting menurut beberapa kepentingan.

Tabel 2. Sifat penting bahan

Kepentingan	Parameter/sifat bahan
Kondisi proses	Suhu cetakan, suhu cairan plastik, suhu pengeluaran produk, shear stress, shear rate
Sifat rheologis	Viskositas, suhu transisi, melt flow rate
Sifat termal	Panas jenis, konduktivitas termal,
Sifat fisis	Melt density, solid density, volume jenis
Sifat mekanis	Modulus elastisitas, rasio poisson, koefisien ekspansi termal
Sifat penyusutan	Penyusutan nominal, penyusutan volumetrik

2. Proses injection molding

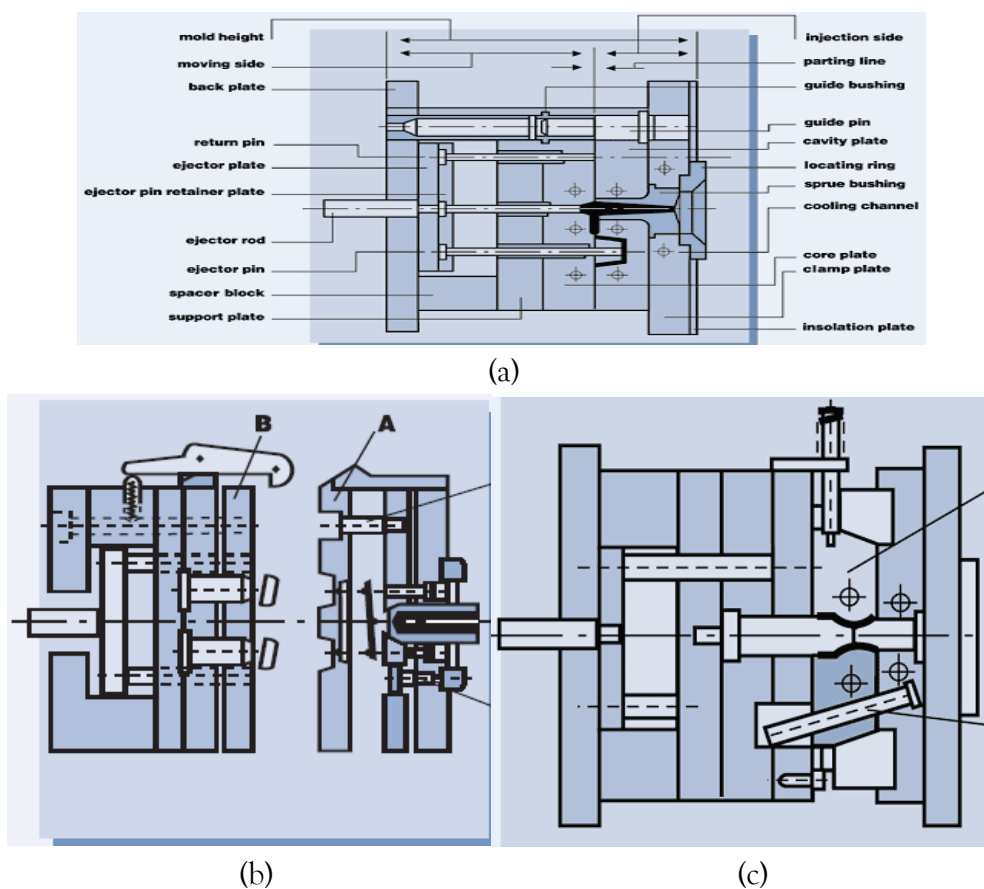
Pemahaman tentang proses ini diperlukan agar dapat menggunakan perangkat simulasi secara benar, karena pada prinsipnya Moldflow mensimulasikan proses *injection molding*. Proses ini merupakan salah satu proses yang digunakan dalam pembuatan produk plastik yang mampu menghasilkan produk dengan bentuk kompleks dan dimensi yang presisi dalam waktu siklus yang cepat. Gambar 1 menampilkan bagian-bagian utama dari mesin injeksi [6]. Bahan termoplastik dimasukkan ke dalam silinder injeksi melalui *hopper*, kemudian mengalami pemanasan dan pencairan. Selanjutnya plastik cair diinjeksikan ke dalam cetakan dan mengalami pendinginan serta membentuk produk. Produk dikeluarkan dari cetakan dengan mekanisme *ejecting*.



Gambar 1. Mesin Injeksi

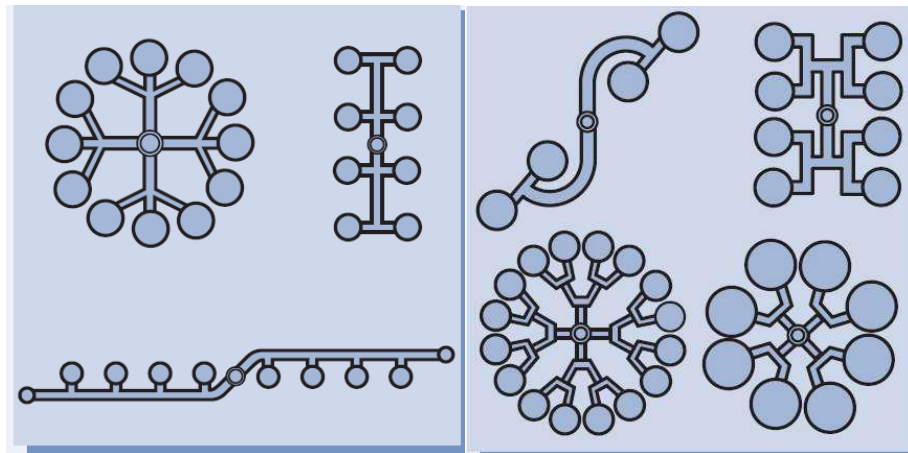
3.Desain Cetakan

Kualitas akhir produk juga sangat dipengaruhi oleh desain cetakan. Desain cetakan harus dikompromikan dengan tuntutan desain produk. Dari segi jenis runner system, terdapat dua jenis cetakan yaitu hot runner mold dan cold runner mold. Sedangkan dari jenis konstruksi mold terdapat tiga jenis cetakan: 2-mold plates, 3-mold plates dan slider mold. Jenis konstruksi mold ditunjukkan pada Gambar 2 [7].



Gambar 2. Jenis-jenis konstruksi cetakan injeksi: (a) 2-mold plates; (b) 3-mold plates; (c) slider mold

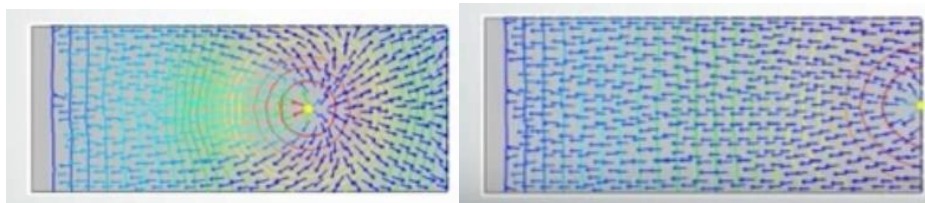
Untuk mendapatkan produk yang baik, desain cetakan harus memperhatikan: letak gate, parting line, ukuran dan layout produk, layout sistem runner, desain pendingin, ventilasi udara dan pemilihan material cetakan. Gambar 3 adalah jenis-jenis layout sistem runner [7].



(a)(b)

Gambar 3. Jenis layout sistem runner: (a) konvensional; (b) pengembangan

Desain gate pada cetakan harus dapat menghasilkan pola aliran unidirectional. Aliran yang tidak searah dapat menyebabkan warpage dan stres yang tinggi. Aliran searah dapat menghasilkan produk dengan nilai penyusutan ke semua arah yang seragam dan menurunkan tegangan sisa pada produk. Gambar 2 menunjukkan peletakan desain gate yang menimbulkan dua arah aliran yang berbeda [6].



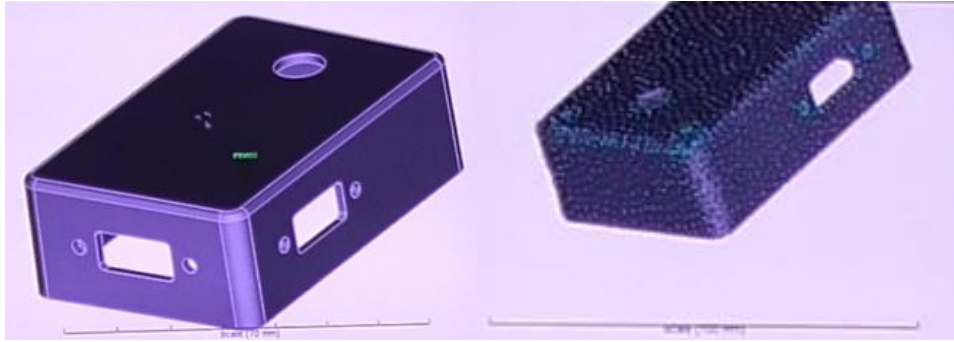
(a)(b)

Gambar 2. Desain gate berpengaruh pada orientasi aliran plastik

Faktor terpenting dalam menjaga transfer panas yang baik: kecepatan aliran pendingin dan desain sirkuit. Desain sistem pendingin harus dipastikan seimbang pada semua bagian cetakan agar kecepatan pendinginan produk berlangsung seimbang. Perbedaan kecepatan pendinginan dapat menyebabkan warpage atau lengkungan ke arah produk yang terlambat mengalami pembekuan.

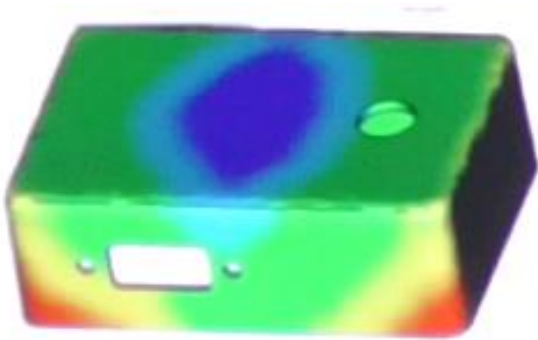
4. Studi Kasus “Switch Over Cover”

Sebagai materi studi kasus dalam pelatihan ini dipilih produk Switch Over Cover. Produk ini berfungsi sebagai pelindung saklar yang terbuat dari bahan polycarbonate (PC) yang memiliki keunggulan berupa ketahanan impak dan kekakuan yang tinggi. Desain produk 3D modelling dibuat dengan perangkat CATIA R19 dan kemudian diekspor ke perangkat Moldflow dalam format Stereolithography (STL), selanjutnya dilakukan meshing yaitu membagi area fusi komponen dalam mesh yang berbentuk segitiga. Hasil import STL dan meshing ditampilkan pada Gambar 3.

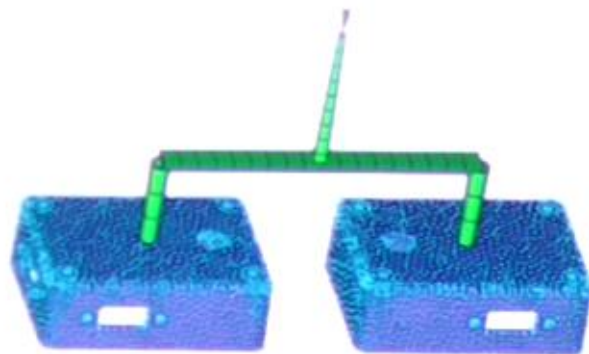


Gambar 3. Hasil import STL dan meshing

Langkah selanjutnya adalah menentukan lokasi gate. Pada simulasi Moldflow terdapat fitur untuk rekomendasi peletakan gate cetakan pada lokasi terbaik. Letak dan jenis gate harus dilakukan sedemikian rupa sehingga aliran seimbang, tidak menimbulkan weld line dan stress pada area kritis produk dan tidak mengganggu penampilan estetis produk. Rekomendasi gate dapat dilihat pada Gambar 4. Karena desain cetakan direncanakan untuk 2 cavity, maka setelah penetapan lokasi gate, maka produk digandakan menjadi dua dan ditata sesuai dengan layout cavity yang direncanakan, seperti terlihat pada Gambar 5.

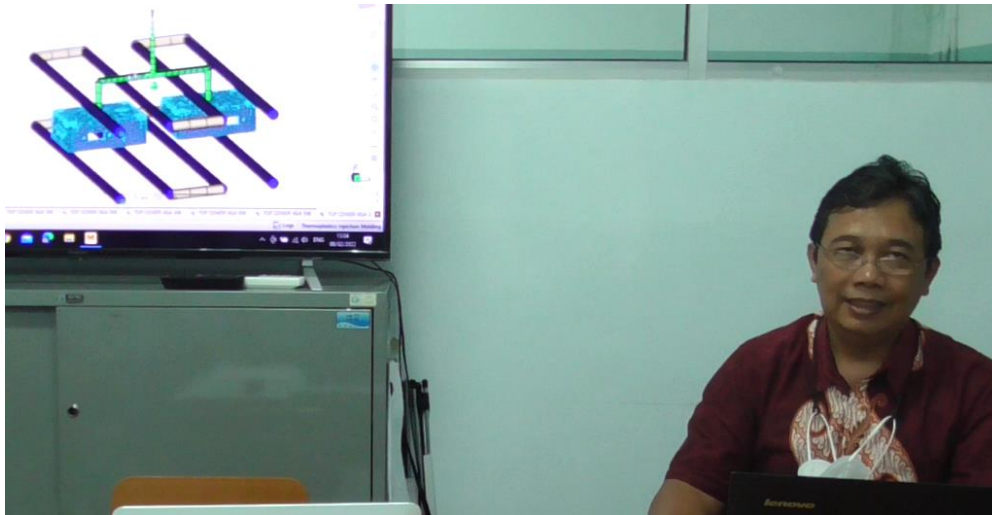


Gambar 4. Rekomendasi letak gate



Gambar 5. Layout 2 cavity

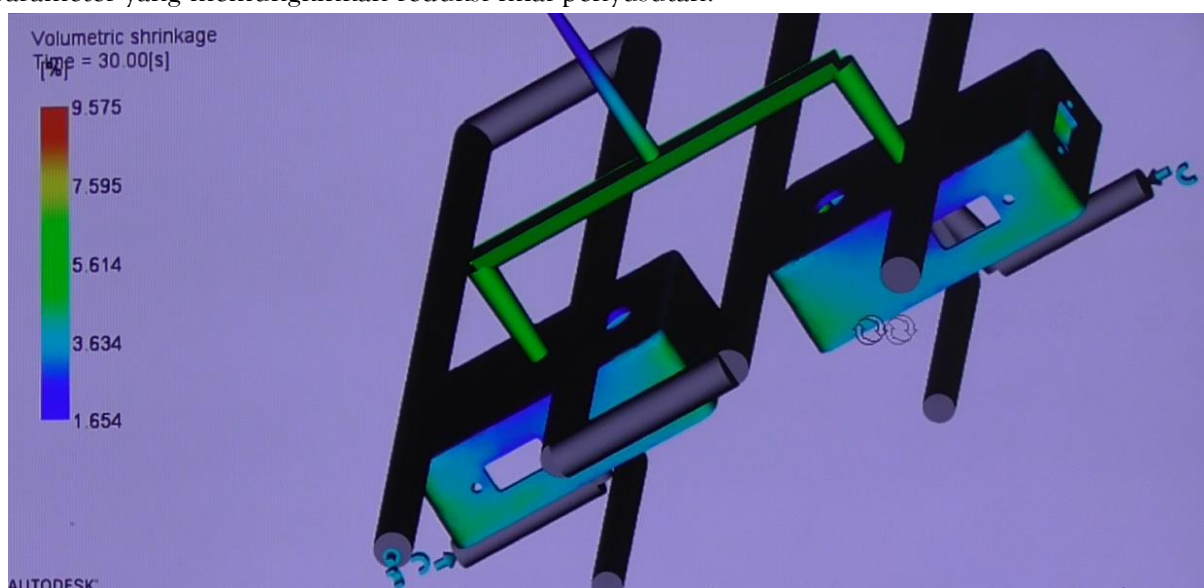
Sebelum simulasi, diperlukan desain pendingin. Pada siklus proses injeksi, pendinginan memiliki peran penting dalam memperpendek waktu siklus proses dan menentukan kualitas akhir produk. Layout pendingin harus seimbang pada kedua belahan cetakan agar kecepatan pendinginan di semua bagian produk merata dan tidak menyebabkan warpage maupun stres pada produk. Aktivitas penjelasan tata letak pendingin ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Penjelasan desain sistem pendingin

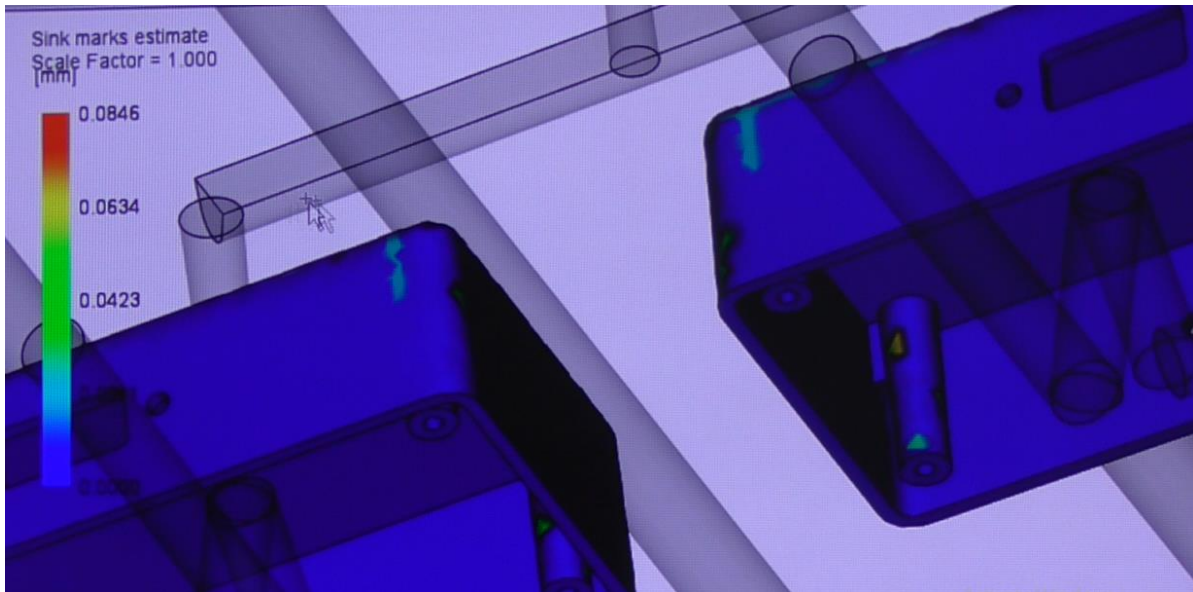
Parameter proses diatur sesuai rekomendasi dari tahapan molding window. Indikator kualitas simulasi produk dapat dilihat dengan fitur molding window. Dalam hal ini indikator akan menunjukkan kombinasi rekomendasi parameter proses untuk mencapai kualitas produk terbaik atau waktu proses yang terpendek.

Pengisian cairan plastik ke dalam cetakan dapat disimulasikan dari mulai filling, packing hingga cooling. Setelah dilakukan pengaturan parameter proses dan parameter desain, simulasi akan menghasilkan analisa waktu pengisian, besarnya tekanan injeksi, kemungkinan kondisi weldline dan udara terjebak, kemungkinan nilai penyusutan dan cacat sinkmark pada produk. Dari hasil analisa, operator dapat mengambil tindakan koreksi dan optimasi atas kondisi yang ada. Simulasi yang dilakukan menghasilkan beberapa hasil analisis, diantaranya adalah analisa volumetric shrinkage yaitu penyusutan produk dalam 3 arah koordinat (X, Y dan Z), seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Jika hasil ini melampaui tuntutan desain, maka dilakukan perubahan parameter yang memungkinkan reduksi nilai penyusutan.



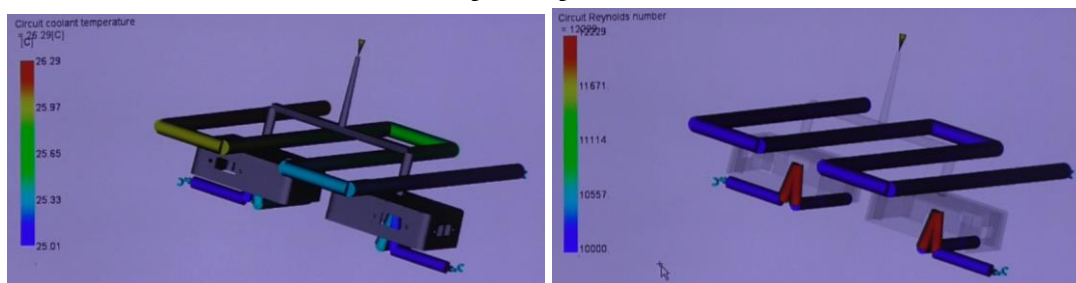
Gambar 7. Hasil analisa volumetric shrinkage

Pada produk dengan perbedaan variasi ketebalan, bagian dengan akumulasi material yang tinggi berpotensi terjadi cekungan permukaan atau sink mark. Moldflow dapat menunjukkan nilai estimasi sinkmark sehingga desainer dapat mengambil langkah perbaikan jika nilainya tidak memenuhi tuntutan desain. Hasil estimasi sinkmark ditampilkan pada Gambar 8.



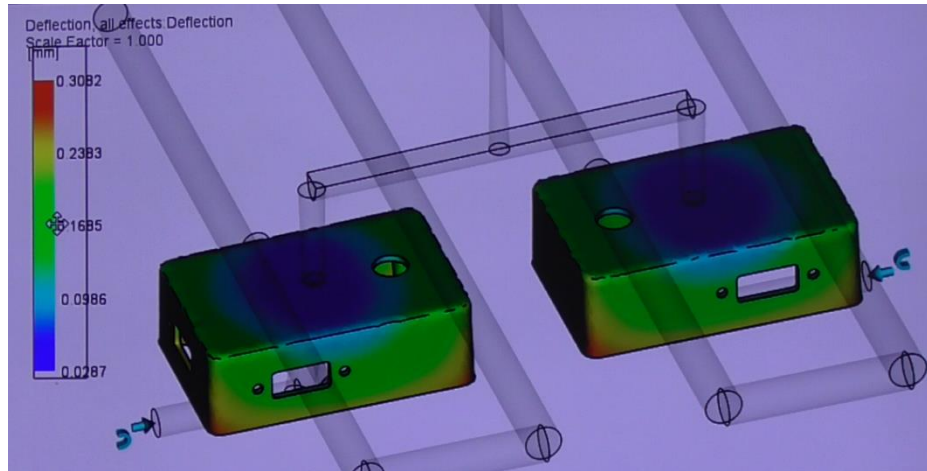
Gambar 8. Estimasi sinkmark

Efektivitas sistem pendinginan dapat dinilai dengan analisa Circuit Coolant Temperature dan bilangan Reynolds. Beda suhu inlet dan outlet saluran pendingin tidak melebihi 5 °C, dan bilangan Reynolds harus lebih 4000 agar terbentuk aliran turbulence sehingga pengambilan panas dari produk lebih efisien. Contoh analisa ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Analisa sirkuit pendingin dan bilangan Reynolds

Pada akhirnya, cacat produk berupa defleksi juga dapat terdeteksi dengan simulasi Moldflow. Analisa defleksi dapat diatur dalam mode satu arah koordinat atau dalam semua arah. Hasil analisa juga dapat digunakan untuk memprediksi apakah cacat defleksi melebihi batas yang ditentukan atau dapat diterima. Contoh analisa defleksi ditunjukkan pada Gambar 10.



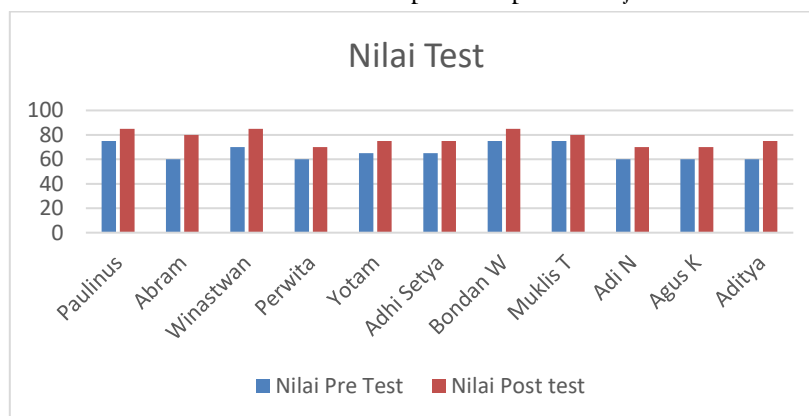
Gambar 10. Analisa Defleksi

Pelatihan yang berlangsung selama 40 jam intensif (6 hari) diakhiri dengan post test untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta terhadap teori dan aplikasi Moldflow Plastic Insight. Aktifitas post test, perbandingan hasil test dan penutupan pelatihan ditunjukkan pada gambar – gambar di bawah ini.



Gambar 11. Aktifitas post test dan penutupan pelatihan

Melalui Gambar di bawah ini dapat dilihat adanya peningkatan pemahaman dari peserta terhadap aplikasi perangkat Moldflow dalam studi kasus optimasi proses injection molding



Gambar 12. Perbandingan nilai pre test dan post test

Simpulan

Pelatihan Autodesk Moldflow Plastic Insight bagi Dosen dan Instruktur Politeknik ATMI Surakarta telah dilaksanakan dengan baik. Peserta mendapatkan tambahan pengetahuan dan ketrampilan yang bermanfaat dalam peningkatan kualitas desain produk, desain cetakan dan proses injection molding. Pemahaman dan kemampuan ini membantu peserta dalam mengambil keputusan untuk optimasi desain dan proses sehingga menghindari terjadinya kegagalan produk dan proses sedini mungkin. Dalam memberikan layanan kepada pelanggan industri, peserta dapat memberikan informasi dengan dasar ilmu yang benar. Langkah selanjutnya yang diharapkan oleh peserta adalah pelatihan serupa dengan level studi kasus yang lebih kompleks.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta melalui LPM dengan Program Pengabdian kepada Masyarakat skema PKM tahun anggaran 2021/2022 atas dukungan dananya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Direktur Politeknik ATMI Surakarta dan staf Pusat Unggulan Teknologi Plastik ATMI atas kerjasamanya.

Daftar Pustaka

- [1] C. A. Harper, Plastic Processes. New Jersey: John Wiley & Son, 2006.
- [2] T. Gingtong, N. Nakpathomkun, and C. Pechyen, "Effect of injection parameters on mechanical and physical properties of super ultra-thin wall propylene packaging by Taguchi method," *Results Phys.*, vol. 9, pp. 987-995, 2018.
- [3] A. López, J. Aisa, A. Martinez, and D. Mercado, "Injection moulding parameters influence on weight quality of complex parts by means of DOE application: Case study," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 90, pp. 349-356, 2016.
- [4] Z. Zuo, Z. Fan, F. Costa, and D. Astbury, "Warp simulation of injection over-molding plastics on continuous fiber reinforced composites," *Soc. Plast. Eng. Proc.*, 2016.
- [5] Y. Song, U. Gandhi, T. Sekito, U. K. Vaidya, "CAE method for compression molding of carbon fiber-reinforced thermoplastic composite using bulk materials," *Composites Part A Elsevier*, 2018.
- [6] Autodesk Moldflow Plastic Insight
- [7] DSM, "Designing with Plastics", DSM Engineering Materials