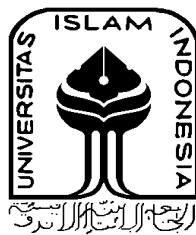


**Desain Dan Pembuatan *Prototype* Produk Inovatif *Personal Equipment (Cutlery Extra)* Untuk *Camping/Traveling* Beserta
Simulasi Injeksi Dan *Mold Design***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Wellan Suwarno Putra
No. Mahasiswa : 15525046
NIRM : 2015011739

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2021

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wellan Suwarno Putra
NIM : 15525046
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Indonesia

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

“Desain Dan Pembuatan Prototype Produk Inovatif Personal Equipment (Cutlery Extra)
Untuk Camping/Traveling Beserta Simulasi Injeksi Dan Mold Design”

Adalah ASLI Hasil Penelitian saya sendiri dan bukan plagiasi hasil karya orang lain. Dan saya bersedia menanggung segala resiko yang ditimbulkan apabila pernyataan ini tidak benar.

Yogyakarta, 16 November 2021

Yang menyatakan,



(Wellan Suwarno Putra)

NIM: 15525046

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Desain Dan Pembuatan *Prototype* Produk Inovatif *Personal Equipment (Cutlery Extra)* Untuk *Camping/Traveling* Beserta Simulasi Injeksi Dan *Mold Design*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Wellan Suwarno Putra

No. Mahasiswa : 15525046

NIRM : 2015011739

Yogyakarta, 18 Oktober 2021

Pembimbing,



Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Desain Dan Pembuatan *Prototype* Produk Inovatif *Personal Equipment (Cutlery Extra)* Untuk *Camping/Traveling* Beserta *Simulasi Injeksi Dan Mold Design*

TUGAS AKHIR

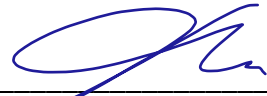
Disusun Oleh :

Nama : Wellan Suwarno Putra
No. Mahasiswa : 15525046
NIRM : 2015011739

Tim Penguji

Arif Budi Wicaksono, ST., M.Eng.

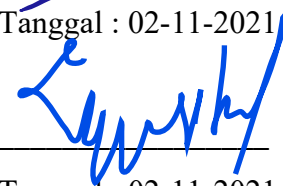
Ketua



Tanggal : 02-11-2021

Yustiasih Purwaningrum, ST, MT

Anggota I



Tanggal : 02-11-2021

Faisal Arif Nurgesang, ST., M.Sc.

Anggota II



Tanggal : 02-11-2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Dr.Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Persembahan terbesar si Penulis, yaitu kepada Allah SWT. Dia Yang Maha Segalanya, yang telah membantu si Penulis disaat-saat kritis dalam segala hal, termasuk dalam penulisan naskah tugas akhir ini. Si Penulis yakin dan percaya bahwa Sang Pencipta tidak akan memberikan masalah atau cobaan di luar kemampuan hamba Nya.

Berikutnya, si Penulis ingin mempersembahkan karya ini kepada keluarga si Penulis, yaitu Mama, Papa, Mas, dan Adik yang sudah mendukung proses pembuatan karya ini.

Juga kepada teman-teman si Penulis yang menganggap si Penulis sebagai temannya. Mereka yang sudah memberi inspirasi kepada si Penulis.

Terakhir adalah persembahan si Penulis kepada siapapun yang membaca karya ini. Si Penulis berharap karya ini bisa diapresiasi dan bisa berguna untuk kalian para Pembaca.

HALAMAN MOTTO

“Di kampus, kita hanya belajar disiplin berpikir,
tetapi pengalaman yang memberi daya dalam hidup adalah di lapangan.”

Laut Bercerita hal. 32, Sebuah Novel Oleh Leila S. Chudori

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah Nya, sehingga pada kesempatan ini, Penulis dapat merealisasikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul “Desain Dan Pembuatan *Prototype* Produk Inovatif *Personal Equipment (Cutlery Extra)* Untuk *Camping/Traveling* Beserta Simulasi Injeksi Dan *Mold Design*” dengan sebaik-baiknya, meskipun terdapat banyak hambatan yang dihadapi, namun tidak menyurutkan semangat untuk menyelesaikannya.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (S1) di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam kesempatan ini tidak lupa Penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan Tugas Akhir, diantaranya kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah Nya.
2. Keluarga yang telah memberikan dukungan penuh.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin UII.
4. Bapak Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Bapak Agung Nugroho Adi S.T., M.T. selaku dosen wali.
6. Seluruh staf pengajar, staf administratif, dan karyawan di Program Studi Teknik Mesin UII.
7. Rekan-rekan Teknik Mesin UII 2015.

8. Semua pihak yang sudah membantu dan mendukung serta mendoakan Penulis yang tidak bisa ditulis semuanya dalam kata pengantar atau ucapan terima kasih ini.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih ada kekurangan, oleh karena itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan karya ini di masa yang akan datang.

Akhirnya, Penulis berharap semoga karya ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan informasi dan pembahasan dalam karya ini.

Yogyakarta,

Wellan Suwarno Putra

ABSTRAK

Seiring dengan banyaknya minat masyarakat dalam melakukan kegiatan camping/traveling, maka masyarakat membutuhkan personal equipment (cutlery extra) seperti sendok, garpu, pisau, sisir, dan sikat gigi. Namun, tidak banyak produk di pasaran yang menyediakan sendok, garpu, pisau, sisir, dan sikat gigi dalam satu paket yang ringkas, mudah dibawa, ringan, aman, dan mudah digunakan, serta berbahan plastik, sehingga bisa dengan nyaman digunakan untuk keperluan *camping*, dan juga bisa dengan mudah melewati sistem keamanan bandara jika mau digunakan untuk keperluan *traveling*. Plastik juga digunakan karena harganya yang lebih terjangkau dan juga lebih ringan jika dibandingkan dengan perlengkapan yang berbahan besi. Dalam tugas akhir dengan judul Desain Dan Pembuatan *Prototype* Produk Inovatif *Personal Equipment (Cutlery Extra)* Untuk *Camping/Traveling* Beserta Simulasi Injeksi Dan *Mold Design* ini juga membantu kalangan masyarakat yang punya keperluan dalam kegiatan *camping* dan *traveling* yang kadang kala masih sulit dalam membawa perlengkapan tambahan seperti sendok, garpu, pisau, sikat gigi, dan sisir. Maka dapat disimpulkan bahwa telah dilakukan desain dan pembuatan *prototype* produk inovatif *personal equipment (cutlery extra)* untuk *camping/traveling* beserta simulasi injeksi dan *mold design*, pada produk sendok, *fill time* paling cepat berada pada nilai 3.287 s, yaitu pada *star layout* dengan *runner diameter* 3 mm, pada produk sendok, *quality prediction* paling baik berada pada nilai *high* = 82.1 %, *medium* = 17.9 %, dan *low* = 0 %, yaitu pada *star layout* dengan *runner diameter* 4 mm, pada produk garpu, *fill time* paling cepat berada pada nilai 4.222 s, yaitu pada *star layout* dengan *runner diameter* 3 mm, pada produk garpu, *quality prediction* paling baik berada pada nilai *high* = 81.9 %, *medium* = 18.1 %, dan *low* = 0 %, yaitu pada *star layout* dengan *runner diameter* 4 mm, dan telah dibuat desain *mold unit* dengan standar FUTABA.

Kata Kunci : desain, *prototype*, simulasi injeksi, *mold design*

ABSTRACT

Along with the increasing interest of the community in doing camping/traveling activities, the community needs personal equipment (extra cutlery) such as spoons, forks, knives, combs, and toothbrushes. However, there are not many products on the market that provide spoons, forks, knives, combs, and toothbrushes in one compact package, easy to carry, light, safe, and easy to use, and made of plastic, so it can be comfortably used for camping purposes, and also can easily pass through the airport security system if you want to use it for traveling purposes. Plastic is also used because the price is more affordable and also lighter than iron equipment. In the final project entitled Design And Prototype Making Of Personal Equipment (Cutlery Extra) Innovative Product For Camping/Traveling With Injection Simulation And Mold Design, this also helps people who have needs in camping and traveling activities who are sometimes still difficult to carry additional equipment such as spoons, forks, knife, toothbrush and comb. So it can be said that design and prototype making of personal equipment (cutlery extra) innovative product for camping/traveling with injection simulation and mold design has been carried out, for spoon products, the fastest filling time is 3,287 seconds, namely on a star layout with a runner diameter of 3 mm. , for spoon products, the best quality predictions are high = 82.1%, medium = 17.9%, and low = 0%, namely in star layout with 4 mm runner diameter, for fork products, filling time is the lowest. fast is at a value of 4.222 s, namely in the star layout with a runner diameter of 3 mm, for fork products, the best quality predictions are at high = 81.9%, medium = 18.1%, and low = 0%, namely at star layout with a runner diameter of 4 mm, and a mold unit design has been made with FUTABA standards.

Keywords: design, prototype, injection simulation, mold design

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstrak	viii
Daftar Isi	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar	xiii
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian atau Perancangan.....	3
1.5. Manfaat Penelitian atau Perancangann.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1. Kajian Pustaka	5
2.2. Dasar Teori	6
2.2.1. Desain (<i>Design</i>)	6
2.2.2. Simulasi (<i>Simulation</i>)	6
2.2.3. Cetakan (<i>Mold</i>).....	6
2.2.4. <i>Injection Molding</i>	8
2.2.5. Cacat Produk <i>Injection Molding</i>	9
2.2.6. Parameter Proses <i>Injection Molding</i>	11
2.2.7. Komponen Mesin <i>Injection Molding</i>	12
2.2.8. Polimer	13
2.2.9. HDPE (<i>High-Density Polyethylene</i>).....	14

Bab 3 Metode Penelitian	16
3.1. Alur Penelitian.....	16
3.2. Peralatan Dan Bahan	17
3.2.1. Peralatan	17
3.2.2. Bahan.....	20
3.3. Perancangan.....	21
3.3.1. Perancangan Perangkat Keras	21
3.3.2. Perancangan Perangkat Lunak.....	21
Bab 4 Hasil Dan Pembahasan.....	23
4.1. Deskripsi Produk	23
4.1.1. Kriteria Desain.....	23
4.1.2. Dimensi Utama Produk	23
4.2. Simulasi <i>Moldflow</i>	25
4.2.1. <i>Quality Prediction</i>	27
4.2.2. <i>Air Traps</i>	28
4.2.3. <i>Weld Lines</i>	32
4.3. <i>Mold Design</i>	34
4.4. <i>Prototype</i>	36
4.5. Box Design	38
Bab 5 Penutup.....	39
5.1. Kesimpulan.....	39
5.2. Saran atau Penelitian Selanjutnya	39
Daftar Pustaka	40
Lampiran.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komponen mold beserta fungsinya	7
Tabel 2.2. Kelompok termoplastik umum	14
Tabel 3.1. Spesifikasi Laptop	17
Tabel 3.2. Spesifikasi <i>3D Printer</i>	18
Tabel 4.1. Dimensi Utama Produk	23
Tabel 4.2. <i>Fill Time</i> dan <i>Quality Prediction</i>	26
Tabel 4.3. <i>Mold Base Parts List</i> untuk Sendok	34
Tabel 4.4. <i>Mold Base Parts List</i> untuk Garpu	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Komponen <i>Mold</i>	7
Gambar 2.2. Siklus <i>Injection Molding</i>	9
Gambar 2.3. Perbedaan Zona dari <i>Screw</i>	12
Gambar 2.4. Klasifikasi Polimer	13
Gambar 2.5. <i>HDPE Data Sheet</i>	15
Gambar 3.1. Laptop	17
Gambar 3.2. <i>3D Printer</i>	19
Gambar 3.3. <i>PLA Filament</i>	21
Gambar 4.1. (a) gagang, (b) sendok, (c) garpu, (d) pisau, (e) sisir, (f) sikat gigi	24
Gambar 4.2. Dimensi <i>Box</i>	24
Gambar 4.3. (a) <i>Knife Quality Prediction H 3 mm</i> , (b) <i>Comb Quality Prediction H 3 mm</i> , (c) <i>Knife Quality Prediction H 4 mm</i> , (d) <i>Comb Quality Prediction H 4 mm</i> , (e) <i>Knife Quality Prediction Star 3 mm</i> , (f) <i>Comb Quality Prediction Star 3 mm</i> , (g) <i>Knife Quality Prediction Star 4 mm</i> , (h) <i>Comb Quality Prediction Star 4 mm</i>	27
Gambar 4.4. (a) <i>Spoon Air Traps H 3 mm</i> , (b) <i>Fork Air Traps H 3 mm</i> , (c) <i>Knife Air Traps H 3 mm</i> , (d) <i>Comb Air Traps H 3 mm</i> , (e) <i>Toothbrush Air Traps H 3 mm</i>	28
Gambar 4.5. (a) <i>Spoon Air Traps H 4 mm</i> , (b) <i>Fork Air Traps H 4 mm</i> , (c) <i>Knife Air Traps H 4 mm</i> , (d) <i>Comb Air Traps H 4 mm</i> , (e) <i>Toothbrush Air Traps H 4 mm</i>	29
Gambar 4.6. (a) <i>Spoon Air Traps Star 3 mm</i> , (b) <i>Fork Air Traps Star 3 mm</i> , (c) <i>Knife Air Traps Star 3 mm</i> , (d) <i>Comb Air Traps Star 3 mm</i> , (e) <i>Toothbrush Air Traps Star 3 mm</i>	30
Gambar 4.7. (a) <i>Spoon Air Traps Star 4 mm</i> , (b) <i>Fork Air Traps Star 4 mm</i> , (c) <i>Knife Air Traps Star 4 mm</i> , (d) <i>Comb Air Traps Star 4 mm</i> , (e) <i>Toothbrush Air Traps Star 4 mm</i>	31

Gambar 4.8. (a) <i>Knife Weld Lines H 3 mm</i> , (b) <i>Comb Weld Lines H 3 mm</i> , (c) <i>Toothbrush Weld Lines H 3 mm</i> , (d) <i>Knife Weld Lines H 4 mm</i> , (e) <i>Comb Weld Lines H 4 mm</i> , (f) <i>Toothbrush Weld Lines H 4 mm</i>	32
Gambar 4.9. (a) <i>Knife Weld Lines Star 3 mm</i> , (b) <i>Comb Weld Lines Star 3 mm</i> , (c) <i>Toothbrush Weld Lines Star 3 mm</i> , (d) <i>Knife Weld Lines Star 4 mm</i> , (e) <i>Comb Weld Lines Star 4 mm</i> , (f) <i>Toothbrush Weld Lines Star 4 mm</i>	33
Gambar 4.10. (a) <i>Cavity dan Core untuk Sendok</i> , (b) <i>Cavity dan Core untuk Garpu</i>	36
Gambar 4.11. (a) <i>Handle Prototype</i> , (b) <i>Spoon Prototype</i> , (c) <i>Fork Prototype</i> , (d) <i>Knife Prototype</i> , (e) <i>Comb Prototype</i> , (f) <i>Toothbrush Prototype</i>	36
Gambar 4.12. (a) <i>Spoon Assembly Prototype</i> , (b) <i>Fork Assembly Prototype</i> , (c) <i>Knife Assembly Prototype</i> , (d) <i>Comb Assembly Prototype</i> , (e) <i>Toothbrush Assembly Prototype</i>	37
Gambar 4.13. (a) <i>Box Design</i> , (b) <i>Box Design dengan Tutup Transparan</i> , (c) <i>Box Design Tanpa Tutup</i> , (d) <i>Desain Tutup Box</i> , (e) <i>Box Design Dengan Equipment</i>	38

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kegiatan *camping* banyak digemari kalangan masyarakat, mulai dari pecinta alam, mahasiswa, anak sekolah, keluarga, atau bahkan para peneliti. Kegiatan *camping* banyak dilakukan untuk berbagai macam tujuan, mulai dari sekadar hobi, acara sekolah atau instansi, momen berkumpul bersama kerabat atau sahabat, proses penelitian, atau sebagai cara bersyukur dan mengagumi ciptaan sang Pencipta. Sedangkan kegiatan *traveling* merupakan suatu kegiatan mengunjungi atau mendatangi sebuah tempat untuk tujuan berwisata atau berlibur. Kegiatan *traveling* ini juga berguna untuk kita mengetahui tempat-tempat baru. Lain hal dengan *camping*, kegiatan *traveling* biasanya memerlukan biaya yang lebih mahal daripada *camping*, mulai dari biaya akomodasi hingga administrasi. Tetapi, di antara *camping* dan *traveling*, dua kegiatan tersebut membutuhkan perlengkapan untuk memudahkan dalam kegiatan tersebut. Contohnya adalah perlengkapan makan, seperti sendok, garpu, dan pisau, juga perlengkapan yang biasa digunakan seperti sisir dan sikat gigi.

Tidak banyak produk di pasaran yang menyediakan sendok, garpu, pisau, sisir, dan sikat gigi dalam satu paket yang mudah dibawa, mudah dipakai, mudah dibersihkan, dan berbahan plastik, sehingga bisa dengan mudah melewati sistem keamanan bandara jika mau digunakan untuk keperluan *traveling*. Plastik juga digunakan karena harganya yang lebih terjangkau dan juga lebih ringan jika dibandingkan dengan perlengkapan yang berbahan besi.

Kelebihan atau keunggulan yang dimiliki produk yang sudah ada di pasaran, yaitu lebih dikenal di masyarakat luas, lebih kuat dan awet karena berbahan besi, serta target pasar yang lebih luas, karena digunakan untuk kebutuhan sehari-hari dan bukan untuk tujuan khusus. Sedangkan, kekurangan dari produk yang sudah ada di pasaran, yaitu harga yang relatif lebih mahal, lebih berat, dan sulit jika dibawa dalam kegiatan *camping* ataupun *traveling*.

Kebanyakan perlengkapan makan adalah terbuat dari besi, yang pastinya lebih berat dan mahal dari perlengkapan makan yang terbuat dari plastik. Juga menyulitkan apabila ingin dibawa untuk kegiatan *camping* atau *traveling*. Walaupun ada yang berbahan plastik, biasanya hanya untuk sekali pakai dan tidak dijadikan satu paket.

Jadi, alangkah lebih baiknya apabila produk untuk perlengkapan makan atau produk tambahan lainnya yang diperuntukkan sebagai perlengkapan *camping* atau *traveling* bisa dijadikan satu paket, ringan, dan dengan harga yang lebih terjangkau.

Dalam tugas akhir ini bertujuan untuk memberi pandangan, ide, atau gagasan yang kreatif dan inovatif yang dituangkan dalam desain *3D modelling* untuk para produsen dalam mengembangkan produk dari desain yang ada dan dengan melihat pasar spesifik, juga membantu kalangan masyarakat yang punya keperluan dalam kegiatan *camping* dan *traveling* yang kadang kala masih sulit dalam membawa perlengkapan tambahan seperti sendok, garpu, pisau, sikat gigi, dan sisir.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka dirumuskan masalah-masalah yang dipecahkan atau diselesaikan pada penelitian atau perancangan tugas akhir ini, yaitu :

- a. Bagaimana membuat desain produk *personal equipment (cutlery extra)* yang tepat untuk *camping/traveling* ?
- b. Bagaimana karakteristik simulasi injeksi dari produk tersebut ?
- c. Bagaimana desain *molding* dari produk tersebut ?

1.3. Batasan Masalah

Hal-hal yang membatasi lingkup penelitian atau perancangan, yaitu :

- a. Hanya sampai pada tahap desain produk.
- b. Tidak membahas *stress analysis*.
- c. Desain produk menggunakan *Autodesk Inventor Professional 2019*.
- d. Analisis hasil injeksi menggunakan *Autodesk Moldflow Adviser 2019*.
- e. *Mold design* menggunakan *Autodesk Inventor Professional 2019*.
- f. Produk ditujukan kepada orang-orang yang suka berkemah atau bepergian.
- g. Tidak membahas desain *box* secara *detail*.
- h. *Prototype* tidak sampai *box*.

1.4. Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan pada penelitian atau perancangan ini adalah :

- a. Mendesain produk *personal equipment (cutlery extra)* untuk *camping/traveling*.
- b. Melakukan simulasi injeksi produk *personal equipment (cutlery extra)* untuk *camping/traveling*.
- c. Mendesain *mold unit* produk *personal equipment (cutlery extra)* untuk *camping/traveling*.

1.5. Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat dari perancangan desain optimasi produk *personal equipment* untuk *camping/traveling* ini adalah untuk memberi pandangan, ide, atau gagasan yang kreatif dan inovatif untuk para produsen dalam pengembangan produk, dan juga supaya masyarakat yang melaksanakan kegiatan *camping* atau *traveling* bisa dengan nyaman melaksanakan kegiatan tersebut karena tersedia nya perlengkapan tambahan yang ada di pasaran.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Berisi hal-hal apa saja yang melatarbelakangi penelitian atau perancangan yang dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi penjelasan mengenai penelitian lain yang telah dilakukan, dan berhubungan dengan penelitian atau perancangan yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi mengenai alur penelitian atau perancangan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil perancangan, analisis, dan pembahasan.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat tentang kesimpulan dan saran yang berupa rangkuman dari pelaksanaan maupun dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer. (Mujiarto, 2005)

Penggunaan material plastik yang semakin berkembang, menuntut usaha untuk mengurangi waktu dan biaya produksi. Pada produk hasil *injection molding* sering terjadi cacat produk, seperti keretakan, penyusutan pada bagian-bagian tertentu, bentuk tidak sempurna, pelubangan material plastik, dimensi produk di luar dari toleransi yang ditentukan, dan lain sebagainya yang diakibatkan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang paling penting adalah desain *mold*.

Untuk mengestimasi waktu dan biaya, dengan berkembangnya teknologi komputer, telah banyak *software* yang dihadirkan untuk mempermudah dan membantu industri dalam bidang *injection molding*. Dengan adanya *software* ini, maka seorang desainer dapat mensimulasikan hasil rancangan *mold* nya dan mengetahui apakah desain yang dirancang menghasilkan produk yang baik atau tidak.

Autodesk Moldflow Adviser 2019 adalah salah satu program simulasi *injection molding* yang dapat melakukan analisis mendalam terhadap desain benda plastik dan cetakannya. *Software* ini mampu menganalisis letak *gate* yang paling efisien, waktu yang diperlukan untuk satu kali proses injeksi, tekanan injeksi, *temperature*, dan lain sebagainya. Selain itu *software* ini juga dapat melakukan simulasi selama proses injeksi berlangsung sesuai dengan *input* parameter proses yang dimasukkan dan menampilkan hasil akhir dari keseluruhan proses. Simulasi dapat dilakukan dengan metode *single cavity* maupun *multi cavity*. Dari simulasi ini, dapat digunakan sebagai suatu acuan dalam mendesain suatu *injection molding*, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kegalaman dalam pembuatan *mold*.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Desain (*Design*)

Menurut *Oxford Dictionaries*, pengertian desain adalah suatu rencana atau gambaran yang dibuat untuk menunjukkan tampilan atau fungsi atau cara kerja suatu bangunan, pakaian dan benda lainnya sebelum dilakukan proses pembuatan.

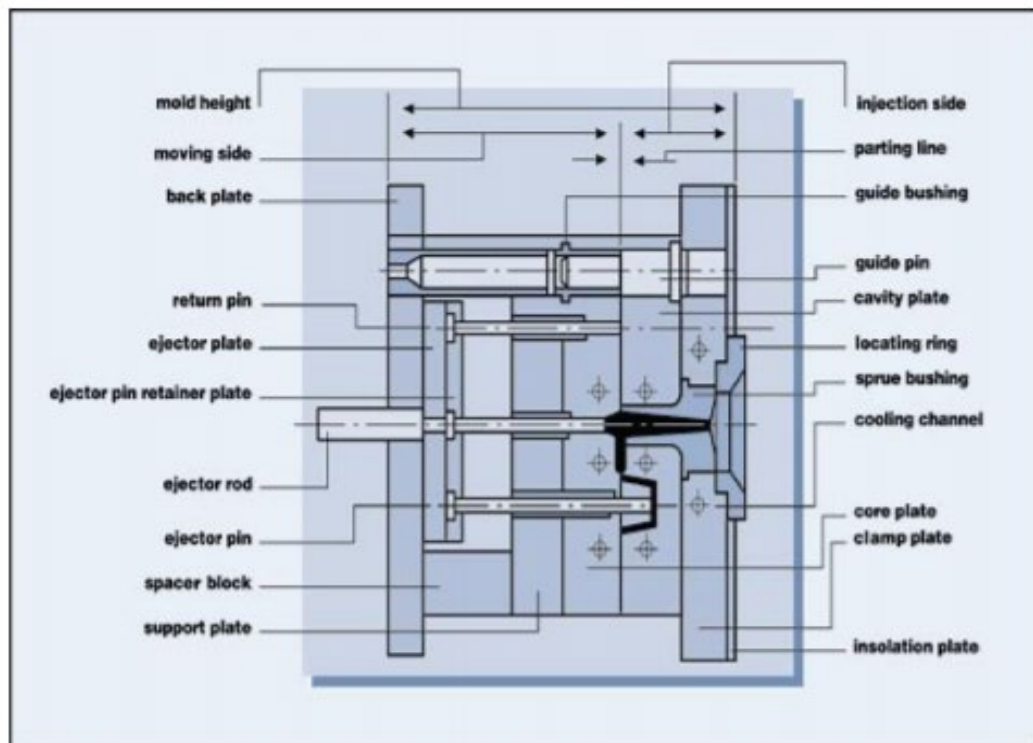
2.2.2. Simulasi (*Simulation*)

Simulasi adalah proses yang diperlukan untuk operasionalisasi model, atau penanganan model untuk meniru tingkah-laku sistem yang sesungguhnya. Ini meliputi berbagai kegiatan seperti penggunaan diagram alir dan logika komputer, serta penulisan kode komputer dan penerapan kode tersebut pada komputer untuk menggunakan masukan dan menghasilkan keluaran yang diinginkan. Pada praktiknya, *modeling* dan simulasi adalah proses yang berhubungan sangat erat, dan beberapa penulis membuat batasan simulasi yang mencakup *modeling*.

2.2.3. Cetakan (*Mold*)

Mold (cetakan) adalah rongga tempat material leleh (plastik atau logam) memperoleh bentuk. *Mold* terdiri dari dua bagian yaitu pelat bergerak (*moveable plate*) dan pelat diam (*stationary plate*). Sesuai dengan namanya pelat bergerak dipasang pada *moveable platen* di mesin *injection molding* dan pelat diam dipasang di *stationary platen*. Di dalam *mold* terdapat jalur saluran pendingin. *Mold* memiliki konstruksi yang rumit dimana pembuatannya membutuhkan mesin-mesin dengan ketelitian tinggi seperti CNC (*Computer Numerical Control*) dan EDM (*Electrical Discharge Machining*). *Molding* adalah sebuah proses produksi dengan membentuk bahan mentah menggunakan sebuah rangka kaku atau model yang disebut sebuah *mold*. Sebuah *mold* adalah sebuah blok kosong yang diisi dengan cairan seperti plastik, gelas atau logam. Cairan tersebut mengeras atau menetap di dalam *mold*, mengambil bentuknya. Sebagian besar *mold* dibuat dari baja dan sebagian kecil terbuat dari aluminium (untuk produksi *styrofoam*). Untuk *mold* yang membutuhkan transfer panas yang tinggi memakai bahan paduan tembaga-berilium. Plastik leleh diinjeksikan dari *barrel* ke dalam *mold* melalui *sprue*. Dari *sprue* alirannya dibagi ke beberapa *runner*, kemudian melalui *gate*

material memasuki rongga (*cavity*) dimana produk terbentuk. Setelah itu material akan didinginkan oleh cairan bersirkulasi.



Gambar 2.1. Komponen *Mold*

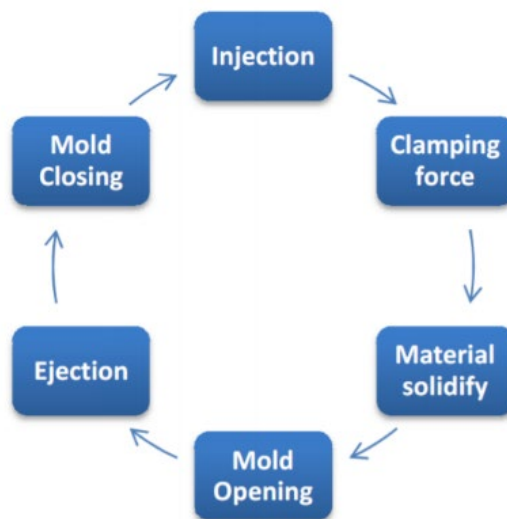
Tabel 2.1. Komponen mold beserta fungsinya

Komponen <i>Mold</i>	Fungsi
<i>Mold Base</i>	Menahan <i>cavity</i> pada posisi tetap yang berhubungan dengan <i>nozzle</i> mesin
<i>Guide Pins</i>	Mempertahankan kesejajaran yang tepat dari dua bagian <i>mold</i>
<i>Sprue Bushing</i>	Menyediakan jalan masuk ke bagian dalam <i>mold</i>
<i>Gates</i>	Mengatur aliran ke <i>cavity</i>
<i>Runners</i>	Membawa plastik cair dari <i>sprue</i> ke <i>cavity</i>
<i>Cavity dan Core</i>	Mengatur ukuran, bentuk, dan tekstur permukaan dari benda yang dicetak

<i>Water Channels</i>	Mengatur suhu dari permukaan <i> mold </i> untuk mendinginkan plastik ke keadaan kaku
<i>Vents</i>	Menyediakan jalur keluar dari udara dan gas yang terjebak
<i>Ejector Mechanism</i> (<i>Pins, Blades, Stripper Plate</i>)	Mengeluarkan benda dari <i> cavity </i> dan <i> core </i>
<i>Ejector Return Pins</i>	Mengembalikan <i> ejector pins </i> ke posisi ditarik saat <i> mold </i> menutup untuk siklus berikutnya

2.2.4. *Injection Molding*

Proses *injection molding* merupakan proses pembentukan benda kerja dari material *compound* berbentuk butiran yang ditempatkan ke dalam suatu *hopper* atau corong dan masuk ke dalam silinder injeksi, kemudian didorong melalui *nozzel* serta *sprue bushing* ke dalam rongga atau *cavity* dari *molding* yang sudah tertutup. Setelah beberapa saat didinginkan, *molding* akan dibuka dan benda jadi dikeluarkan dengan *ejector* . Material yang sangat sesuai adalah material termoplastik, karena pemanasan material ini akan melunak dan sebaliknya akan mengeras lagi bila didinginkan. Perubahan-perubahan ini hanya bersifat fisik, jadi bukan perubahan kimiawi, sehingga memungkinkan untuk mendaur ulang material sesuai dengan kebutuhan. Material plastik yang dipindahkan dari silinder pemanas biasanya suhunya berkisar antara 177-274⁰C. Semakin panas suhunya, plastik atau material itu akan semakin encer atau rendah viskositasnya, sehingga semakin mudah diinjeksi atau disemprotkan ke dalam *molding* .



Gambar 2.2. Siklus *Injection Molding*

Adapun keuntungan dari proses *injection molding*, antara lain :

- Kekakuan produk lebih tinggi, dikarenakan momen inersia polarnya lebih tinggi dengan adanya ruang kosong.
- Bentuk-bentuk produk berongga, tebal ataupun berdinding tipis, dan berbentuk batang atau pipa, sehingga lebih leluasa untuk didesain.
- Memerlukan jumlah *gate* yang lebih sedikit, sehingga mengurangi *weldline*.
- Tekanan injeksi dan pemadatan lebih rendah.
- Tidak ada cacat *sinkmark* pada produk-produk yang tebal.
- Distribusi tekanan pemadatan lebih merata.
- Produk yang lebih ringan dan siklus injeksi lebih cepat, dikarenakan waktu pendinginan yang lebih singkat.

2.2.5. Cacat Produk *Injection Molding*

Kualitas akhir permukaan dari produk plastik *injection molding* merupakan karakteria utama dari standar kualitas produk. Namun keadaan ini tidak dapat mutlak dipenuhi sehingga sering kali terjadi gangguan/cacat produk yang dapat merusak penampilan produk. Cacat produk dapat ditimbulkan oleh berbagai faktor, baik yang bersumber pada faktor parameter proses maupun faktor desain. Untuk mengatasi masalah cacat tersebut tentunya harus disesuaikan

dengan bentuk dan gangguan atau cacat yang timbul serta pengaruh terhadap produk. Macam-macam cacat produk pada proses *injection molding* ialah *warpage*, *sink mark*, *short shot*, *weld line*, *flash*, *air trapped* dan *incompletely fillet parts* (Sendi, 2012). Beberapa permasalahan yang sering ditemukan pada produk hasil *injection molding* antara lain:

a. *Short-shot*

Short-shot adalah cacat produk akibat pengisian yang tidak sempurna.

b. *Sink or air bubble*

Sink adalah keadaan cacat produk berupa bentuk cembung pada permukaan, sedangkan *air bubble* ditemukan gelembung udara di dalam produk.

c. *Warpage*

Warpage adalah kondisi cacat produk yang terlihat sebagai permukaan yang melengkung atau terbelit.

d. *Weld mark or flow mark*

Weld mark atau *flow mark* merupakan cacat produk berupa garis dipermukaan produk.

e. *Discolored molding*

Discolored molding merupakan cacat berupa pelenturan warna pada produk.

f. *Black spot*

Black spot adalah dimana keadaan cacat produk ditemukan seperti bintik hitam pada produk.

g. *Weld line*

Weld line adalah ketika dua atau lebih aliran lelehan depan material yang digambarkan dengan garis “V” sempit yang bertemu pada kedua ujung aliran lelehan material.

h. *Sink mark*

Sink mark merupakan cekungan atau lengkungan yang terjadi pada permukaan luar pada komponen yang dibentuk.

i. *Flashing*

Flashing adalah jenis *minor defect* pada material, artinya material masih bisa dikatakan baik, tetapi harus dilakukan pembersihan pada produk.

2.2.6. Parameter Proses *Injection Molding*

Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses pembuatan produk plastik dengan metode *injection molding* adalah:

1. Temperatur leleh (*melt temperature*)

Melt temperature adalah batas temperatur dimana bahan plastik mulai meleleh saat diberikan energi panas.

2. Batas tekanan

Batas tekanan adalah batas tekanan udara yang perlu diberikan untuk menggerakkan piston guna menekan bahan plastik yang telah dilelehkan. Tekanan yang terlalu rendah kemungkinan bahan plastik tidak akan keluar atau terinjeksi ke dalam cetakan.

3. Waktu tahan

Waktu tahan adalah waktu yang diukur dari temperatur leleh di *setting* telah tercapai hingga keseluruhan bahan plastik yang ada dalam tabung pemanas benar-benar telah meleleh semuanya.

4. Waktu tekan

Waktu tekan adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk memberikan tekanan pada piston yang mendorong plastik yang telah leleh.

5. Temperatur cetakan

Temperatur cetakan adalah temperatur pemanas cetakan awal sebelum dituang bahan plastik yang meleleh.

6. Kecepatan injeksi

Kecepatan injeksi adalah kecepatan lajunya bahan plastik yang telah meleleh keluar dari *nozzel* untuk mengisi rongga cetak.

7. Ketebalan dinding cetakan

Ketebalan dinding cetakan menyangkut desain secara keseluruhan dari cetakan. Semakin tebal dinding cetakan, semakin besar kemungkinan untuk terjadinya cacat.

2.2.7. Komponen Mesin *Injection Molding*

Mesin *injection molding* terdiri dari beberapa komponen, antara lain :

1. *Hopper*

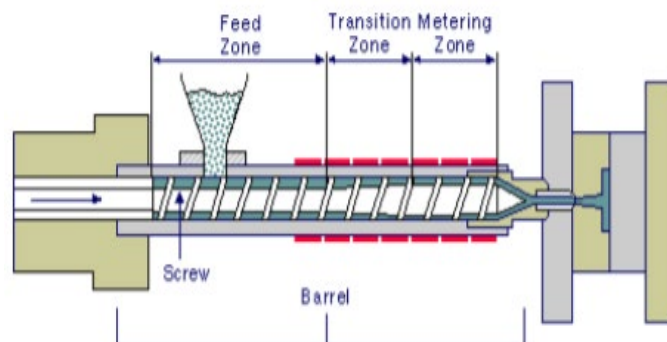
Dalam proses *injection molding*, bahan plastik disuplai dalam bentuk pelet kecil. *Hopper* berfungsi sebagai pemegang pelet tersebut. Pelet kemudian diumpungkan gravitasi dari *hopper* ke *barrel*.

2. *Barrel*

Kegunaan utama *barrel* adalah untuk menopang *screw*. *Barrel* terdiri dari pita pemanas yang berfungsi sebagai pencatat suhu untuk setiap bagian *barrel*.

3. *Screw*

Juga dikenal sebagai sekrup resiprokal yang digunakan dalam mengompresi, melebur, dan mengangkat bahan plastik. *Screw* atau sekrup terdiri dari tiga zona, yaitu zona makan, zona transisi, dan zona pengukuran. Di zona makan tidak akan ada perubahan pada bahan plastik dan akan tetap menjadi pelet, kemudian akan dipindahkan ke zona berikutnya, yaitu zona transisi. Di zona transisi, pelet akan meleleh dan plastik cair akan dipindahkan ke zona berikutnya yang merupakan zona pengukuran. Pada zona pengukuran, bahan cair akan siap untuk injeksi.



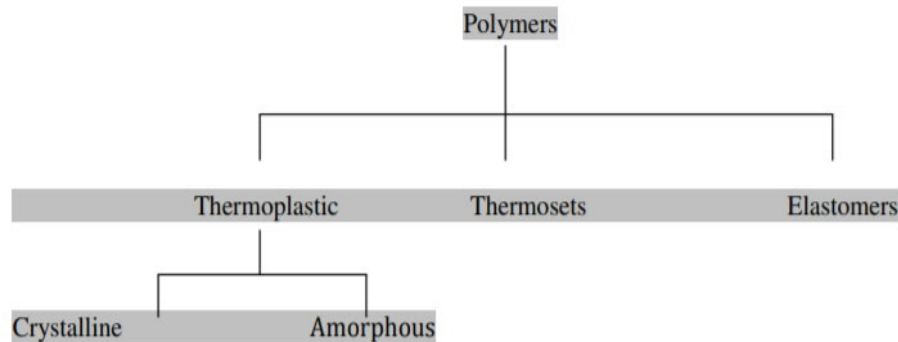
Gambar 2.3. Perbedaan Zona dari *Screw*

4. *Nozzle*

Fungsi utama *nozzle* adalah menghubungkan *barrel* dengan *sprue bushing* yang pada gilirannya membentuk segel antara *mold* dan *barrel*. Suhu *nozzle* harus diatur ke suhu leleh bahan.

2.2.8. Polimer

Polimer memainkan peran besar dalam proses pencetakan injeksi. Kebanyakan polimer diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu termoplastik, termoset, dan elastomer. Termoplastik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu yang berbentuk kristal dan yang amorf.



Gambar 2.4. Klasifikasi Polimer

Polimer adalah perakitan molekul berulang organik kecil yang disebut monomer. Sifat monomer termasuk resistivitas tinggi terhadap bahan kimia dan juga dapat menjadi isolator termal dan listrik.

Bahan termoplastik pada umumnya melunak jika terkena panas dan kembali ke kondisi semula saat didinginkan, hal ini dikarenakan adanya molekul yang tertahan oleh gaya antarmolekul yang lemah. Sifat di mana mereka dilebur dan didinginkan berulang kali memberi mereka sifat yang mirip dengan logam. Semua kelompok termoplastik utama diproduksi oleh polimerisasi rantai. Karena sifatnya yang dapat didaur ulang, bahan ini digunakan dalam berbagai aplikasi seperti kemasan makanan, insulasi, *bumper* mobil, dan *credit card holders*.

Tabel 2.2. Kelompok termoplastik umum

Kelompok Termoplastik	Contoh Umum
<i>Polyolefines</i>	LDPE , HDPE, PP
<i>Styrenics</i>	PS, ABS
<i>Vinyls</i>	PVC
<i>Acrylics</i>	PMMA
<i>Fluoropolymers</i>	PVDF
<i>Polyesters</i>	PET
<i>Polyamides (Nylons)</i>	Nylon 6 , Nylon 66
<i>Polyimides</i>	PI
<i>Polyethers</i>	PC
<i>Sulphur yang mengandung polymers</i>	PES

2.2.9. HDPE (High-Density Polyethylene)

HDPE atau *high-density polyethylene* adalah termoplastik polietilena yang terbuat dari minyak bumi. Dikenal karena kekuatan yang besar untuk rasio kepadatan. *HDPE* umumnya digunakan dalam produksi botol plastik, pipa tahan korosi, geomembranes, dan kayu plastik. *HDPE* umumnya didaur ulang dan memiliki nomor “2” sebagai simbol daur ulang.

Bahan ini adalah bahan yang paling kaku dan tahan suhu tinggi (120⁰C). *HDPE* berciri keras, semi fleksibel, tahan bahan kimia dan kelembapan, serta dapat ditembus gas. Permukaannya berkilau dan buram. Plastik jenis ini mudah diwarnai, diproses, dan dibentuk, serta melunak pada suhu 75⁰C. *HDPE* sering dipakai dalam pembuatan tutup botol, botol susu siap minum, galon air minum, kursi lipat, *tupperware*, dan jerigen minyak goreng.

Lembar data produk dan kondisi pemrosesan umum, termasuk di dalamnya sifat & nilai rata-rata spesimen cetakan injeksi pada *High Density Polyethylene (HDPE)*, dapat dilihat pada gambar berikut :



**Product Data Sheet &
General Processing Conditions**

**RTP 701
High Density Polyethylene (HDPE)
Glass Fiber**

PROPERTIES & AVERAGE VALUES OF INJECTION MOLDED SPECIMENS

PERMANENCE	English	SI Metric	ASTM TEST
Primary Additive	10 %	10 %	
Specific Gravity	1.01	1.01	D 792
Molding Shrinkage 1/8 in (3.2 mm) section	0.0040 - 0.0070 in/in	0.40 - 0.70 %	D 955
MECHANICAL			
Impact Strength, Izod notched 1/8 in (3.2 mm) section	2.2 ft-lbs/in	117 J/m	D 256
unnotched 1/8 in (3.2 mm) section	11.0 ft-lbs/in	587 J/m	D 4812
Tensile Strength	5300 psi	37 MPa	D 638
Tensile Elongation	> 10.0 %	> 10.0 %	D 638
Tensile Modulus	0.30 x 10 ⁶ psi	2068 MPa	D 638
Flexural Strength	5500 psi	38 MPa	D 790
Flexural Modulus	0.20 x 10 ⁶ psi	1379 MPa	D 790
THERMAL			
Ignition Resistance* Flammability**	HB @ 1/16 in	HB @ 1.5 mm	D 635

PROPERTY NOTES

Data herein is typical and not to be construed as specifications.
Unless otherwise specified, all data listed is for natural or black colored materials. Pigments can affect properties.
* This rating is not intended to reflect hazards of this or any other material under actual fire conditions.
** Values per RTP Company testing.

GENERAL PROCESSING FOR INJECTION MOLDING

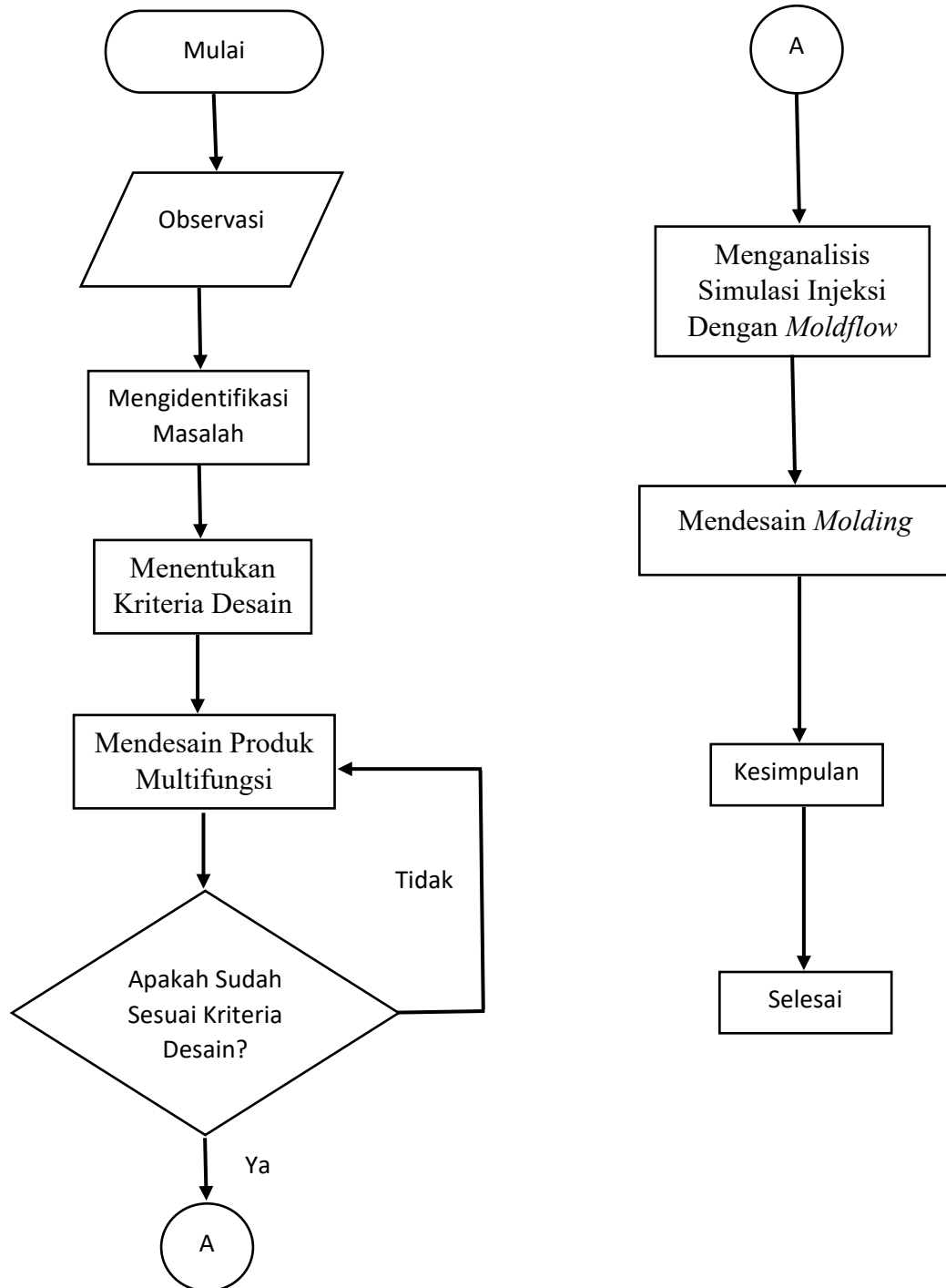
	English	SI Metric
Injection Pressure	10000 - 15000 psi	69 - 103 MPa
Melt Temperature	380 - 450 °F	193 - 232 °C
Mold Temperature	70 - 150 °F	21 - 66 °C
Drying	2 hrs @ 175 °F	2 hrs @ 79 °C

Gambar 2.5. HDPE Data Sheet

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian



3.2. Peralatan dan Bahan

3.2.1. Peralatan

1. Laptop

Laptop yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah laptop Inspiron 15 7000 series, dengan detail spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.1. Spesifikasi Laptop

Informasi Sistem	Spesifikasi
<i>Operating System</i>	Windows 10 Home Single Language 64-bit
<i>System Manufacturer</i>	Dell Inc.
<i>System Model</i>	Inspiron 7590
<i>Processor</i>	Intel(R) Core(TM) i7-9750H CPU @ 2.60GHz (12 CPUs), ~2.6GHz
<i>Memory</i>	16384MB RAM
<i>Display Device Card Name</i>	Intel(R) UHD Graphics 630
<i>Display Device Manufacturer</i>	Intel Corporation
<i>Display Device Chip Type</i>	Intel(R) UHD Graphics Family
<i>Render Device Card Name</i>	NVIDIA GeForce GTX 1650
<i>Render Device Manufacturer</i>	NVIDIA
<i>Render Device Chip Type</i>	GeForce GTX 1650



Gambar 3.1. Laptop

2. 3D Printer

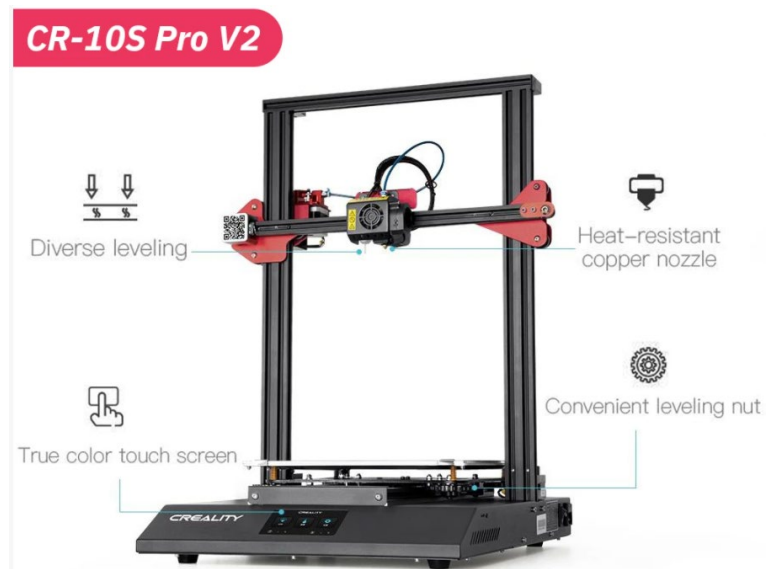
3D printing adalah merupakan salah satu bagian dari *additive manufacturing*. Mesin *3D printer* merupakan alat untuk membuat benda tiga dimensi dari *digital file*. Penciptaan objek cetak *3D* dicapai menggunakan proses aditif. Dalam proses pembuatan secara aditif, sebuah objek dibuat dengan meletakkan lapisan tipis secara berurutan sampai objek terbentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Masing-masing lapisan ini dapat dilihat sebagai potongan melintang horizontal yang diiris tipis-tipis dari objek yang akhirnya membentuk suatu benda 3 dimensi.

3D printer yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah CREALITY CR-10S PRO, dengan detail spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.2. Spesifikasi *3D Printer*

Informasi Sistem	Spesifikasi
Technology	Fused deposition modeling (FDM)
Year	2019
Assembly	Partially assembled
Mechanical arrangement	Cartesian XY-head
Manufacturer	Creality
Build volume	300 x 300 x 400 mm
Feeder system	Bowden
Print head	Single nozzle
Nozzle size	0.4 mm
Max. hot end temperature	260°C
Max. heated bed temperature	110°C
Print bed material	Steel
Frame	Aluminum
Bed leveling	Automatic
Connectivity	SD card, USB stick
Print recovery	Yes

Filament sensor	Yes
Camera	No
Filament diameter	1.75 mm
Third-party filament	Yes
Filament materials	Consumer materials (PLA, ABS, PETG, flexibles)
Recommended slicer	Cura, Simplify3D, Repetier-Host, Creality Slicer
Operating system	Windows, Mac OSX, Linux
File types	STL, OBJ, AMF
Frame dimensions	550 x 490 x 650 mm
Weight	13.7 kg



Gambar 3.2. 3D Printer

3.2.2. Bahan

1. *PLA (Polylactic Acid)*

PLA (Polylactic Acid) adalah polimer yang dapat terurai secara hayati, berkelanjutan, dan aman untuk makanan yang terbuat dari sumber organik.

Ini adalah filamen yang paling umum digunakan karena kemudahan penggunaan dan berbagai aplikasi, terutama yang tidak menuntut secara mekanis atau termal. Jelas merupakan titik awal yang baik untuk mempelajari proses pembuatan *3D Printing*.

Sifat dari PLA adalah sebagai berikut :

- Kualitas permukaan *detail* dan *glossy*
- Kekuatan tarik yang bagus
- Perilaku yang kaku dan rapuh
- Resistensi sinar UV yang baik
- Tahan suhu pengoperasian hingga 50 ° C.
- Bebas bau, ideal untuk lingkungan pendidikan dan kantor
- Kompatibel dengan dukungan PVA
- Ketahanan kelembaban rendah

Plastik menyerap kelembapan dari udara. Untuk waktu yang lama tanpa pencetakan, disarankan untuk menyimpan gulungan PLA di dalam kotak atau wadah kedap udara dengan pengering agar tetap kering. PLA mengeluarkan gas dan partikel tingkat rendah saat dicetak. Jadi, disarankan untuk mencetaknya di tempat yang berventilasi baik untuk memastikan lingkungan yang sehat.



Gambar 3.3. *PLA Filament*

3.3. Perancangan

3.3.1. Perancangan Perangkat Keras

Pembuatan *prototype* menggunakan *3D Printer* dengan menggunakan material *PLA Filament* dari desain yang sudah dibuat sebelumnya menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2019* dan pertimbangan analisis yang didapat dari simulasi injeksi sebelumnya dengan menggunakan *software Autodesk Moldflow Adviser 2019*.

3.3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Di dalam tugas akhir ini dilakukan perancangan menggunakan beberapa perangkat lunak, di antara nya yaitu *Autodesk Inventor Professional 2019* dan *Autodesk Moldflow Adviser 2019*.

Autodesk Inventor Professional (AIP) adalah salah satu perangkat lunak (*software*) jenis *Computer Aided Drawing (CAD)* yang lebih menekankan pada pemodelan *solid*. Perangkat lunak ini adalah salah satu produk dari *Autodesk Inc. USA* yang dahulu lebih dikenal karena produk *AutoCAD*. *AIP* lebih ditujukan untuk penggambaran teknik mesin (*Mechanical Engineering*) yang menyediakan secara lengkap fasilitas untuk memvisualisasikan model dalam 3D, gambar rakitan (*assembly*), gambar kerja (*drawing*), animasi dari benda yang akan dibuat secara digital. Dokumen digital ini akan membantu kita memvisualisasikan, mensimulasikan dan menganalisis suatu produk sebelum dibuat atau dengan kata

lain purwarupa secara virtual. Setelah purwarupa secara virtual dinyatakan layak maka akan dilanjutkan pada tahapan membuat purwarupa secara fisik kemudian diuji coba melalui berbagai tahapan pengujian. Setelah lolos dari tahap ini barulah produk diproduksi secara masal. Dengan demikian perusahaan dapat menghasilkan produk baru dengan waktu lebih singkat dan biaya yang lebih rendah, hal ini akan membantu perusahaan menjadi lebih cepat mengeluarkan produk-produk baru yang inovatif.

Autodesk Moldflow Adviser (AMA) adalah salah satu perangkat lunak (*software*) jenis *Computer Aided Engineering (CAE)* yang digunakan untuk menanggulangi cacat produk sehingga dapat memperkecil produk dengan kualitas yang tidak baik di mesin injeksi dan juga digunakan untuk mendapatkan parameter injeksi yang tepat sehingga produk yang dihasilkan sesuai spesifikasi.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Produk

4.1.1. Kriteria Desain

Perancangan dilakukan berdasarkan diagram alir. Perancangan dimulai dengan menentukan beberapa kriteria desain yang diinginkan yaitu :

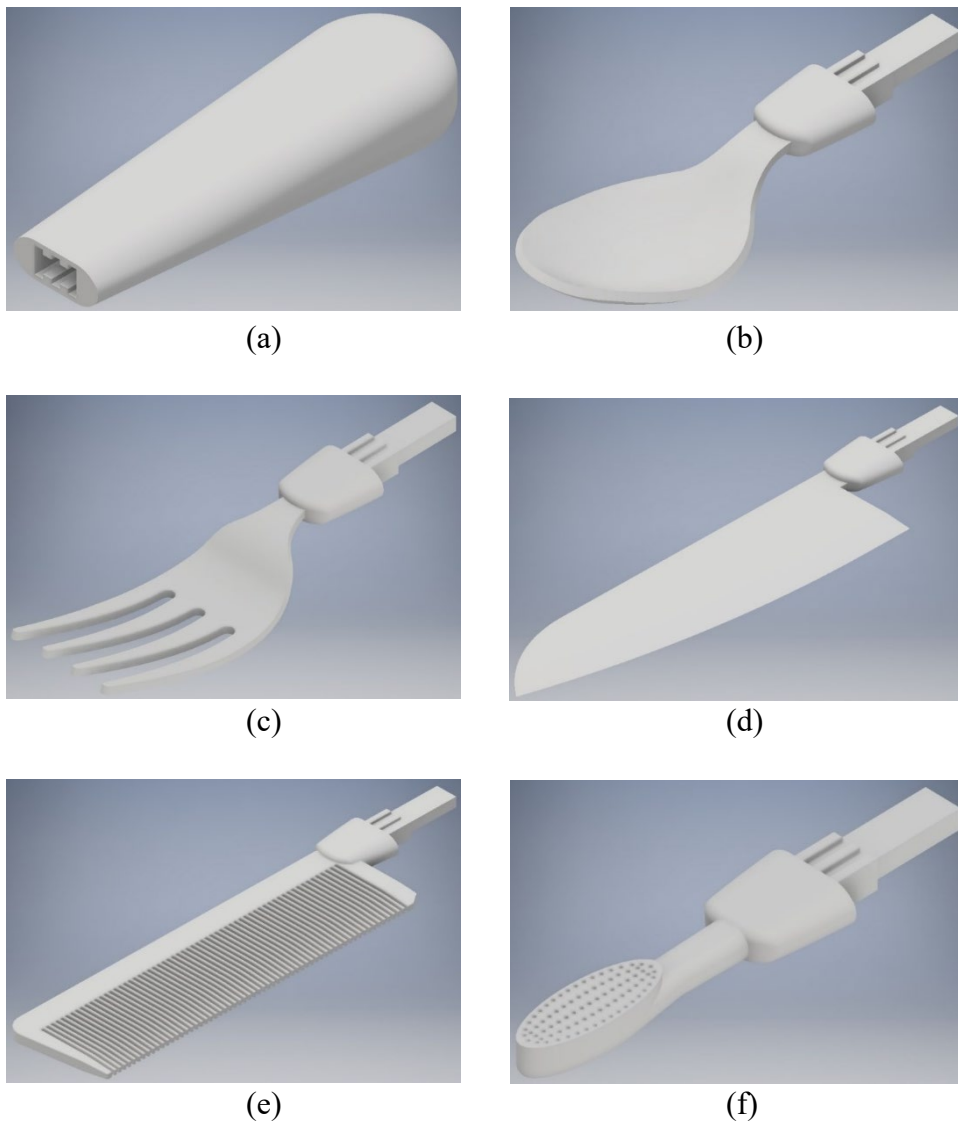
- Ringkas
- Mudah dibawa
- Ringan
- Aman
- Mudah digunakan

4.1.2. Dimensi Utama Produk

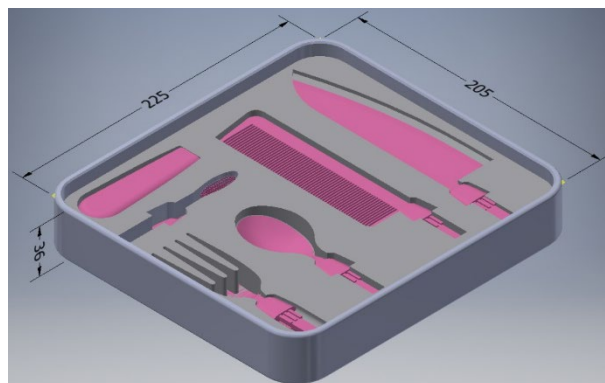
Ada beberapa produk yang menjadi ide desain, diantaranya adalah gagang, sendok, garpu, pisau, sisir, dan sikat gigi. Desain produk tersebut memiliki dimensi yang berbeda-beda, yaitu adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1. Dimensi Utama Produk

Nama Produk	Dimensi Utama Produk (panjang x lebar x tinggi)
Gagang (<i>handle</i>)	90,000 x 28,638 x 16,370 (mm)
Sendok (<i>spoon</i>)	115,726 x 40,925 x 17,717 (mm)
Garpu (<i>fork</i>)	127,632 x 34,290 x 18,817 (mm)
Pisau (<i>knife</i>)	202,158 x 45,156 x 8,000 (mm)
Sisir (<i>comb</i>)	179,045 x 43,862 x 8,000 (mm)
Sikat gigi (<i>toothbrush</i>)	97,402 x 20,288 x 8,200 (mm)



Gambar 4.1. (a) gagang, (b) sendok, (c) garpu, (d) pisau, (e) sisir, (f) sikat gigi



Gambar 4.2. Dimensi *Box*

4.2. Simulasi *Moldflow*

Software simulasi *moldflow* lebih dikenal para *engineer* yang berkecimpung dalam bidang *molding* terutama injeksi plastik, baik desainer ataupun *user* dari *molding* itu sendiri, dalam aplikasinya *software* ini cukup banyak membantu dalam memperkirakan bagaimana produk hasil injeksi berdasarkan konstruksi *molding* maupun parameter injeksi yang diaplikasikan.

Autodesk Moldflow Adviser memberikan analisa lengkap hasil injeksi berdasarkan struktur produk dan material yang digunakan, misal untuk mengetahui area *shortmold*, *pressure drop*, *filling time*, dan sebagainya. Dimana informasi tersebut dapat digunakan *mold* desainer sebagai referensi untuk mendesain konstruksi *molding* begitu pula bagi seorang desainer produk plastik untuk melihat *defect* yang mungkin terjadi sehingga *improvement* dapat dilakukan dari konstruksi produk.

Jadi ketika seorang *plastic engineer* dihadapkan pada suatu desain *part* plastik yang pertama dilakukan adalah analisa *part defect* dengan *Autodesk Moldflow Adviser* untuk menentukan *improvement* apa saja yang dapat dilakukan baik dari struktur *molding* yang akan dibuat atau desain *part* itu sendiri.

Dari hasil simulasi *Moldflow*, seorang *plastic engineer* dapat menentukan perbaikan apa saja yang bisa dilakukan sebelum suatu cetakan atau *molding* dibuat untuk menghasilkan produk seperti spesifikasi konsumen serta melihat cacat produk seperti apa yang mungkin terjadi dan apakah masih dalam level *acceptable* atau tidak.

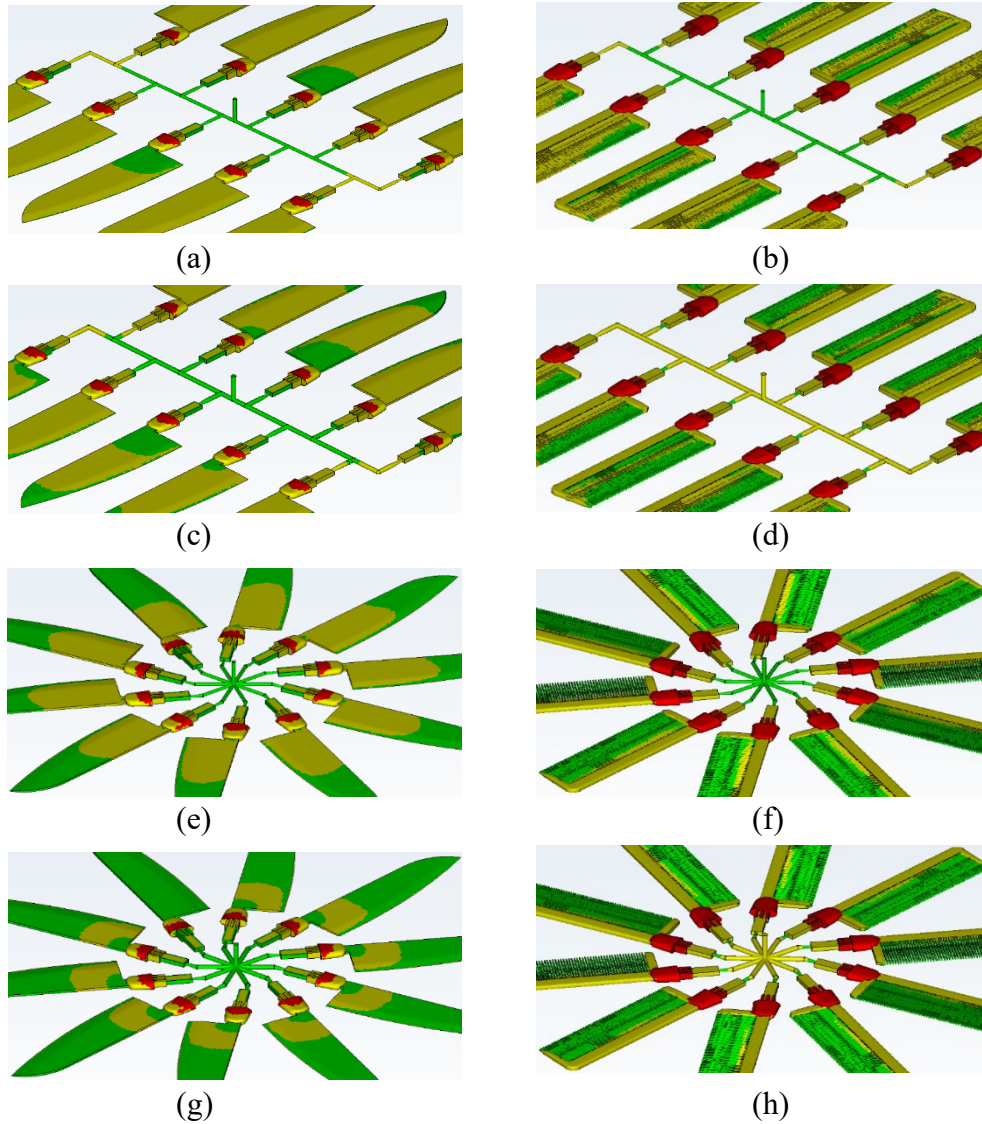
Secara garis besar untuk menghasilkan produk yang baik adalah bagaimana lelehan material plastik dapat memenuhi rongga di dalam *mold* dengan sempurna dengan *density* yang optimal tanpa mengabaikan *life-time* dari *molding* itu sendiri, tentu saja faktor *cost* produksi seperti *cycle-time* juga menjadi pertimbangan tersendiri bagi *designer tooling*, beberapa faktor tersebut dapat dijadikan *variable constraint* dalam *software* ini sebagai *item* optimasi.

Tabel 4.2. *Fill Time* dan *Quality Prediction*

Product	Layout	Runner Diameter (mm)	Fill Time (s)	Quality Prediction (%)		
				High	Medium	Low
Spoon	H	3	3.605	34	66	0
		4	3.442	66.3	33.7	0
	Star	3	3.287	78.7	21.3	0
		4	3.309	82.1	17.9	0
Fork	H	3	4.406	59.1	40.9	0
		4	4.379	75.3	24.7	0
	Star	3	4.222	80.9	19.1	0
		4	4.230	81.9	18.1	0
Knife	H	3	1.956	9.94	87.1	2.96
		4	2.449	22.4	74.7	2.9
	Star	3	2.009	46.3	50.8	2.92
		4	2.419	69.4	27.7	2.96
Comb	H	3	1.351	11.6	82.6	5.86
		4	1.336	28	66.2	5.82
	Star	3	1.271	60.6	33.6	5.84
		4	1.275	65.6	28.6	5.8
Toothbrush	H	3	0.4809	64	36	0
		4	0.4773	75	25	0
	Star	3	0.4636	74.1	25.9	0
		4	0.4628	75.4	24.6	0

Pada tabel di atas menunjukkan bahwa *fill time* yang paling cepat untuk produk sendok, garpu, dan sisir berada pada *star layout* dengan *runner diameter* 3 mm, sedangkan untuk produk pisau dan sikat gigi masing-masing berada pada *H layout* dengan *runner diameter* 3 mm dan *star layout* dengan *runner diameter* 4 mm. Pada tabel di atas juga menunjukkan bahwa *quality prediction* yang paling baik untuk produk sendok, garpu, pisau, sisir, dan sikat gigi berada pada *star layout* dengan *runner diameter* 4 mm.

4.2.1. *Quality Prediction*



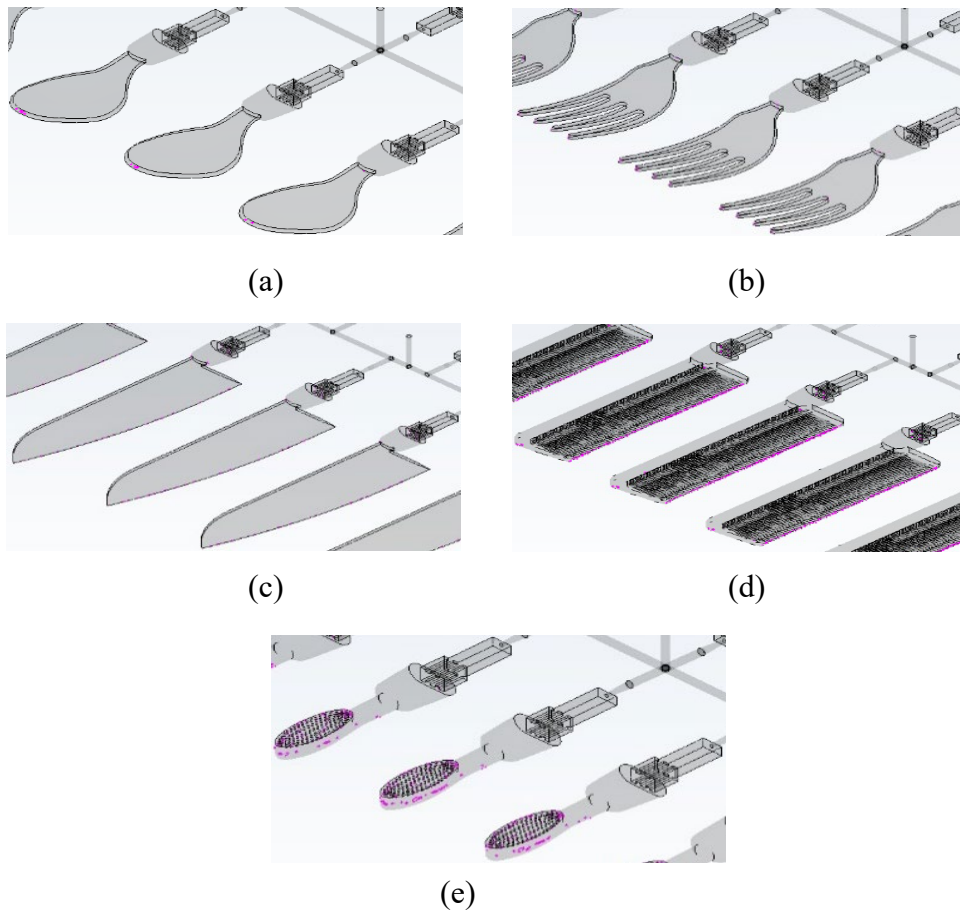
Gambar 4.3. (a) *Knife Quality Prediction H 3 mm*, (b) *Comb Quality Prediction H 3 mm*, (c) *Knife Quality Prediction H 4 mm*, (d) *Comb Quality Prediction H 4 mm*, (e) *Knife Quality Prediction Star 3 mm*, (f) *Comb Quality Prediction Star 3 mm*, (g) *Knife Quality Prediction Star 4 mm*, (h) *Comb Quality Prediction Star 4 mm*

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa produk pisau dan sisir memiliki kemungkinan kualitas yang kurang baik, hal ini dapat dilihat dari adanya indikator berwarna merah yang berarti kualitas *low*.

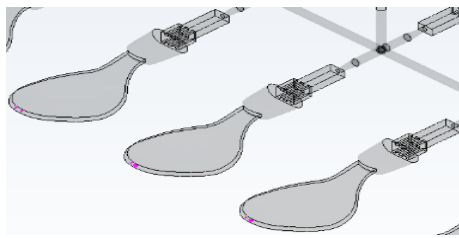
4.2.2. *Air Traps*

Air Traps terjadi di mana lelehan menjebak dan menekan gelembung udara atau gas antara dua atau lebih muka aliran yang konvergen, atau antara muka aliran dan dinding rongga. Biasanya, hasilnya adalah lubang kecil atau noda di permukaan bagian. Dalam kasus ekstrim, kompresi meningkatkan suhu ke tingkat yang menyebabkan plastik terdegradasi atau terbakar.

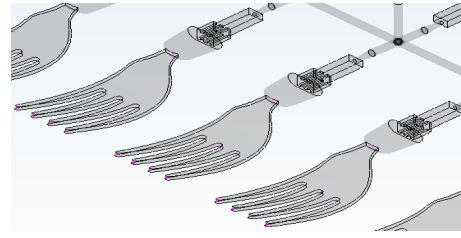
Air Traps sering kali disebabkan oleh konvergensi muka aliran yang disebabkan oleh pola pengisian yang tidak seragam atau tidak linier. Bahkan ketika bagian tersebut memiliki jalur aliran yang seimbang, ventilasi yang tidak memadai dapat menyebabkan *air traps* terjadi di ujung jalur aliran.



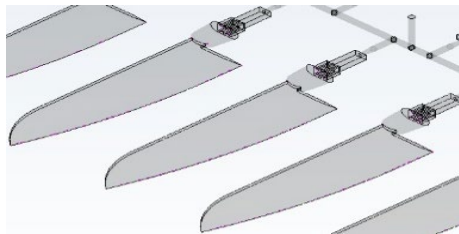
Gambar 4.4. (a) *Spoon Air Traps H 3 mm*, (b) *Fork Air Traps H 3 mm*, (c) *Knife Air Traps H 3 mm*, (d) *Comb Air Traps H 3 mm*, (e) *Toothbrush Air Traps H 3 mm*



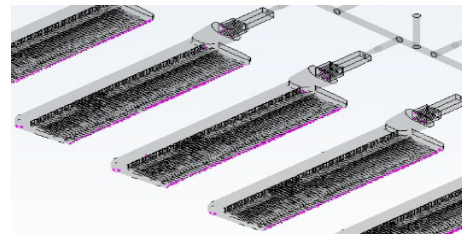
(a)



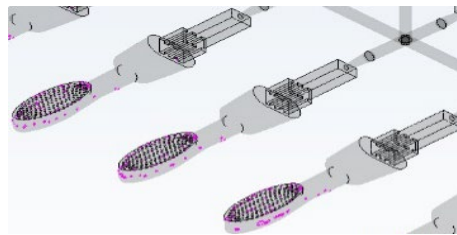
(b)



(c)

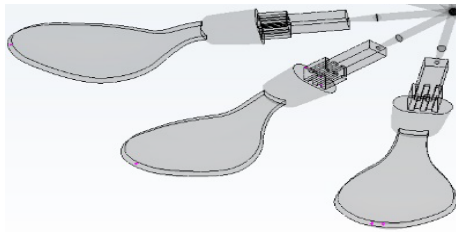


(d)

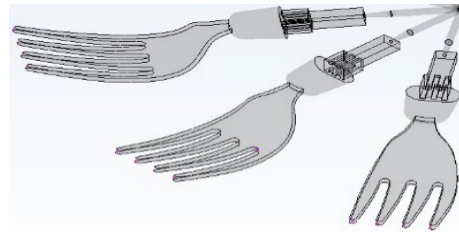


(e)

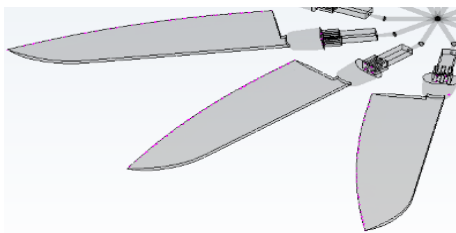
Gambar 4.5. (a) *Spoon Air Traps H 4 mm*, (b) *Fork Air Traps H 4 mm*, (c) *Knife Air Traps H 4 mm*, (d) *Comb Air Traps H 4 mm*, (e) *Toothbrush Air Traps H 4 mm*
mm



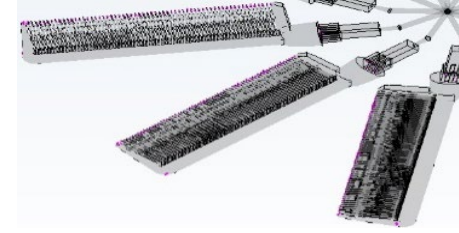
(a)



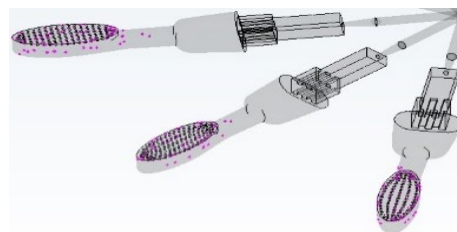
(b)



(c)

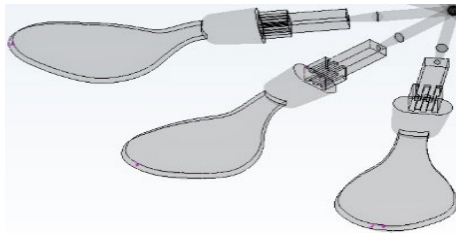


(d)

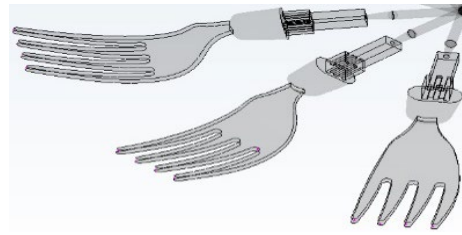


(e)

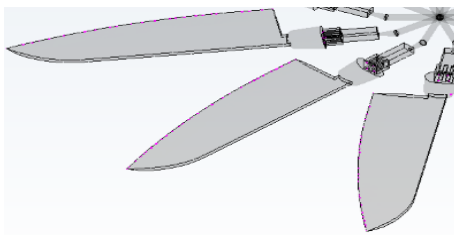
Gambar 4.6. (a) *Spoon Air Traps Star 3 mm*, (b) *Fork Air Traps Star 3 mm*, (c) *Knife Air Traps Star 3 mm*, (d) *Comb Air Traps Star 3 mm*, (e) *Toothbrush Air Traps Star 3 mm*



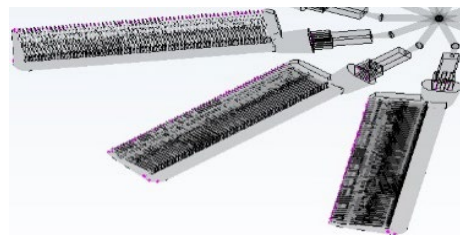
(a)



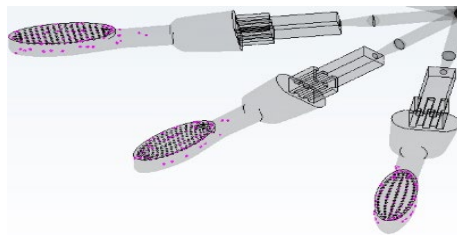
(b)



(c)



(d)



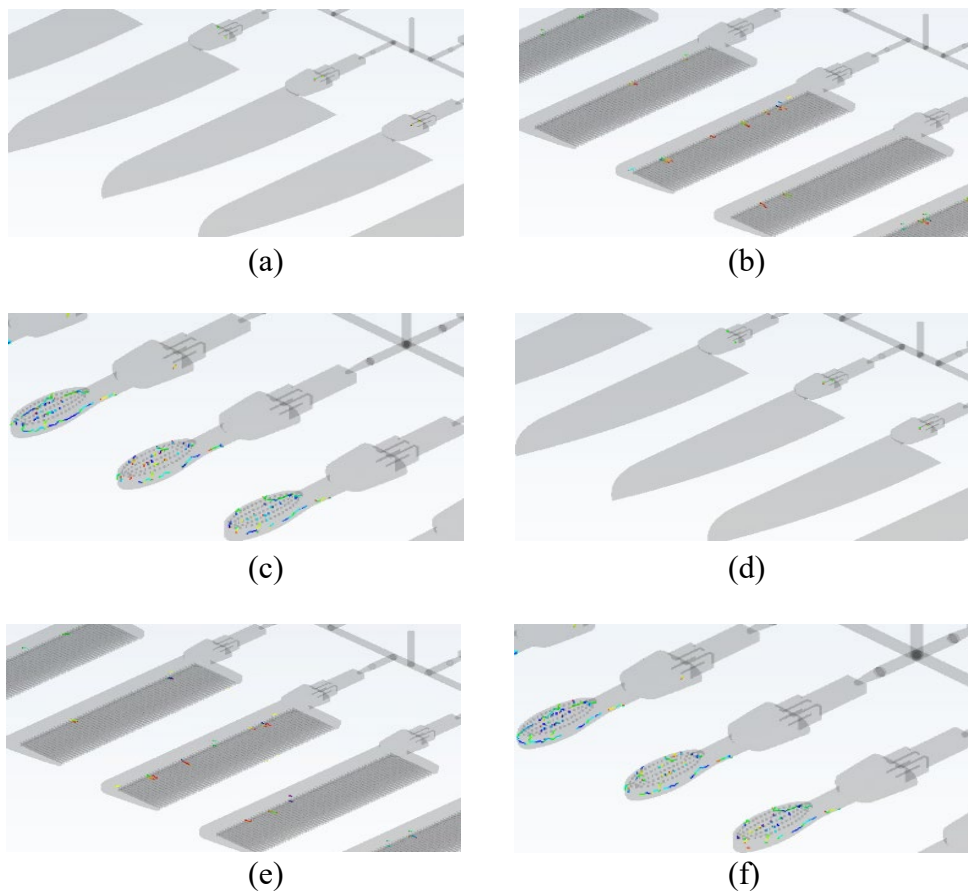
(e)

Gambar 4.7. (a) *Spoon Air Traps Star 4 mm*, (b) *Fork Air Traps Star 4 mm*, (c) *Knife Air Traps Star 4 mm*, (d) *Comb Air Traps Star 4 mm*, (e) *Toothbrush Air Traps Star 4 mm*

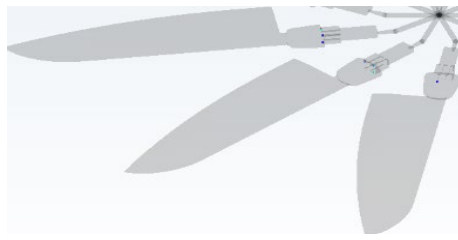
4.2.3. *Weld Lines*

Hasil *weld lines* menampilkan sudut konvergensi saat dua aliran bertemu. Kehadiran *weld lines* dapat menunjukkan kelemahan struktural dan/atau cacat permukaan.

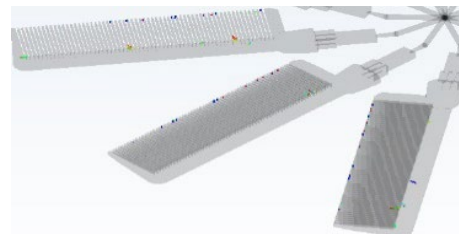
Kondisi pemrosesan membantu menentukan kualitas *weld lines*. Kekuatan *weld lines* dipengaruhi oleh suhu di mana *weld lines* terbentuk dan tekanan yang diberikan pada lasan sampai bagian tersebut membeku, tekanan 0 pada saat *weld lines* terbentuk. Biasanya lasan yang baik akan terjadi jika suhu lelehan pada *weld lines* saat terbentuk tidak lebih dari 20°C di bawah suhu injeksi.



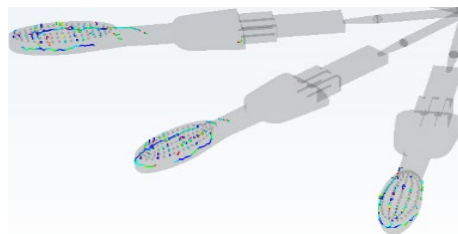
Gambar 4.8. (a) *Knife Weld Lines H 3 mm*, (b) *Comb Weld Lines H 3 mm*, (c) *Toothbrush Weld Lines H 3 mm*, (d) *Knife Weld Lines H 4 mm*, (e) *Comb Weld Lines H 4 mm*, (f) *Toothbrush Weld Lines H 4 mm*



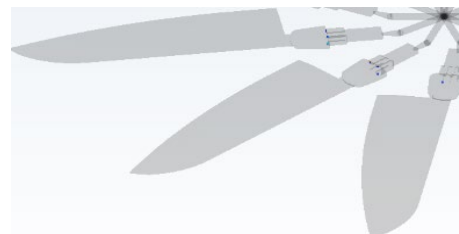
(a)



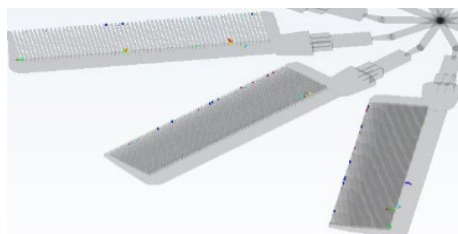
(b)



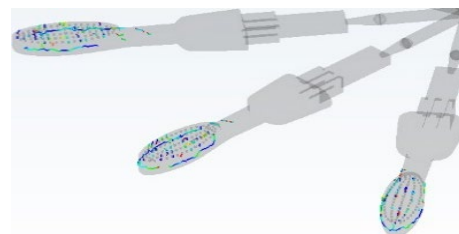
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 4.9. (a) *Knife Weld Lines Star 3 mm*, (b) *Comb Weld Lines Star 3 mm*, (c) *Toothbrush Weld Lines Star 3 mm*, (d) *Knife Weld Lines Star 4 mm*, (e) *Comb Weld Lines Star 4 mm*, (f) *Toothbrush Weld Lines Star 4 mm*

4.3. *Mold Design*

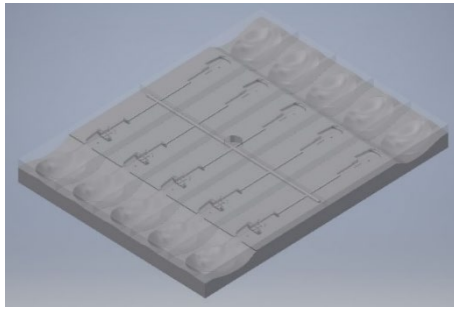
Perancangan *mold* dilakukan dengan melakukan pemilihan komponen yang sudah tersedia pada *software* dan menyesuaikan dengan desain yang sudah dibuat. Komponen yang dipilih antara lain adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3. *Mold Base Parts List* untuk Sendok

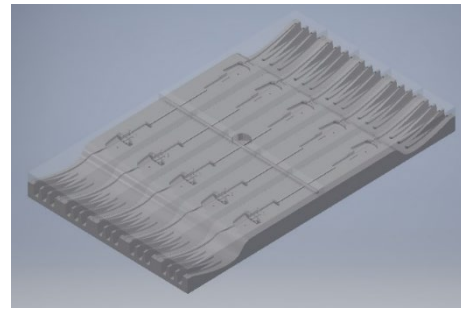
Nama	Material	Jumlah	Tipe
<i>Ejector Plate</i>	S 55 C	1	SA-EP-450x260x30
<i>Cylinder Head Cap Screw</i>	<i>Steel, Mild</i>	4	JIS 1176 M12x40
<i>Return Pin</i>	SUJ 2	4	M-RPN25x160
<i>Support Plate</i>	S 55 C	1	SA-SP-450x400x50
<i>GUIDE PIN</i>	SUJ 2	4	M-GPA35x87x39
<i>GUIDE BUSH</i>	SUJ 2	4	M-GBA 35x39
<i>Cylinder Head Cap Screw</i>	<i>Steel, Mild</i>	6	JIS 1176 M16x35
<i>Ejector pins-hardened</i>	DIN 1.2210	10	AH 1,5 -160
<i>Top Clamping Plate</i>	S 55 C	1	SA-TCP- 450x450x35x330
<i>Locating Ring</i>	S 45 C	1	LR-100-36
<i>Straight interlocks</i>	1.7131	4	FW 4540
<i>Sprue Bushing</i>	1.2826	1	Z51/18x76/3,5
<i>Cavity Plate</i>	S 55 C	1	SA-S-AP-450x400x40
<i>Ejector Retainer Plate</i>	S 55 C	1	SA-ERP-450x260x25
<i>Core Plate</i>	S 55 C	1	SA-S-BP-450x400x50
<i>Connector Plug</i>	<i>Copper, Cu</i>	16	"N 6-1/8" I"
<i>Spacer Block</i>	S 55 C	2	SA-SB-450x400x90
<i>Cylinder Head Cap Screw</i>	<i>Steel, Mild</i>	6	JIS 1176 M16x170
<i>Bottom Clamping Plate</i>	S 55 C	1	SA-BCP- 450x450x35x330

Tabel 4.4. *Mold Base Parts List* untuk Garpu

Nama	Material	Jumlah	Tipe
Ejector Plate	S 55 C	1	SA-EP-450x220x25
Cylinder Head Cap Screw	Steel, Mild	4	JIS 1176 M10x30
Return Pin	SUJ 2	4	M-RPN25x150
GUIDE PIN	SUJ 2	4	M-GPA30x87x49
Support Plate	S 55 C	1	SA-SP-450x350x45
GUIDE BUSH	SUJ 2	4	M-GBA 30x39
Cylinder Head Cap Screw	Steel, Mild	6	JIS 1176 M16x30
Ejector pins-hardened	DIN 1.2210	10	AH 1,5 -160
Cavity Plate	S 55 C	1	SA-S-AP-450x350x40
Top Clamping Plate	S 55 C	1	SA-TCP- 450x400x30x285
Locating Ring	ANFOR XC 38 TS	1	646-90-25-12,5
Sprue Bushing	1.2826	1	Z51/18x56/3,5
Straight interlocks	1.7131	4	FW 4540
Ejector Retainer Plate	S 55 C	1	SA-ERP-450x220x20
Core Plate	S 55 C	1	SA-S-BP-450x350x50
Connector Plug	Copper,Cu	16	"N 6-1/8" I"
Spacer Block	S 55 C	2	SA-SB-450x350x80
Cylinder Head Cap Screw	Steel, Mild	6	JIS 1176 M16x150
Bottom Clamping Plate	S 55 C	1	SA-BCP- 450x400x30x285



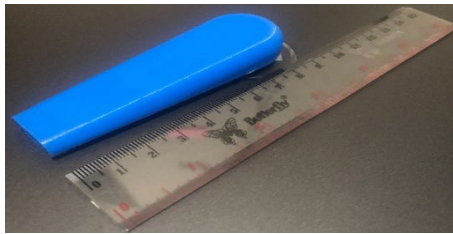
(a)



(b)

Gambar 4.10. (a) *Cavity dan Core* untuk Sendok, (b) *Cavity dan Core* untuk Garpu

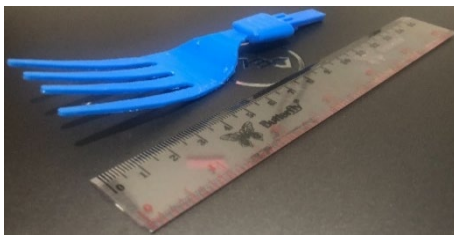
4.4. *Prototype*



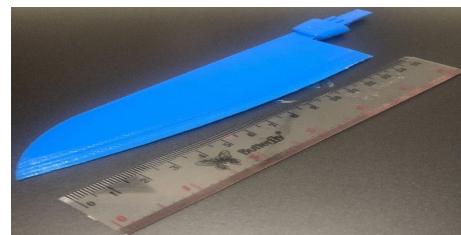
(a)



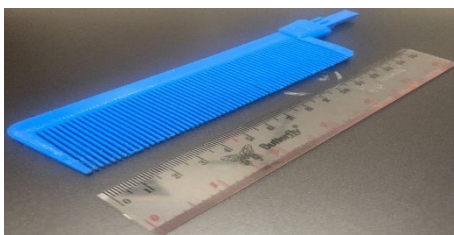
(b)



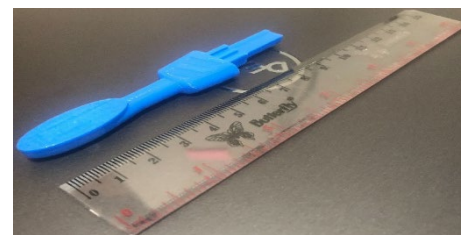
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 4.11. (a) *Handle Prototype*, (b) *Spoon Prototype*, (c) *Fork Prototype*, (d) *Knife Prototype*, (e) *Comb Prototype*, (f) *Toothbrush Prototype*



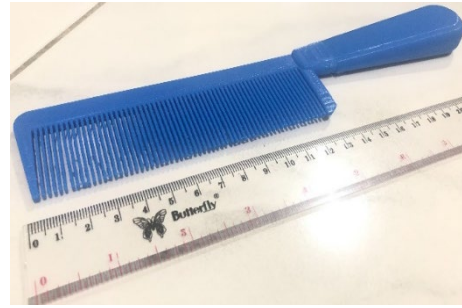
(a)



(b)



(c)



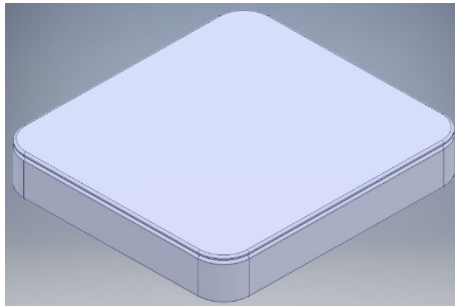
(d)



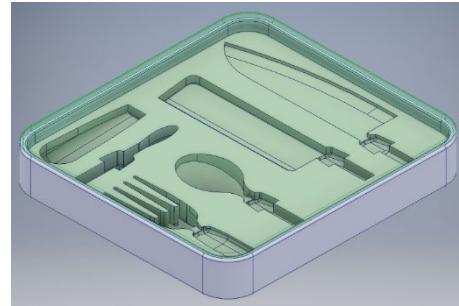
(e)

Gambar 4.12. (a) *Spoon Assembly Prototype*, (b) *Fork Assembly Prototype*, (c) *Knife Assembly Prototype*, (d) *Comb Assembly Prototype*, (e) *Toothbrush Assembly Prototype*

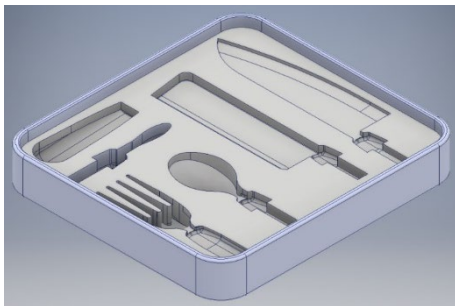
4.5. Box Design



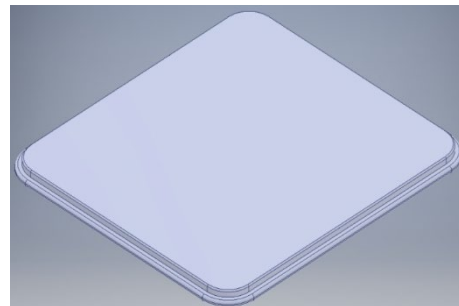
(a)



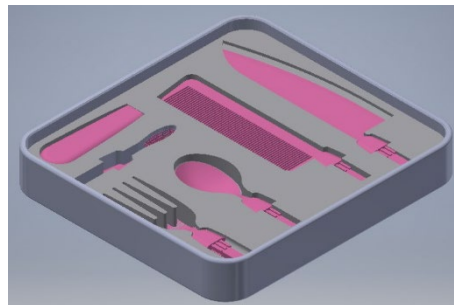
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 4.13. (a) *Box Design*, (b) *Box Design* dengan Tutup Transparan, (c) *Box Design* Tanpa Tutup, (d) Desain Tutup *Box*, (e) *Box Design* Dengan *Equipment*

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Telah dilakukan desain dan pembuatan *prototype* produk inovatif *personal equipment (cutlery extra)* untuk *camping/traveling*.
2. Dari hasil simulasi injeksi pada produk sendok, *fill time* paling cepat berada pada nilai 3.287 s, yaitu pada *star layout* dengan *runner diameter* 3 mm. Kemudian, *quality prediction* paling baik berada pada nilai *high* = 82.1 %, *medium* = 17.9 %, dan *low* = 0 %, yaitu pada *star layout* dengan *runner diameter* 4 mm. Sedangkan, pada produk garpu, *fill time* paling cepat berada pada nilai 4.222 s, yaitu pada *star layout* dengan *runner diameter* 3 mm. Kemudian, *quality prediction* paling baik berada pada nilai *high* = 81.9 %, *medium* = 18.1 %, dan *low* = 0 %, yaitu pada *star layout* dengan *runner diameter* 4 mm.
3. Telah dibuat desain *mold unit* tipe *cold runner* untuk produk sendok dan garpu dengan standar FUTABA.

5.2. Saran atau Penelitian Selanjutnya

1. Perancangan selanjutnya diharapkan untuk membuat *mold unit* secara lengkap dan detail secara nyata.
2. Perlu untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan saat memproduksi produk plastik, sebaiknya untuk menghitung *cycle time*.

DAFTAR PUSTAKA

Mawardi, Indra dan Hasrin Lubis. (2018). Proses Manufaktur Plastik dan Komposit. Yogyakarta:ANDI.

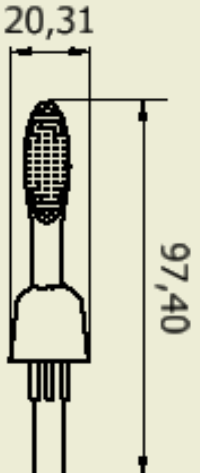
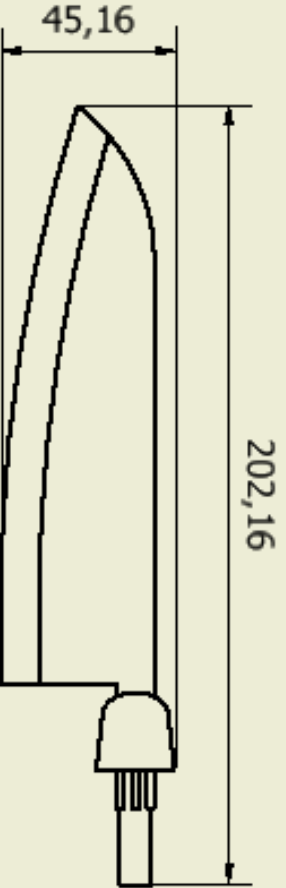
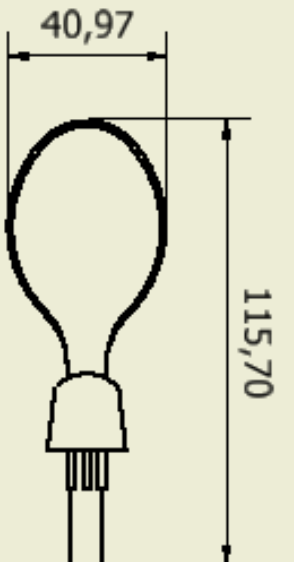
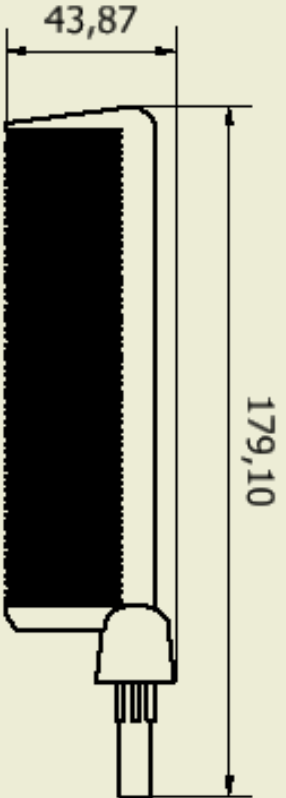
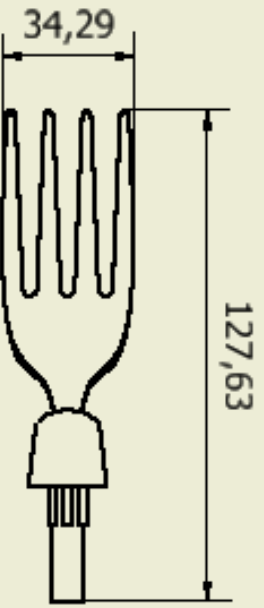
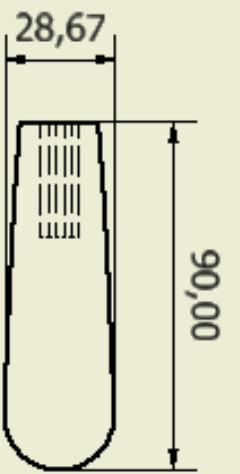
Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. Traksi Vol. 3 No. 2. Semarang:AMNI.

Sendi, Dwi Oktaviandi. (2012). Analisa Pengaruh Parameter Tekanan dan Waktu Penekanan Terhadap Sifat Mekanik dan Cacat Penyusutan Dari Produk Injection Molding Berbahan Polyethylene (PE), Skripsi S-1 Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon.

Siregar, Juliandi. (2019). Analisis Korelasi Suhu dengan Karakter Keramik Cordierite Secara Simulasi Mathematica 5.1. Medan:Guepedia.

Wardhani, Erfina Ayu. (2015). Optimasi Desain Mold Untuk Mereduksi Cacat Flash Dan Shrinkage Pada Produk Paku Kotak Dengan Menggunakan Software Simulasi Moldflow (Studi Kasus Pada PT. Prima Sakti), Skripsi S-1 Teknik Mesin, Universitas Jember, Jember.

Lampiran



Handle, Spoon, Fork, Knife,
Comb, Toothbrush

Designed by	NIM	Checked by	Date	Unit
Wellan Suwarno Putra	15525046		15/08/2021	mm

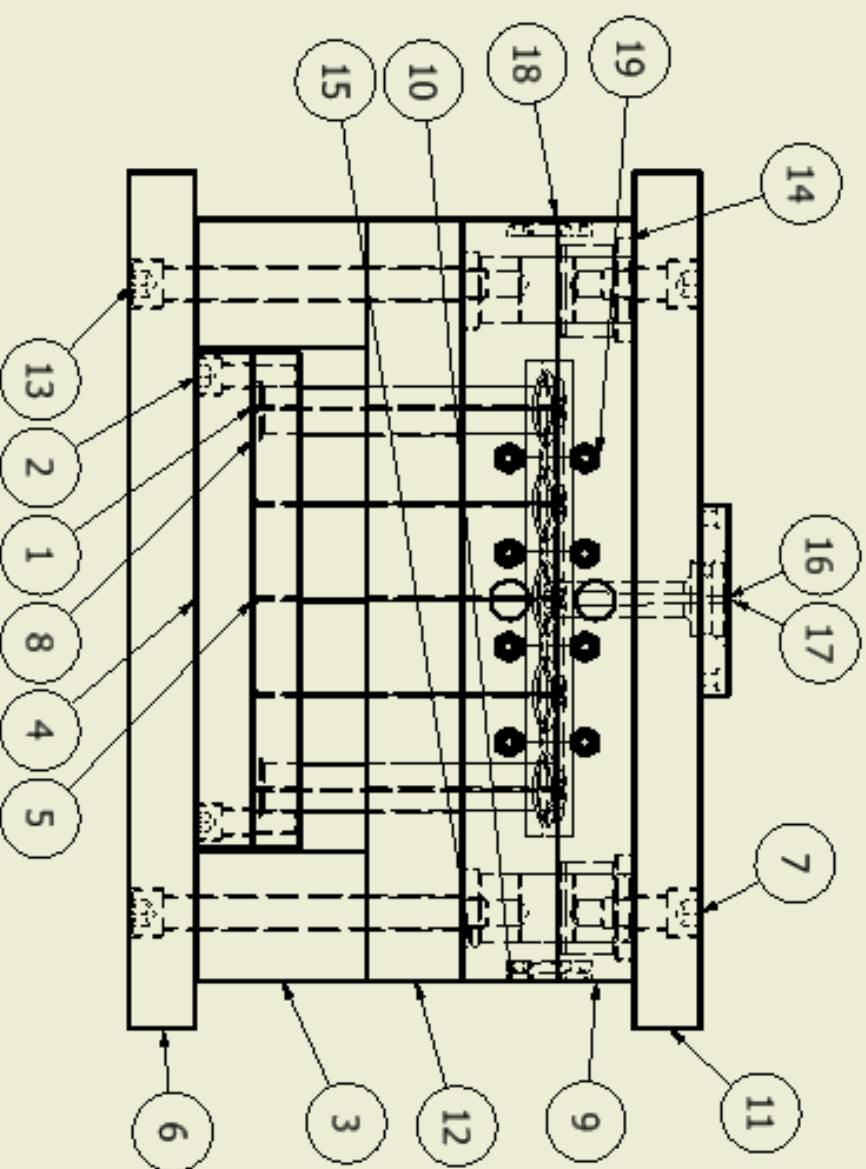
Personal Equipment

Universitas Islam Indonesia	Scale	Sheet
	1:2	1

Size
A4

PARTS LIST		
ITEM	QTY	DESCRIPTION
1	10	Ejector pins-hardened
2	4	Cylinder Head Cap Screw
3	2	Spacer Block
4	1	Ejector Plate
5	1	Ejector Retainer Plate
6	1	Bottom Clamping Plate
7	6	Cylinder Head Cap Screw
8	4	Return Pin
9	1	Cavity Plate
10	1	Core Plate
11	1	Top Clamping Plate
12	1	Support Plate
13	6	Cylinder Head Cap Screw
14	4	GUIDE BUSH
15	4	GUIDE PIN

PARTS LIST		
ITEM	QTY	DESCRIPTION
16	1	Sprue Bushing
17	1	Locating Ring
18	4	Straight interlocks
19	16	Connector Plug



Designed by	NIM	Checked by	Date	Unit
Wellan Suwarno Putra	15525046		15/08/2021	mm
<h1>Mold Base</h1>		<h2>Personal Equipment</h2>		Size
		Universitas Islam Indonesia	Scale	A4
				Sheet
				2