

BAB III

Metodologi Penelitian

Dalam bab ini akan dibahas mengenai identifikasi produk yang digunakan untuk penelitian dan diagram alir penelitian serta prosedur-prosedur dalam penelitian.

3.1. Pendekatan Penelitian

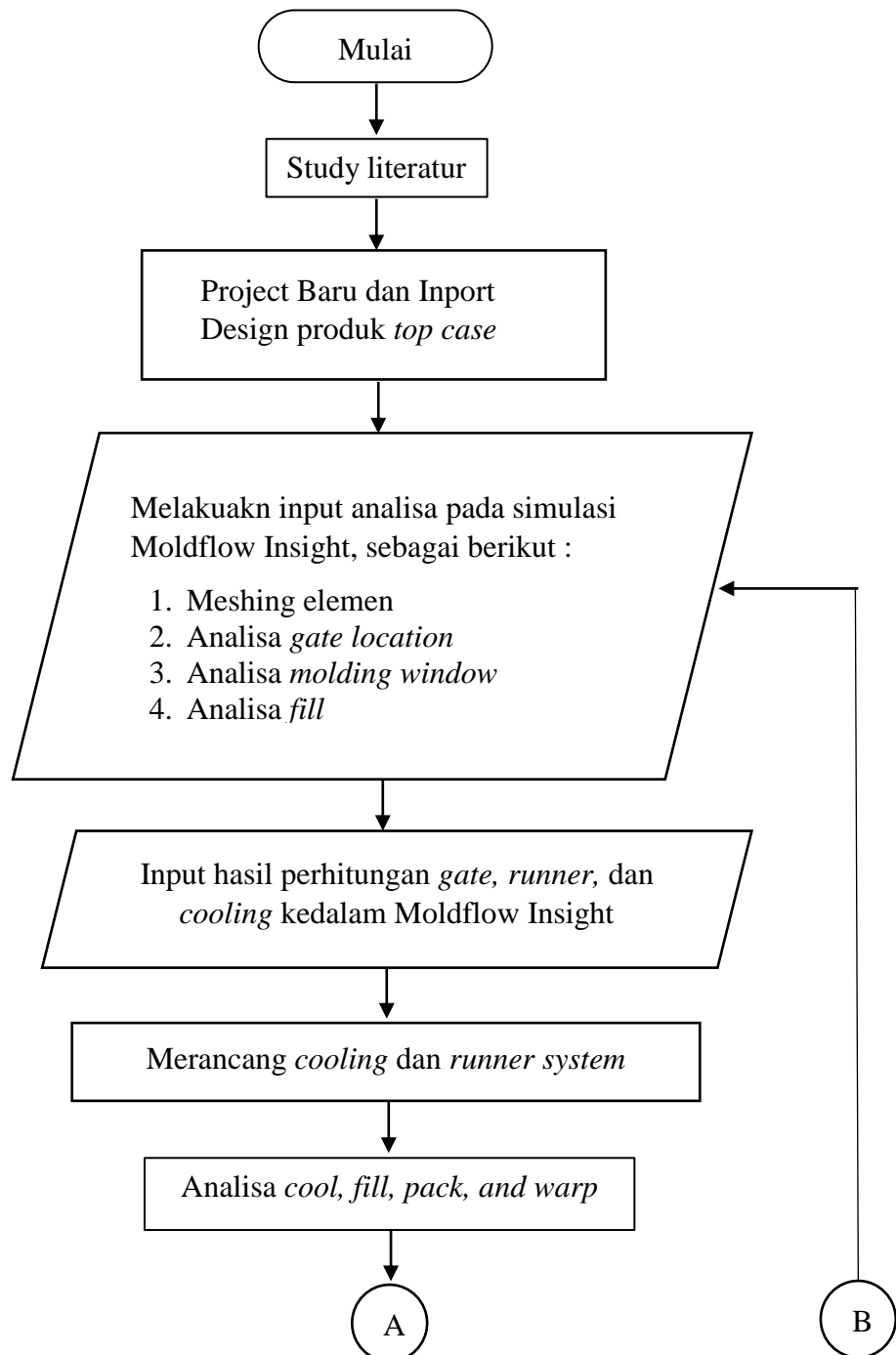
Idealnya, perancang desain produk harus dilibatkan dengan desain cetakan dari tahap awal konsep desain. Keterlibatan semacam itu sering kali menyediakan bagian plastik yang disempurnakan secara signifikan yang lebih fungsional dan efisien. Dapat dikatakan optimasi mengacu pada pemilihan elemen terbaik dari beberapa set alternatif yang tersedia. Dalam kasus yang paling sederhana, dapat diartikan sebagai pemecahan masalah dengan cara untuk meminimalkan atau memaksimalkan fungsi dengan sistematis memilih nilai-nilai variabel dalam set optimasi. Upaya Optimasi untuk meningkatkan kualitas ideal sebagaimana mesti produk akan digunakan untuk kebutuhan tertentu. Optimasi diperlukan untuk mempercepat waktu perencanaan, mengurangi kegagalan produksi dan meningkatkan kualitas produksi dalam proses injeksi plastik.

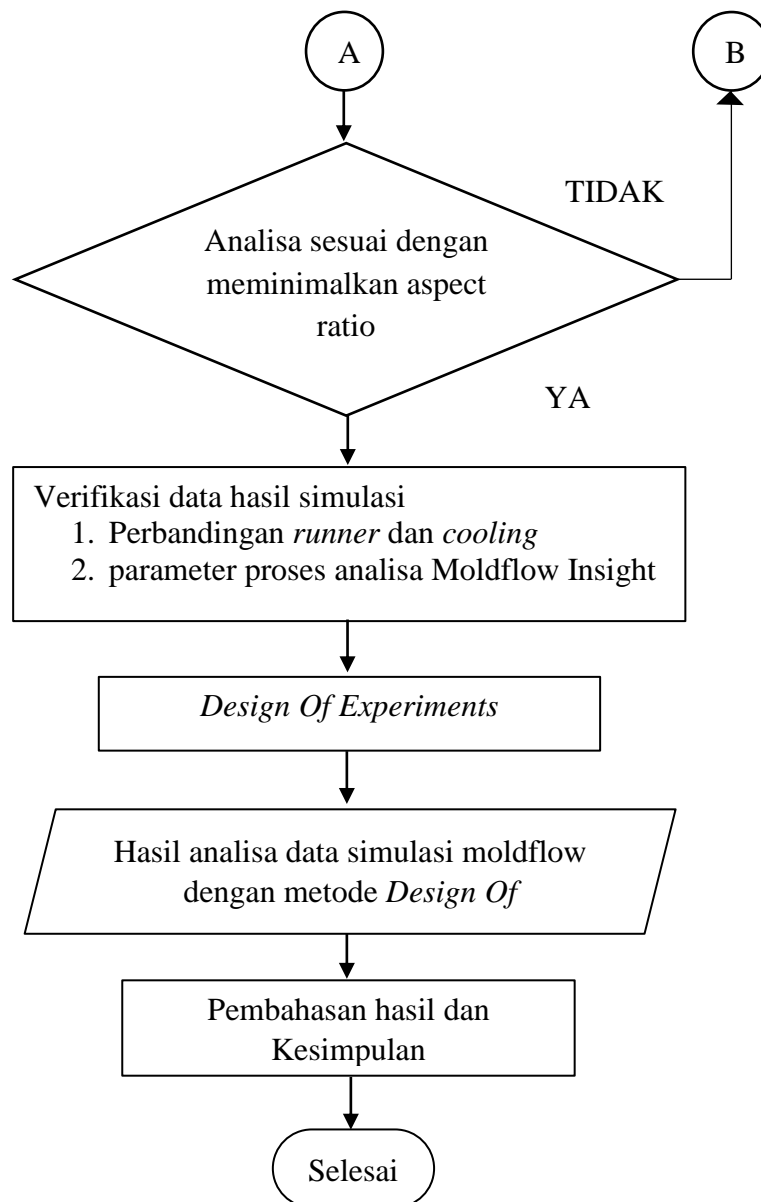
3.2. Study literatur

Study literatur merupakan proses pencarian referensi terkait yang akan dilakukan untuk membantu penelitian. Penulis mencari referensi terkait tentang penelitian, jurnal dan buku yang terkait tentang optimasi moldflow atau seputaran tentang moldflow. Penelitian ini juga melakukan simulasi langsung dengan *software* simulasi moldflow agar penulis mendapatkan data yang ideal.

3.3. Diagram Alir Perancangan

Perancangan ini dilakukan beberapa tahapan, mulai dari persiapan dengan mencari referensi pendukung, membuat rancangan desain produk serta analisa perhitungan rancangan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1

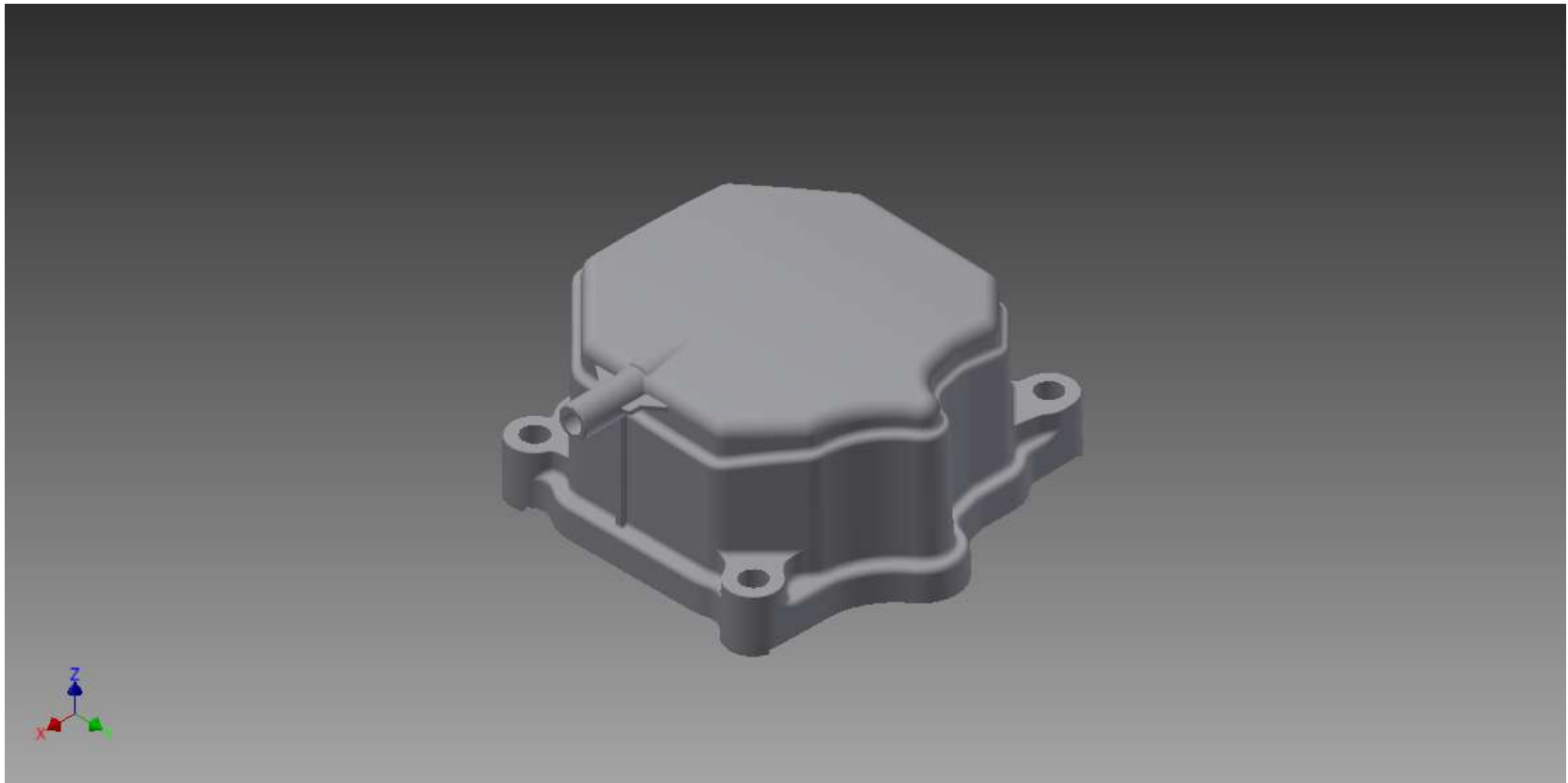




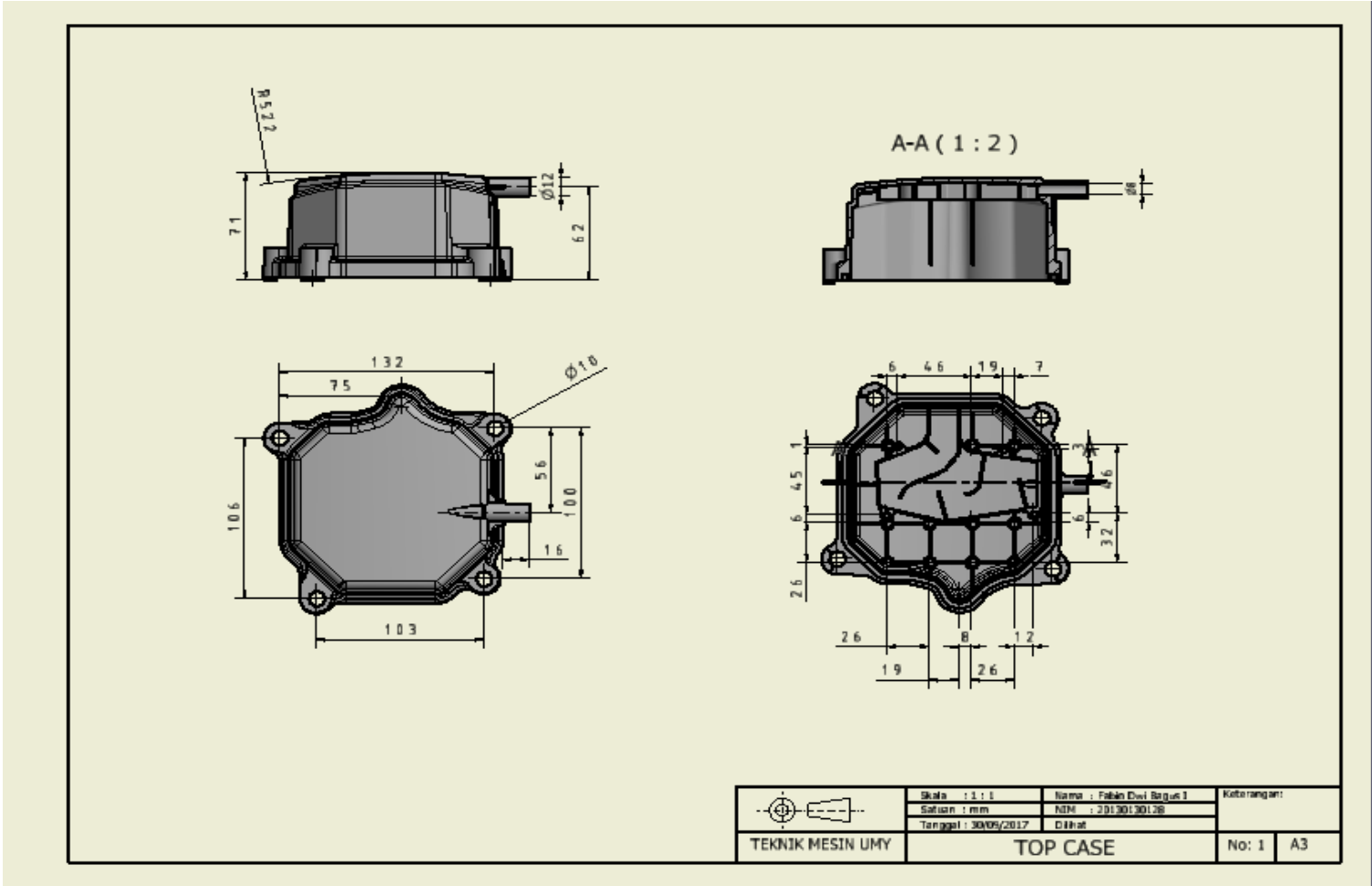
Gambar 3.1 Diagram alir simulasi desain *cooling* dan *runner system* untuk optimasi kualitas produk *top case*.

3.4. Gambar 3D dan 2D Produk

Model gambar 3D dan model 2D produk *top case* yang sudah terjadi sedikit perubahan dimensinya di desain menggunakan *software* Autodesk Inventor 2015, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2 dan *sketch* ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.2. Model 3D produk *top case*



Gambar 3.3. Model *sketch* 2D produk top case

3.5. Identifikasi Produk

Syarat dari simulasi produk adalah mengetahui terlebih dahulu data produk yang diperlukan untuk menentukan material produk yang akan disimulasikan. Pada tabel 3.1 menunjukkan data produk.

Tabel 3.1. Data Produk

Data Produk	
Nama	Top Case
Warna	Hitam
<i>Material</i>	<i>PA66 GF</i>
Deskripsi Produk	Part komponen pada mesin motor untuk melindungi pegas katup
<i>Dimensi produk</i>	152 mm x 150 mm x 71 mm
Tebal produk	4 mm
Berat Produk	60 gram

Dari data pada tabel diatas didapat identifikasi produk sampel, langkah untuk dapat membuat produk *top case* tidak selalu mengikuri dimensi kemudian sedikit melakukan perubahan rancangan dari produk sampel.

3.6. Tahap Analisa Moldflow Insight

A. Meshing Elemen

Sebelum menjalankan simulasi prosedur *meshing* harus dilakukan terlebih dahulu untuk analisis perangkat lunak untuk mengenali rancangan yang diperlukan. Setelah melakukan prosedur *meshing* akan mendapatkan sebuah poin penting yang disebut statistik jaring, parameter dan data statistik harus konsisten dengan pola aliran yang tepat untuk analisis.

Mesh memiliki nilai parameter utama yang perlu diamati, terutama :

- *Connectivity Region*
- Aspek Ratio

Berdasarkan data statistik mesh berikut yang sering muncul pada permasalahan mesh pada desain.

1. *Connectivity Region*

Parameter ini menggambarkan desain sebagai *entitas* tunggal untuk analisis, menunjukkan bahwa desain diperoleh sebagai satu kesatuan utuh untuk analisis.

2. Aspek Ratio

Pada parameter aspek ratio sangat penting untuk diamati karena semakin besar aspek ratio maka akan sangat mempengaruhi *error* pada *mesh*. Namun, aspek rasio dapat diperbaiki dengan cara *mesh diagnosis* atau menggunakan *translate* (memindahkan titik node menjauhi atau memberi ruang yang cukup untuk mesh).

Tabel 3.2. Detail pada simulasi *mesh*

Mesh Type	= Dual Domain
Mesh match percentage	= 77.0 %
Reciprocal mesh match percentage	= 63.2 %
Total number of nodes	= 4780
Total number of injection location nodes	= 1
The injection location node labels are:	
	577
Total number of elements	= 9324
Number of part elements	= 9324
Number of sprue/runner/gate elements	= 0
Number of channel elements	= 0
Number of connector elements	= 0
Parting plane normal	(dx) = 0.0000
	(dy) = 0.0000
	(dz) = 1.0000
Average aspect ratio of triangle elements	= 3.5073
Maximum aspect ratio of triangle elements	= 92.8215
Element number with maximum aspect ratio	= 60
Minimum aspect ratio of triangle elements	= 1.1613
Element number with minimum aspect ratio	= 656
Total volume	= 534.2830 cm ³
Volume filled initially	= 0.0000 cm ³
Volume to be filled	= 534.2830 cm ³
Part volume to be filled	= 534.2830 cm ³
Sprue/runner/gate volume to be filled	= 0.0000 cm ³
Total projected area	= 172.8150 cm ²

B. Pemilihan Material Plastik

Langkah ini adalah memilih material plastik dari bank data yang tersedia dan memasukkannya ke dalam *study*. Pemilihan ini merupakan langkah penting dari proses analisa, karena perbedaan material akan mempengaruhi perbedaan hasil. Data

material yang dipilih akan mempengaruhi *mold temperature*, *melt temperature*, viskositas, spesifikasi lainnya sesuai jenis material plastiknya.

PA (*polihexamethylene adipamide*), poliamida 66, atau nilon 66 (PA66) adalah termoplastik. PA66 memiliki kekuatan yang lebih tinggi namun dampak resistensi yang lebih rendah daripada PA6. Aplikasi penggunaan material meliputi industri otomotif, alat perumahan dan lainnya, dampak resistensi dan kekuatan yang diperlukan dengan PA6 untuk sebagian besar aplikasi. Berikut kondisi material pada injection molding dan detail material pada moldflow.

1. Kondisi material pada injection molding.

- Pengerinan

Pengerinan ini tidak diperlukan jika material tertutup pada tempatnya sehingga suhu terjaga. Namun, jika tempat material dibiarkan terbuka, pengerinan dalam *hopper* perlu dilakukan dengan suhu 85°C.

- Suhu leleh material PA66

- 260° C-290°C

- 275° C-280°C untuk nilai *glassfiber*.

- Suhu cetakan

Pada suhu cetakan 80°C, tingkat bagian berdinding tipis mempengaruhi sifat fisik. Dalam kasus bagian berdinding tipis, bagian berubah dengan waktu ketika suhu cetakan kurang dari 40°C yang digunakan. Dalam kasus tersebut, pelunakan material diperlukan untuk mempertahankan stabilitas dimensional.

Tabel 3.3. Sifat phisis, mekanis, termal PA6 &PA66 (Budiyantoro, 2009).

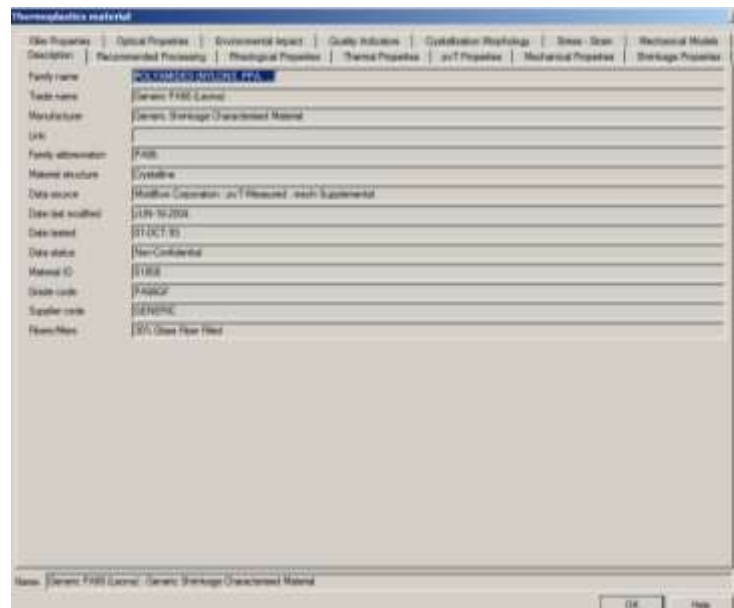
Properties	PA 6	PA 66
<u>Phisis</u>		
Density, ρ [g/cm ³]	1,13	1,14
Water Absorption (saturated), [%]	10	9
Water Absorption (23°C, 50% Rel.Hum.), [%]	3	2,5
<u>Mekanis</u>		
Tensile Strength, σ [MPa]	80	85
E-Modulus, E [MPa]	1400	2000
Elongation at Break, ε [%]	200	150
Ball Indentation Hardness	75	100
<u>Thermal</u>		
Melt Temperature, T_m [°C]	230	265
Thermal Conductivity, [W/mK]	0,29	0,23
Glass Transition Temperature, T_g [°C]	78	90

Tabel 3.4. Sifat-sifat dan parameter proses injeksi untuk Generic PA66 GF 30
(Leona) (M-Base, 2017)

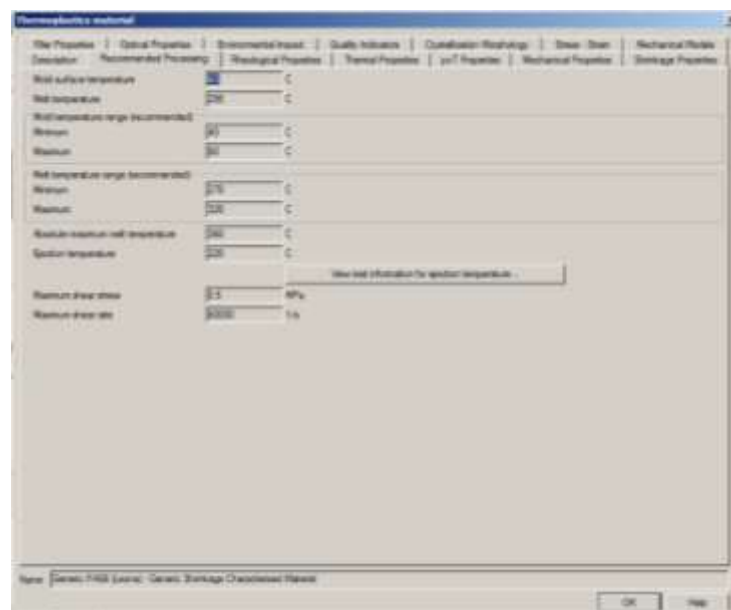
Processing/Physical Characteristics	Value	Unit	Test Standard
ASTM Data			
Density	1390	kg/m ³	ASTM D 792
Mechanical properties			
dry / cond			
Unit			
Test Standard			
ISO Data			
Tensile Modulus	9800 / 7800	MPa	ISO 527-1/-2
Stress at break	208 / 143	MPa	ISO 527-1/-2
Strain at break	4 / 6	%	ISO 527-1/-2
Charpy impact strength, +23°C	90 / 97	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Charpy notched impact strength, +23°C	13 / 16	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Flexural modulus, 23°C	9600 / 6700	MPa	ISO 178
Rockwell hardness	R 120	-	ISO 2039-2
ASTM Data			
Tensile Strength	210 / 135	MPa	ASTM D 638
Elongation at Break	3 / 5	%	ASTM D 638
Flexural Modulus	10400 / 6300	MPa	ASTM D 790
Flexural Strength	325 / 210	MPa	ASTM D 790
Rockwell Hardness	M 96 /	-	ASTM D 785
Taber Abrasion Resistance	15	mg/1000 cycles	ASTM D 1044
Izod Impact notched, 1/8 in	0.13 / 0.17	kJ/m	ASTM D 256
Thermal properties			
dry / cond			
Unit			
Test Standard			
ISO Data			
Temp. of deflection under load, 1.80 MPa	250 / *	°C	ISO 75-1/-2
Temp. of deflection under load, 0.45 MPa	260 / *	°C	ISO 75-1/-2
Burning behav. at thickness h	HB / *	class	IEC 60695-11-10
Thickness tested	0.8 / *	mm	-
ASTM Data			
UL 94 Flame rating	HB	-	UL 94
Thickness tested	0.75	mm	-
Coefficient of Thermal Expansion, MD	20	E-6/K	ASTM D 696
DTUL @ 66 psi	260	°C	ASTM D 648
DTUL @ 264 psi	250	°C	ASTM D 648
Thermal Conductivity, solid state	0.3	W/(m K)	ASTM C 177
Electrical properties			
dry / cond			
Unit			
Test Standard			
ISO Data			
Volume resistivity	1E13 / -	Ohm*m	IEC 60093
Electric strength	33 / -	kV/mm	IEC 60243-1
Comparative tracking index	425 / -	-	IEC 60112
ASTM Data			
Dielectric Strength, Short Time	33 / -	kV/mm	ASTM D 149
Surface Resistivity	* / 1E15	Ohm	ASTM D 257
Volume Resistivity	1E15 / -	Ohm*cm	ASTM D 257
Other properties			
dry / cond			
Unit			
Test Standard			
ISO Data			
Humidity absorption	1.7 / *	%	Sim. to ISO 62
Density	1390 / -	kg/m ³	ISO 1183
Characteristics			
Processing			
Injection Molding			
Delivery form			
Pellets			
Special Characteristics			
Heat stabilized or stable to heat			
Applications			
Automotive, Electrical and Electronics			

2. Detail material pada moldflow insight

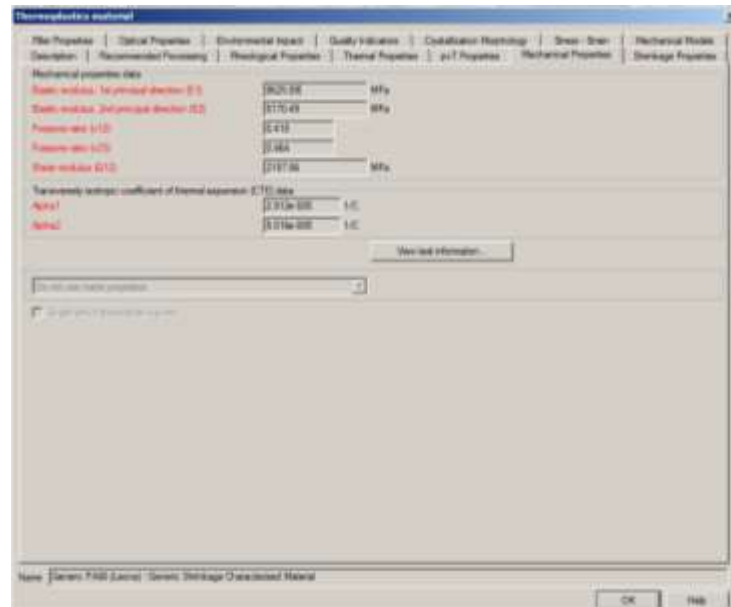
Pada penelitian ini detail material yang digunakan yaitu PA66 dan propertis mengikuti material yang sudah ada pada parameter moldflow insight.



Gambar 3.4. *Description material* moldflow insight



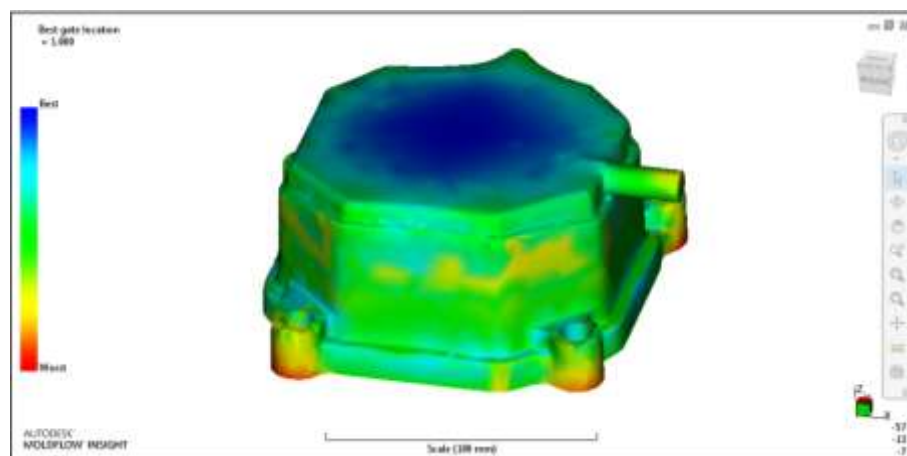
Gambar 3.5. *Recommended processing material* moldflow insight



Gambar 3.6. Mechanical properties material moldflow insight

C. Analisa Gate Location

Gate adalah saluran yang menghubungkan antara cavity dan runner system. Dengan analisa *sequence* ini, moldflow memberi saran penempatan lokasi gate yang paling efektif. Lokasi gate yang disarankan ini menjadi acuan *mold maker* untuk membuat runner system nya. Dari analisa *gate location* yang didapat adalah lokasi gate yang ideal, berikut gambar 3.4. lokasi gate berdasarkan simulasi moldflow.



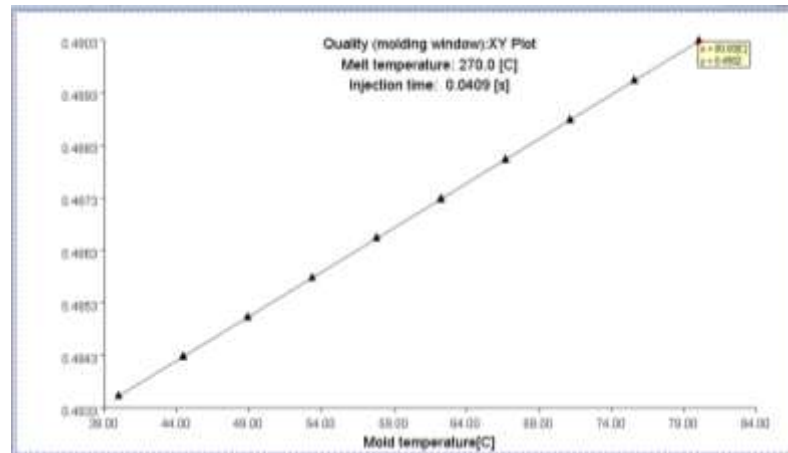
Gambar 3.7. Gate Location

Pada Gambar 3.7 menunjukkan lokasi gate yang disarankan oleh simulasi moldflow insight ditunjukkan pada warna biru. Warna biru disini mengartikan bahwa lokasi *gate* merupakan lokasi yang sangat baik digunakan untuk menempatkan *gate* karena menghasilkan aliran yang radial terlihat letak yang simetris sehingga distribusi material, temperatur material dan tekanan material akan sama. Sedangkan warna hijau adalah pilihan alternatif ketiga setelah warna biru muda, tidak salah untuk mengganti posisi diantara kedua warna tersebut ketika warna biru tidak berada diposisi yang memungkinkan. Kemudian untuk warna kuning dan merah sangat tidak direkomendasikan karena di daerah tersebut menimbulkan aliran linier dilihat dari ratanya permukaan produk sehingga meningkatkan tegangan dan cacat *warpage*.

D. Analisa *Molding Window*

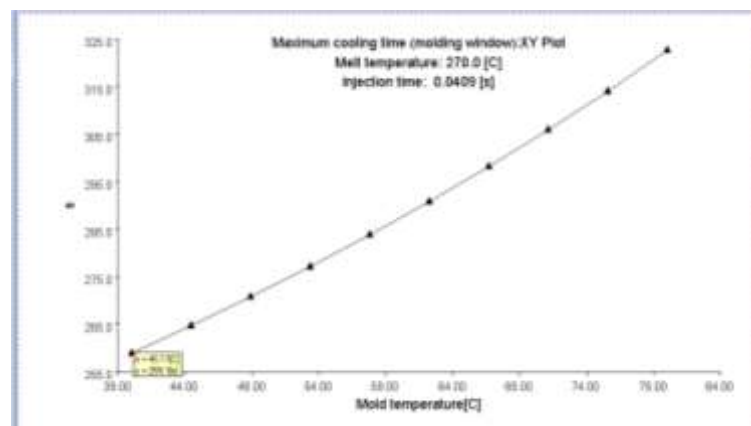
Analisis *Molding Window* digunakan untuk menghitung setting proses pendahuluan terbaik untuk studi. Analisis ini dengan cepat memberi rekomendasi untuk waktu injeksi, suhu cetakan, dan suhu leleh untuk digunakan sebagai masukan awal untuk analisis selanjutnya.

Dari analisis *molding window* didapat rekomendasi-rekomendasi dari beberapa parameter untuk selanjutnya dilakukan analisis *fill*. Rekomendasi yang diperlukan dalam optimasi ini dibutuhkannya setting parameter untuk meningkatkan kualitas dimana dalam beberapa grafik yang dipresentasikan oleh *molding window* hanya beberapa faktor yang digunakan. Berikut beberapa rekomendasinya :



Gambar 3.8. Grafik *quality*

Pada gambar 3.8, presentase grafik rekomendasi *quality* hasil analisa *molding window* merekomendasikan untuk setting parameter menunjukkan variabel x 80°C dan variabel y 0,4902 s dimana variabel tersebut dapat divariasikan, *melt temperatur* 270°C dan minimum *injection time* 0,0409 s berdasarkan dari kostanta *quality*. Berdasarkan hasil analisa *molding window*, maka dalam percobaan meningkatkan hasil kualitas produk akan menerapkan rekomendasi *molding window*.



Gambar 3.9. Grafik maximum cooling time

Dari Gambar 3.9. menunjukkan *cooling time* pada kostanta *melt temperatur* 270°C dan *injection time* 0,0409 s. Maka *molding window* merekomendasikan untuk variabel x dan y tertinggi maupun terendah berkisar pada *mold temperature* 80°C dan

322,6 s untuk variabel x dan y tertinggi, begitujuga untuk variabel x dan y tertinggi maupun terendah berkisar pada *mold temperature* 40⁰C dan 259 s untuk variabel x dan y terendah.

Dari gambar grafik 3.8 dan 3.9 menunjukkan bahwa *molding window* menyediakan beberapa rekomendasi untuk membantu setting parameter untuk analisa *fill* begitu juga untuk analisa selanjutnya.

E. Analisa *Fill*

Dalam simulasi produk *top case*, alasiswa *fill* ini digunakan untuk tahap awal untuk mengidentifikasi parameter produk dengan tujuan memberikan informasi proses pengisian optimal. Sistem kerja *fill* akan menampilkan beberapa faktor yaitu *machine setup, pressure at V/P switchover, bulk temperature, shear rate(bulk), pressure at injection location:XY plot, frozen layer fraction, shot weight, average fiber orientation, average velocity, bulk temperature, clamp force, flow rate(beam), frozen layer, presure, pressure at end fill, shear stress at wall*. Dari beberapa faktor simulasi berikut dapat disimpulkan untuk pertimbangan setting parameter optimal.

F. Analisa *Cool, Fill, Pack And Warp*

Analisa Cool, Fill Pack and Warp bertujuan untuk memeriksa keseluruhan dari hasil perancangan sebelum dianalisa. Kegagalan yang akan terjadi akan terdeteksi dalam simulasi moldflow. Sehingga penelitian dapat diperbaiki sebelum dianalisa.

G. Verifikasi Data Hasil Simulasi

Penentuan parameter proses penting untuk hasil percobaan mempertimbangkan batasan operasional, segala perubahan yang memungkinkan untuk dilakukan dalam setting parameter untuk mendapatkan hasil batasan kegagalan produk karena permasalahan *shrinkage* dan *sinkmark*.

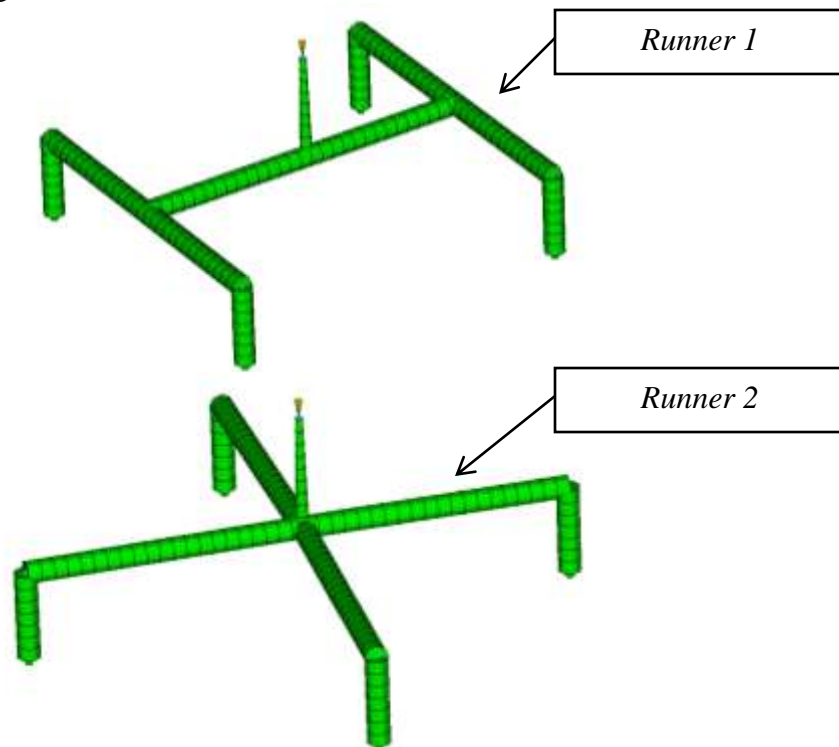
H. DOE (*Design Of Experiments*)

Analisa *Design Of Experiments* adalah penentuan parameter proses yang digunakan dalam penelitian berdasarkan dengan salah satu untuk mendapatkan parameter proses yang berpengaruh besar terhadap cacat. DOE juga menganalisis bagaimana kualitas suatu bagian saat variabel input berubah.

3.7. Tahap Perancangan *Cooling* Dan *Runner*

Merancang *cooling* dan *runner system*

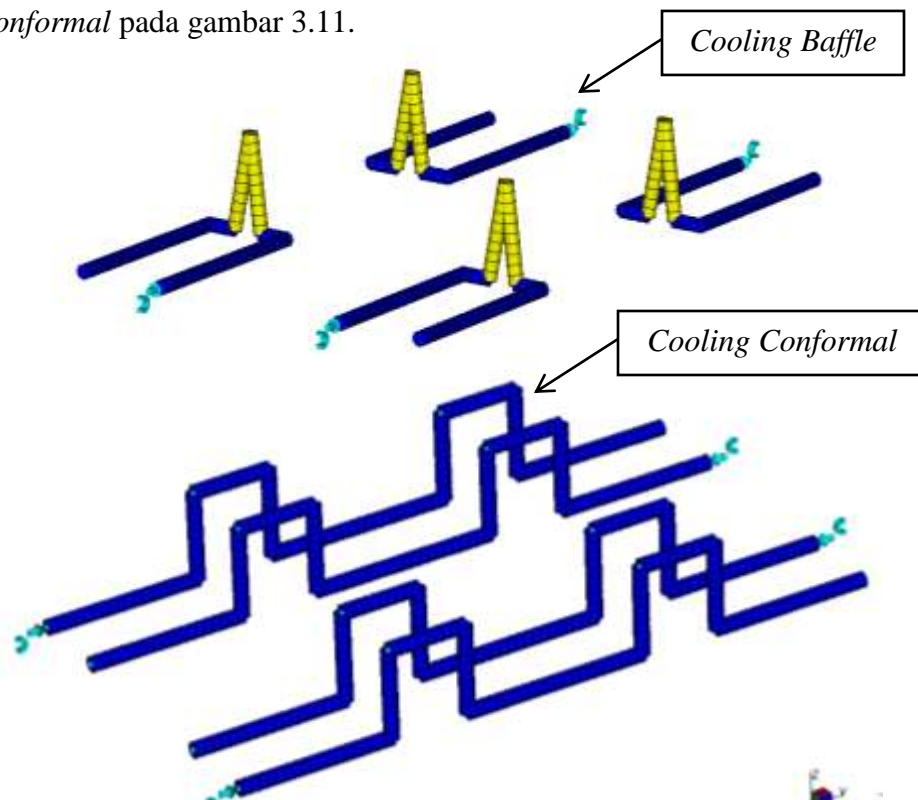
- a. Desain *runner system* yang baik akan meningkatkan efisiensi waktu pada pengisian produk. Dalam penelitian ini terdapat dua *layout* dan diameter *runner system* yang berbeda, dengan diameter masing-masing 10 mm dan 12 mm. Pertimbangan tersebut dibandingkan sehingga dalam percobaan akan dihasilkan alur *layout* dan diameter yang efisien. Berikut gambar *layout runner* pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. *Runner 1* dan *runner 2*

b. Merancang *cooling system* diperlukan untuk mendinginkan selama proses injection molding biasanya mewakili sekitar 2/3 dari total waktu siklus, posisi *cooling system* mempengaruhi *shrinkage*. Desain *cooling* yang baik akan meningkatkan efektifitas pendinginan produk. Dalam penelitian ini terdapat dua *cooling baffle* dan *cooling conformal* dibandingkan untuk mendapatkan proses pendinginan yang optimal, berikut perbandingan antara *cooling baffle* dan *cooling conformal*.

- Pemilihan *cooling baffle* bertujuan untuk mengatur dan mengarahkan cairan pendingin dapat terdistribusi pada daerah yang sulit untuk terjangkau pendinginan tanpa memalui celah *cavity*.
- Pemilihan *cooling conformal* untuk pendinginan kompleks dengan suatu bagian dapat dicapai dengan menggunakan bentuk pendinginan yang mengikuti kontur bagian. Berikut gambar *cooling baffle* dan *cooling conformal* pada gambar 3.11.



Gambar 3.11. *Cooling baffle* dan *Cooling conformal*

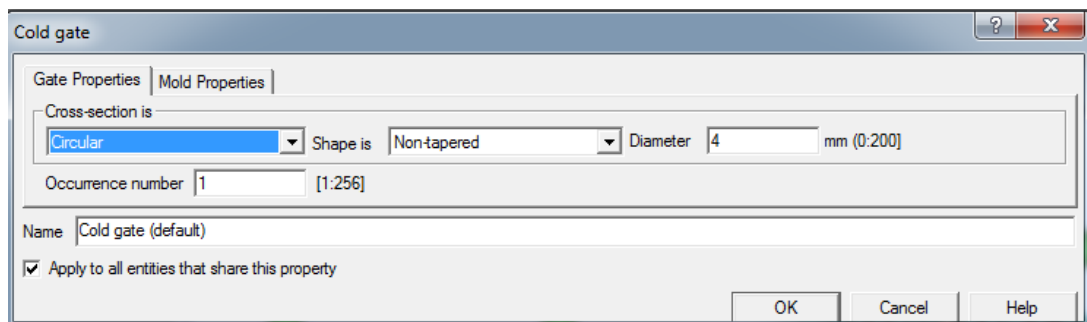
3.8. Input Data Hasil Perhitungan Gate, Runner, dan Cooling pada *Moldflow Insight*

Sebelum data diinput dalam hasil perhitungan kedalam moldflow insight terlebih dahulu menentukan material PA66 kedalam setting material. Kemudian dilanjutkan input hasil perhitungan dibawah ini.

a. Input hasil perhitungan *gate*

Setelah melakukan perhitungan dengan asumsi awal diameter gate lebih tebal produk untuk mencari *sharerate maximal* yang mendekati *sharerate maximal* pada material dari hasil pembagian antara shot volume dan injection time, perhitungan dapat dilihat pada lampiran perhitungan no 1.

Kemudian didapatkan hasil dari diameter gate minimal yaitu 3,2 mm lebih kecil dari tebal produk sehingga dapat digunakan sebagai diameter *gate* karena *share rate maximum* dari diameter 3,2 mm mendekati nilai *sharerate* pada material. Input diameter gate dapat dilihat pada gambar 3.12.

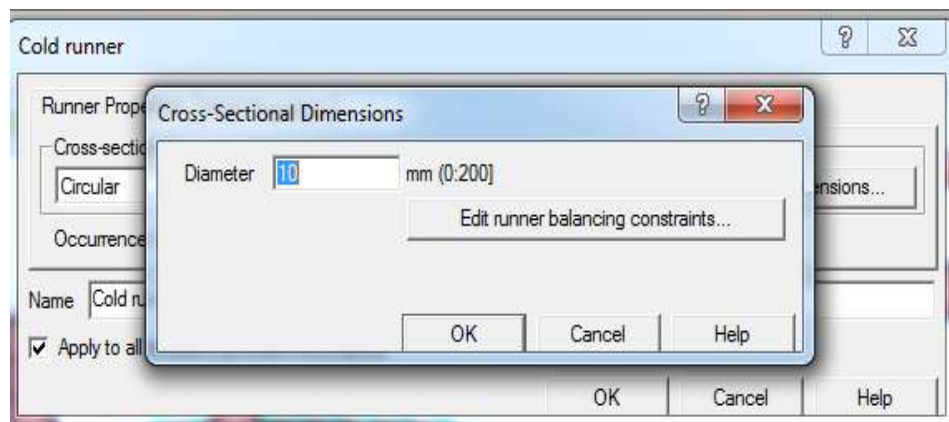


Gambar 3.12. Diameter Gate

b. Input hasil perhitungan *runner*

Hasil perhitungan dari pembagian antara berat produk *top case* dikalikan dengan panjang *runner* dan pembagiannya adalah ketetapan 3,7 perhitungan dapat dilihat pada lampiran perhitungan no 2. Dalam perancangan *runner* ada 4 *layout runner* dengan panjang yang sama yaitu 40 mm pada setiap sisi didapatkan dari sample *runner top case*. Selanjutnya memasukkan diameter 10 mm dan 12 mm

dengan ketentuan material dan untuk meningkatkan tekanan cairan plastik ke dalam produk. Input data runner mewakili dari keempat perbandingan dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13. Input data runner.

c. Input hasil perhitungan diameter *colling* dan jarak *cooling*

Perhitungan yang dilakukan pada *cooling* untuk menentukan jarak *cooling* antara produk diameter dikalikan 3 dan jarak antar *cooling* dikalikan 4 didapatkan dari rumus perhitungan *cooling*, perhitungan *cooling* dapat dilihat pada lampiran perhitungan no 3. Untuk input hasil perhitungan dari jarak *cooling* dilakukan ketika membuat sirkuit *cooling* gambar input diameter *cooling* dan hasil perhitungan jarak *cooling* dengan part.