

Perancangan Ulang Penambahan Dimensi Radius Untuk Mengurangi Part Failure Karena Patah Pada Desain Insert Inclined Core Injection Moulding Dengan Studi Kasus Produk Center Pillar

Razul Harfi, Ir, MT¹, Mohammad Fariz Nur Setiawan²,

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains dan Teknologi Nasional
E-mail: razul@istn.ac.id

Abstrak--Injection molding adalah proses manufacturing dengan produktivitas dan fleksibilitas yang tinggi. Dalam dunia manufacturing, pembuatan produk menggunakan bahan polimer atau plastik sangat berkembang dengan pesat karena biaya produksi yang relative murah dan ketahanan material yang cukup bagus. Injection molding juga mempunyai kapabilitas untuk proses pembuatan produk secara mass production karena cycle time yang cepat dan kuantiti yang banyak. Maka dari itu peranan penting dari kualitas mold dan performa mesin serta parameter sangat mempengaruhi dua kebutuhan industri manufaktur diatas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh sebuah perancangan ulang dalam komponen mold yang dapat meningkatkan efisiensi serta dapat mengurangi faktor kegagalan dini dari sebuah komponen mold yang berdampak secara langsung maupun tidak langsung kepada penuruan beban biaya perusahaan. Dari penelitian yang telah dilakukan analisa berupa analitik dan numerik menggunakan software ANSYS 17.1 untuk menghitung dan membandingkan stress dan deformation antara dua desain ini. dan dilakukan pembuatan serta pengaplikasian desain yang baru.

Kata kunci: Perancangan ulang, Injection Mold, Analisis Stress dan Deformation

I. PENDAHULUAN

Injection molding adalah proses manufacturing dengan produktivitas dan fleksibilitas yang tinggi. Dalam dunia manufacturing, pembuatan produk menggunakan bahan polimer atau plastik sangat berkembang dengan pesat karena biaya produksi yang relative murah dan ketahanan material yang cukup bagus. Injection molding juga mempunyai kapabilitas untuk proses pembuatan produk secara mass production karena cycle time yang cepat dan kuantiti yang banyak. Maka dari itu peranan penting dari kualitas mold dan performa mesin serta parameter sangat mempengaruhi dua kebutuhan industri manufaktur diatas.

Alat cetak atau mold adalah salah satu tooling produksi yang digunakan untuk membuat suatu produk. Banyak nya jenis dan

semakin berkembangnya produk yang ada di dunia manufaktur khusus nya bidang otomotif, tentu juga membuat banyak desain mold yang semakin berkembang. Banyak faktor yang di pertimbangkan untuk membuat sebuah mold dengan kualitas yang bagus. Dari segi durabilitas yaitu dari segi material, dan dari segi kehandalan yaitu dari segi desain. Faktor desain mengapa sangat penting, karena dari desain sebuah mold mempengaruhi jalannya atau keselarasan antara mekanisme pergerakan komponen satu dengan komponen lain. Karena mold di dominasi oleh moving part secara mekanikal. Sehingga apat disimpulkan apabila desain yang di perhitungkan tidak maksimal maka dapat dipastikan mold yang akan digunakan nanti akan menimbulkan banyak masalah.

Masalah lain yang perlu di perhatikan

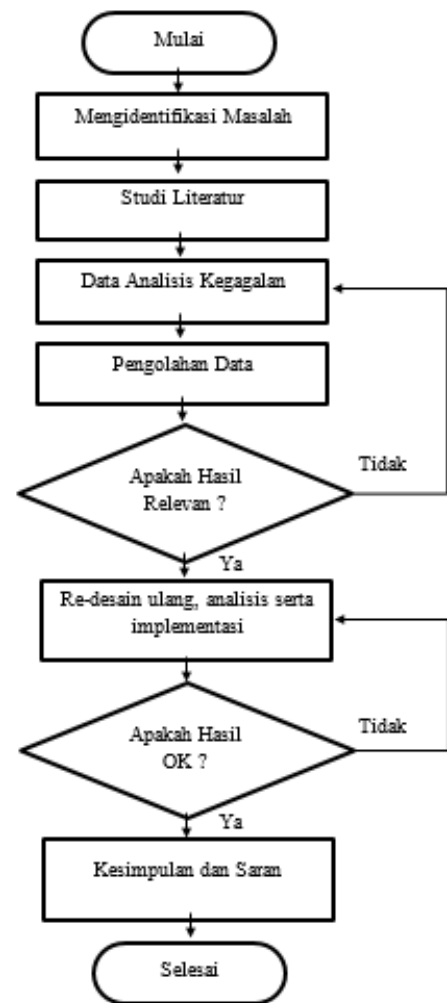
adalah ketika sebuah perusahaan manufaktur akan membuat molding dengan kualitas bagus. Maka akan berbanding lurus dari segi cost dan impact terhadap laba-rugi terhadap perusahaan tersebut. Banyak perusahaan akhirnya mengurangi biaya salah satu nya dari segi pembuatan alat cetak tersebut sehingga kalitas yang di dapatkan sangat buruk dan berimbas pada sering nya alat cetak tersebut breakdown dikarenakan salah satu profil dari desain alat cetak tersebut terdapat abnormal. Dan perlu biaya tambahan juga untuk membenahi profil tersebut sehingga alat cetak dapat di gunakan kembali.

Dengan dasar uraian diatas maka penyusun mempunyai pemikiran untuk menganalisis faktor – faktor kegagalan dini dari salah satu komponen alat cetak yaitu insert inclined core dengan membuat sebuah perancangan ulang agar biaya perbaikan alat cetak dapat berkurang, sehingga dapat dihilangkan biaya perbaikan yang dapat membantu perusahaan menambah keuntungan.

Untuk itu penyusun mengambil judul laporan akhir “Perancangan Ulang Penambahan Dimensi Radius Untuk Mengurangi Part Failure Karena Patah Pada Desain Insert Inclined Core Injection Moulding Dengan Studi Kasus Produk Center Pillar”.

2. METODOLOGI

Metodologi yang di gunakan dalam perancangan ulang dan analisis ini menggunakan metode observasi kerja langsung, yang di harapkan dapat berguna untuk mengurangi frekwensi breakdown pada production tooling atau mold karena part failure atau patah area insert inclined core yang terjadi di tempat perusahaan produksi pembuatan komponen suku cadang otomotif yang terletak di karawang. Mengingat jumlah loading produksi yang tinggi mengakibatkan kebutuhan running hour pada mesin injection molding serta production tooling khususnya produk Centre Pillar ini. Penelitian ini di laksanakan dengan tahapan perencanaan seperti pada gambar 2.1



Gambar 2.1. Tahapan Perencanaan

Dengan dengan adanya penelitian ini, nantinya penulis berharap agar dapat menganalisa penyebab seringnya terjadi breakdown pada production tooling atau mold dari segi perhitungan analitikal serta simulasi menggunakan perangkat ANSYS yang nantinya di gunakan untuk merancang ulang desain insert inclined core. Sehingga dapat dimunculkan perbaikan desain untuk mengurangi part patah tersebut yang nantinya akan berdampak pada penurunan frekwensi breakdown, peningkatan lifetime, serta penurunan biaya pembelian part insert inclined core (Cost Reduce).



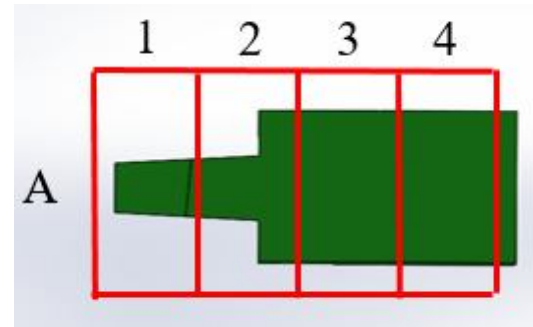
Gambar 2.2. Visualisasi Insert Inclined core yang patah

Atas dasar tersebut, dilakukan pengumpulan data oleh penulis dengan studi observasi kerja yang ada dilapangan secara langsung, dan pengumpulan data dilakukan dengan studi historikal problem selama 1 tahun kebelakang, data yang sudah dikumpulkan di uraikan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Tabel Pengumpulan Data

No	Problem Content	Problem Detail	Remarks
1	<u>Frekwensi patah</u>	<u>1 case / bulan</u>	
2	<u>Rata-rata lifetime</u>	<u>11.700 shoot</u>	<u>Shoot atau cycle per process, diambil rata-rata lifetime dari patah ke patah</u>
3	<u>Rata – rata waktu perbaikan apabila terjadi patah</u>	<u>± 80 menit</u>	
4	<u>Biaya Insert Inclined Core</u>	<u>Rp. 4.400.000</u>	<u>Biaya per pcs untuk insert Inclined Core</u>
5	<u>Case Insert Inclined Core patah dalam 12 bulan terakhir</u>	<u>12 case</u>	<u>Didapatkan dari studi observasi</u>

Kemudian dari tabel data di atas, penulis mengambil analisa area yang sering patah dengan metode pemetaan area seperti gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3. Visualisasi position mapping Insert Inclined Core

Pada mapping tersebut, di dapatkan data dari work observation penulis seperti pada tabel 2.2 berikut

Tabel 2.2. tabel pengumpulan data mapping problem

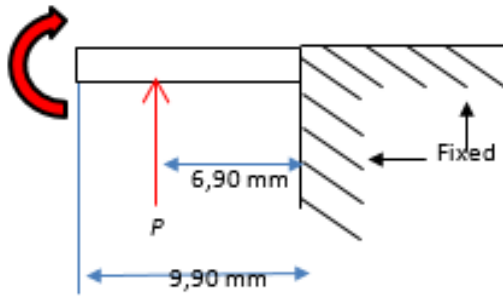
No	<u>Area / Mapping Zone</u>	<u>Freq Case</u>	<u>Remarks</u>
1	A1	2	<u>Bending</u>
2	A2	10	<u>Patah</u>
3	A3	0	
4	A4	0	

Didapatkan dari hasil di atas, bahwa area mapping A2 adalah area yang sering patah hingga 10 case.

2.1 Perhitungan Beban Statis dengan Metode Analitik

Perhitungan analitik di lakukan menggunakan metode pendekatan ilmiah dengan beberapa rumus dan bantuan perangkat Microsoft Excel untuk mempermudah perhitungan. Pada saat proses injeksi berlangsung pada mold, insert inclined core mendapatkan inject press step 1. Sebesar 90 Mpa. Kondisi ini di ambil karena pada proses ini insert inclined core mendapatkan tekanan maksimum dari inject press. Luasan permukaan insert inclined core yang mendapat tekanan ini sebesar 13,243 mm². Kerapatan material didapatkan dari material properties sebesar (ρ) 7,8 x 10³ kg/m³ yaitu dengan material SKD61. data temperatur mold dianggap konstan sebesar 30 °C untuk stationary mold dan 35 °C untuk movable mold. berikut adalah perhitungan analitikal yang didapatkan

1) Mencari FBD (Desain Lama)

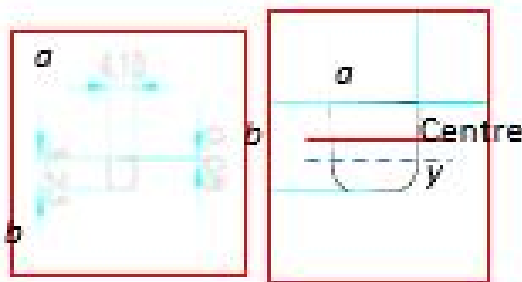


Gambar 2.4 FBD desain lama

Dari gambar FBD di atas, didapatkan d adalah 6.90 mm atau 0.0069 m. langkah selanjutnya adalah mencari luasan permukaan area yang terkena momen dari P

2) Mencari Luasan Permukaan

Setelah mengetahui langkah sebelumnya, langkah selanjutnya menghitung luasan permukaan sebagai berikut



Gambar 2.4. Mencari Luasan Permukaan

Gambar di atas dapat di cari luasan permukaan dengan menggunakan pers. (1) berikut

$$A_1 = a \times b \quad (1)$$

Dengan :

A_1 = Luasan permukaan desain lama (m^2)

a = Panjang geometri (m)

b = Lebar geometri (m)

Maka,

$$A = a \times b \quad (1)$$

$$A = 4,1 \times 3,23$$

$$A = 13,243 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,13243 \text{ m}^2$$

Didapatkan luasan permukaan geometri desain lama adalah 0.13243 m^2 .

3) Mencari Titik Tengah

Kemudian, mencari titik tengah untuk mencari nilai σ dengan menggunakan pers. (2) berikut

$$\text{Centre} = b/2 \quad (2)$$

Dengan :

b = Lebar geometri (m)

Maka,

$$\text{Centre} = 3,23/2$$

$$\text{Centre} = 1,615 \text{ mm}$$

$$\text{Centre} = 0,001615 \text{ m}$$

Didapatkan center dari geometri adalah $0,001615 \text{ m}$.

4) Perhitungan Tegangan

Langkah terakhir, yaitu menghitung tegangan yang terjadi pada profil insert inclined core, sehingga di ketahui berapa tegangan yang terjadi pada profil insert inclined core tersebut sampai menjadi patah dengan pers. (3) berikut

$$\sigma_1 = ((P \times d) \times y_n) / A \quad (3)$$

Dengan :

σ_1 = Tegangan (N/m^2)

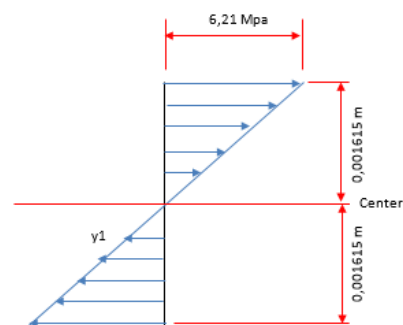
P = Pressure (Mpa) atau (N/m^2)

d = Jarak P dengan tumpuan seperti yang di jelaskan pada FBD di gambar 2.4 (mm)

y_n = m^2

A = Luasan Permukaan (m^2)

Maka hasil nya dapat di lihat pada tabel 2.3 berikut karena nilai y_n mengikuti hasil jarak titik tengah sampai dengan lebar permukaan pada potongan geometri.

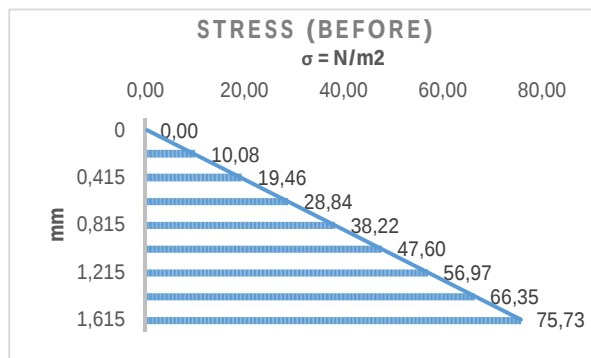


Gambar 2.5 Visualisasi arah momen bending pada irisan permukaan Insert Inclined Core

Hasil perhitungan tiap y_n adalah sebagai berikut

Tabel 2.3 Hasil tegangan pada irisan luasan permukaan

Nama	Jarak (mm)	σ_1	Satuan
y0 (center)	0	0,00	Mpa
y1	0,215	10,08	Mpa
y2	0,415	19,46	Mpa
y3	0,615	28,84	Mpa
y4	0,815	38,22	Mpa
y5	1,015	47,60	Mpa
y6	1,215	56,97	Mpa
y7	1,415	66,35	Mpa
y8	1,615	75,73	Mpa



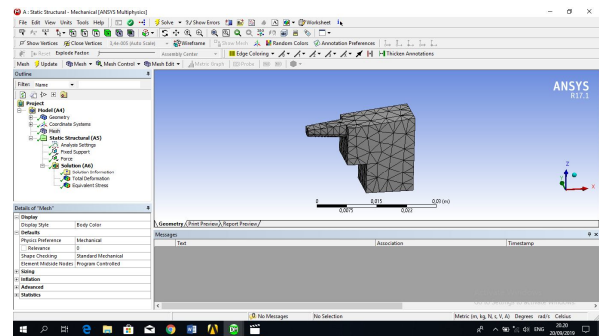
Grafik 2.1 Grafik tegangan atau stress pada garis y

2.2 Menghitung Beban Statis Secara Numerik

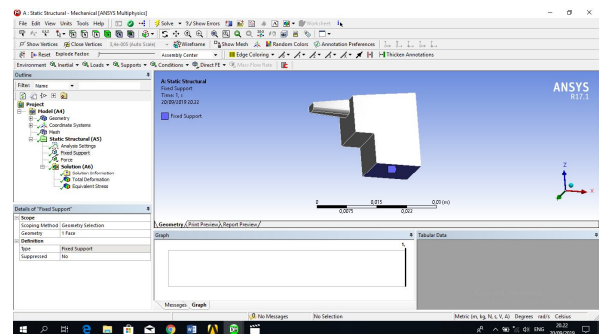
Perhitungan numerik dilakukan dengan metode simulasi menggunakan perangkat ANSYS 17.1 menggunakan fitur Workbench Analysis yang terdapat pada perangkat ANSYS 17.1. sebelum masuk ke tahap simulasi terlebih dahulu tadi sudah di berikan geometri model 3D (desain awal) untuk di input dan di analisa. Tujuan simulasi ini adalah mengetahui stress area dan total deformation dari geometri desain model sebelum dilakukannya perancangan ulang.

Analisis ini di lakukan dengan cara mengubah geometri desain insert inclined core menjadi mesh pada fitur workbench analisis yang terdapat ada ansys 17.1 , kemudian memberikan titik referensi fix area nya dan

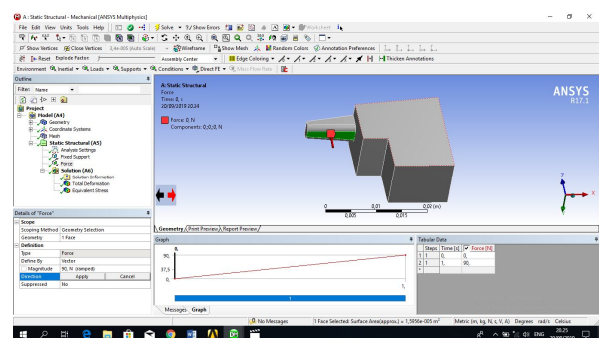
memberikan titik P pada geometri yang sudah menjadi mesh tersebut, seperti gambar 2.6, 2.7, dan 2.8 di bawah ini,



Gambar 2.6 Visualisasi Geometri Model yang sudah di meshing



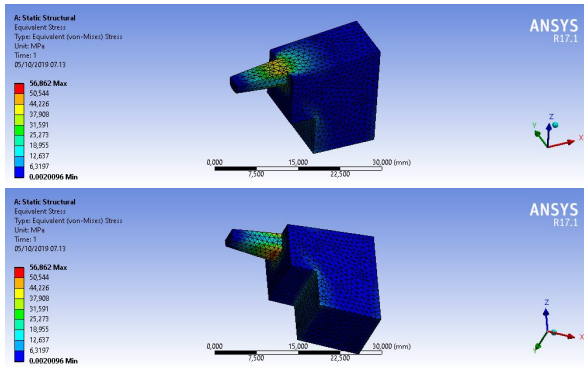
Gambar 2.7 Visualisasi Fixed Area



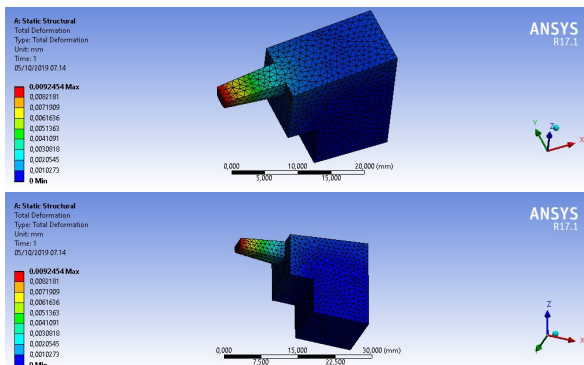
Gambar 2.8 Visualisasi Surface yang Terkena Force Area (Area Hijau)

Kemudian, langkah berikutnya yaitu memasukkan analisis data yang kita inginkan yaitu total deformation dan equivalent stress kedalam tree chart Solution (A6). Setelah itu klik kanan kedalam tree chart Solution (A6) dan klik generate.

Berikut hasil analisis numerik berdasarkan perangkat ANSYS 17.1 menggunakan fitur Workbench Analysis.



Gambar 2.9 Hasil analisa equivalent stress



Gambar 2.10 Hasil analisa total deformation

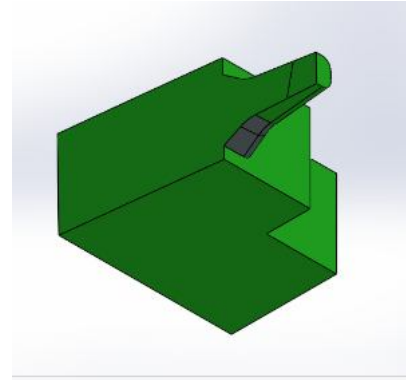
Berikut hasil perbandingan untuk perhitungan stress dari metode analitik dan simulasi numerik menggunakan perangkat ANSYS 17.1 seperti tabel 2.4

Tabel 2.4 Tabel perbandingan hasil desain sebelumnya

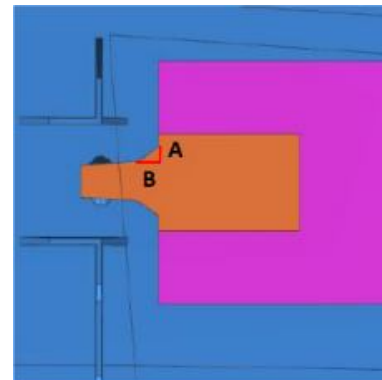
Detail	Analisis Analitik	Analisis Numerik
Hasil Perhitungan σ Max	75,73 N/m ²	56,86 N/m ²

2.3 Perancangan Ulang Desain Insert Inclined Core

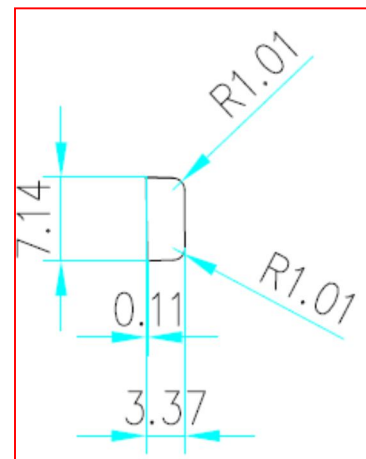
Proses perancangan ulang ini dilakukan untuk menambah kekuatan area A2 pada mapping problem. Rencana perancangan ulang ini adalah di lakukan penambahan dimensi area sering patah agar luasan permukaan bertambah dan distribusi beban F menjadi sedikit lebar. Penambahan dilakukan dengan menambah profil berupa chamfer. Dimensi ini sudah di lakukan studi pada area core yang perlu terdapat penambahan chamfer berdasarkan hasil analisis analitik dan numerik pada desain sebelumnya. Seperti gambar 2.11 berikut



Gambar 2.11 Hasil desain insert inclined core baru



Gambar 2.12 Detail chamfer pada desain insert inclined core baru



Gambar 2.13 Detail luasan permukaan irisan pada desain insert inclined core baru

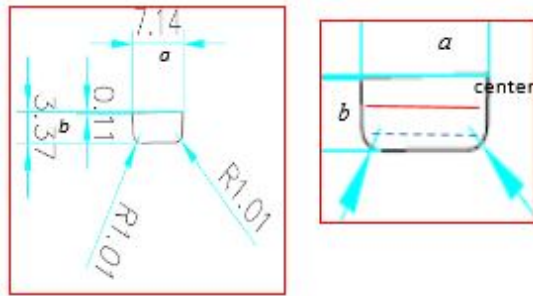
2.4 Perhitungan Beban Statis Yang Didapatkan Secara Analitik (Desain Baru)

1) Mencari Luasan Permukaan Desain Baru

Pada desain baru ini, bahwa FBD pada desain insert inclined core masih sama dengan gambar 2.4

Maka langkah selanjutnya adalah

mencari luasan permukaan yang seperti di visualisasikan pada gambar 2.14 sebagai berikut



Gambar 2.14 Gambar tampak irisan desain insert inclined core baru

Perhitungan luasan permukaan desain insert inclined core baru ini dapat di cari menggunakan pers. (1) berikut

$$A_2 = a \times b \quad (1)$$

Dengan :

A_2 = Luasan permukaan desain baru (m^2)

a = Panjang geometri (m)

b = Lebar geometri (m)

Maka,

$$A = a \times b \quad (1)$$

$$A = 7,14 \times 3,37$$

$$A = 24,0618 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,240618 \text{ m}^2$$

Didapatkan luasan permukaan geometri desain insert inclined core yang baru adalah 0.240618 m^2 .

1) Mencari Titik Tengah Desain Baru

Kemudian, mencari titik tengah untuk mencari nilai σ pada desain baru dengan menggunakan pers. (2) berikut

$$\text{Centre} = b/2 \quad (2)$$

Dengan :

b = Lebar geometri (m)

Maka,

$$\text{Centre} = 3,37/2$$

$$\text{Centre} = 1,685 \text{ mm}$$

$$\text{Centre} = 0,001685 \text{ m}$$

Didapatkan center dari geometri adalah

0,001685 m.

2) Menghitung Tegangan Pada Desain Baru

Langkah terakhir, yaitu menghitung tegangan yang terjadi pada profil insert inclined core yang, sehingga di ketahui berapa tegangan yang terjadi pada profil insert inclined core yang baru tersebut dengan pers. (3) berikut

$$\sigma_2 = ((P \times d) \times y_n) / A \quad (3)$$

Dengan :

σ_2 = Tegangan (N/m^2)

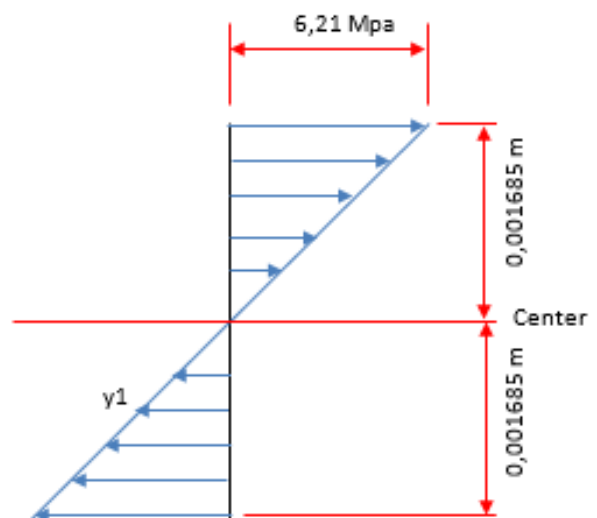
P = Pressure (Mpa) atau (N/m^2)

d = Jarak P dengan tumpuan seperti yang di jelaskan pada FBD di gambar 2.4 (mm)

y_n = m^2

A = Luasan Permukaan (m^2)

Maka hasil nya dapat di lihat pada tabel 2.4 berikut karena nilai y_n mengikuti hasil jarak titik tengah sampai dengan lebar permukaan pada potongan geometri pada desain insert inclined core yang baru.



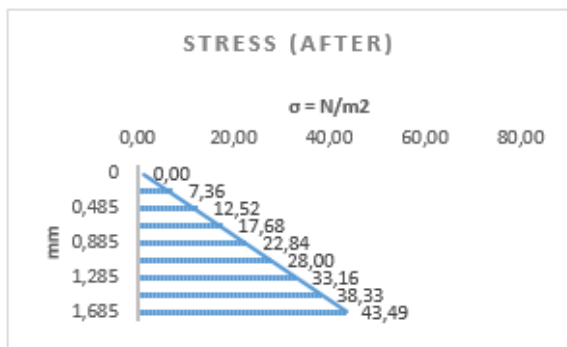
Gambar 2.15 Visualisasi arah momen bending pada irisan permukaan Insert Inclined Core yang baru

Hasil perhitungan tiap y_n pada desain insert inclined core yang baru adalah sebagai berikut

Tabel 2.4 Hasil tegangan pada irisan luasan

permukaan desain baru

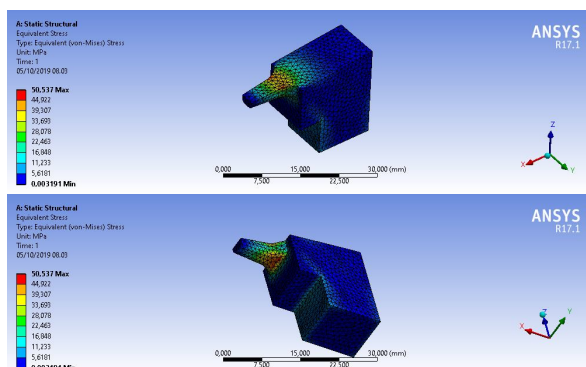
Nama	Jarak (mm)	σ	Satuan
y0 (center)	0	0,00	Mpa
y1	0,285	7,36	Mpa
y2	0,485	12,52	Mpa
y3	0,685	17,68	Mpa
y4	0,885	22,84	Mpa
y5	1,085	28,00	Mpa
y6	1,285	33,16	Mpa
y7	1,485	38,33	Mpa
y8	1,685	43,49	Mpa



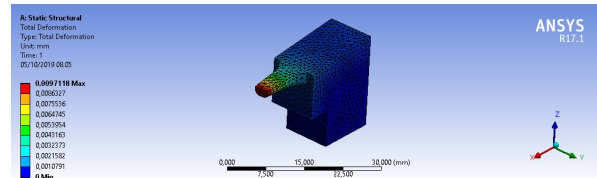
Grafik 2.2 Grafik tegangan atau stress pada garis y pada desain baru

2.5 Menghitung Beban Statis Secara Numerik Pada Desain Baru

Setelah di tentukan desain baru maka langsung di lakukan simulasi perhitungan secara numerik menggunakan perangkat ANSYS 17.1 dengan menggunakan parameter P (σ) di atas dan dilakukan perbandingan perhitungan analisis dengan desain sebelumnya. Dan berikut hasil analisis nya.



Gambar 2.16 Hasil analisa equivalent stress (desain baru)



Gambar 2.17 Hasil analisa total deformation (desain baru)

Berikut hasil perhitungan stress dari metode analitik dan simulasi numerik menggunakan perangkat ANSYS 17.1 pada desain insert inclined core yang baru

Tabel 2.5 Tabel perbandingan perhitungan hasil desain insert inclined core yang baru

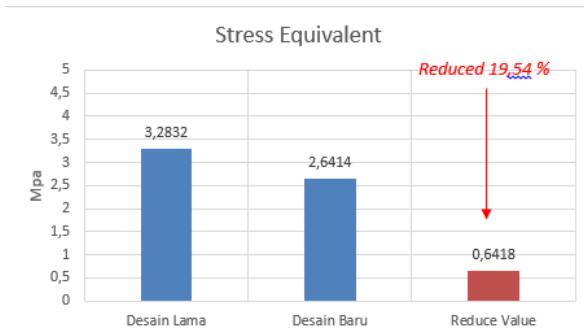
Detail	Analisis Analitik	Analisis Numerik
Hasil Perhitungan σ Max (desain baru)	43,49 N/m ²	50,53 N/m ²

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

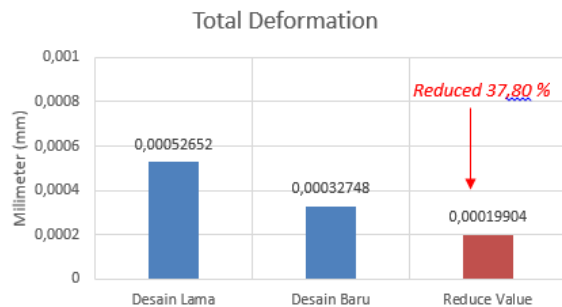
Upaya dari hasil data perancangan ulang di atas dapat mengurangi maksimum stress (P) dari 3,2832 Mpa menjadi 2,6414 Mpa (berkurang sebesar 19,54 %) dan dapat mengurangi maksimum total deformasi (ϵ) dari 0,00052652 mm menjadi 0,00032748 mm (berkurang sebesar 37,8 %).

Tabel 3.1 Perbandingan Data Perhitungan Simulasi

Content	Comparison Data		
	Desain Lama	Desain Baru	(%) Reduce
Stress Equivalent	3,2832 Mpa (N/mm ²)	2,6414 Mpa (N/mm ²)	19,54 %
Total Deformation	0,000526 52 mm	0,000327 48 mm	37,8 %



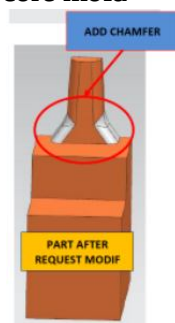
Grafik 3.1 Perbandingan Data Stress



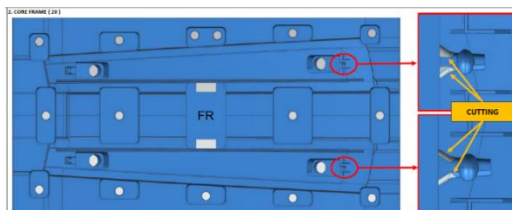
Grafik 3.2 Perbandingan Data Deformation

3.2 Proses Pengerjaan Pembuatan *Insert Inclined Core* Dengan Desain Baru

Proses pengerjaan pembuatan insert ini membutuhkan waktu dua hari, dan dilakukan oleh *mold maker* yang berlokasi di daerah jababeka. Tahapan pembuatan ini dilakukan oleh beberapa proses permesinan, yaitu proses pembuatan *shape* dengan CNC Milling, kemudian proses *fine shape* area profil dengan menggunakan proses EDM. Dan rencana pemabaharuan desain ini juga harus dilakukan *machining* area core mold



Gambar 3.1 Rencana Permesinan *Insert Inclined Core*



Gambar 3.2 Rencana Permesinan Core

3.3 Hasil dan Trial Pembuatan *Insert Inclined Core* Dengan Desain Baru

Hasil dari perancangan ini sudah selesai dan berhasil, serta sudah di *assy* pada mold dan sudah trial sampai dengan sekarang. Hasil dari perancangan ulang ini sudah *running mass production*. Jumlah umur aktual sudah melebihi total rata – rata umur patah yaitu 11.800 shoot, dengan aktual umur *Insert Inclined Core* sekarang mencapai lebih dari 84.000 shoot.



Gambar 3.3 Visualisasi *Insert Inclined Core* yang sudah selesai

3.4 Impact Calculation Pada Perusahaan

Dari hasil perhitungan analisis secara numerik di atas, desain perancangan ulang di atas meskipun hanya dapat menurunkan *Stress* sebesar 0,6418 Mpa atau sebesar 19,54 % dari *Total Stress* desain awal, dan dapat menurunkan deformasi sebesar 0,00019904 mm atau sebesar 38,54 % dari total desain awal, maka dapat berdampak besar terhadap perusahaan dari segi aspek terutama *cost*, yaitu.

1) Cost Reduce Untuk Pembelian Sparepart
Total Cost Saving = Rp. 133.760.000

2) Cost Reduce Dari Waktu Breakdown Yang Berkurang (Waktu Saving dikalikan Harga produk yang di jual di pasaran)

Cost_t = Rp. 147.466.000

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Perencanaan Ulang Penambahan Dimensi Radius Untuk Mengurangi Part Failure Karena Patah Pada Desain *Insert Inclined Core* Injection Moulding Dengan Studi Kasus Produk Center Pillar didapatkan beberapa

kesimpulan akhir berikut ini :

- 1) Dari hasil analisis secara numerik didapatkan Max Stress yang terjadi pada area A2 pada desain lama insert inclined core adalah sebesar 3,2832 Mpa (N/mm²). Sedangkan untuk Max Stress yang terjadi pada area A2 pada desain baru insert inclined core (Setelah dilakukannya perancangan ulang) adalah sebesar 2,6414 Mpa (N/mm²). Upaya perancangan ulang tersebut dapat mengurangi Max Stress dari desain lama dan baru sebesar 19.54%.
- 2) Dari hasil analisis secara numerik didapatkan Max Deformation yang terjadi pada area A2 pada desain lama insert inclined core adalah sebesar 0,00052652 mm. Sedangkan untuk Max Deformation yang terjadi pada area A2 pada desain baru insert inclined core (Setelah dilakukannya perancangan ulang) adalah sebesar 0,00032748 mm. Upaya perancangan ulang tersebut dapat menurunkan Max Deformation yang terjadi dari desain lama dan baru sebesar 37.8%.
- 3) Dari hasil perancangan ulang yang dilakukan di atas maka dapat di hitung kalkulasi biaya yang dapat di tekan untuk biaya perbaikan dan perawatan akibat terjadi nya breakdown untuk perusahaan yaitu adalah :
 - ☐ Dapat mengurangi biaya pembelian sparepart Insert Inclined Core sebesar Rp. 133.760.000 dan dapat mengurangi Losses kehilangan produk saat terjadi breakdown selama satu kali terjadi problem patah adalah sebesar Rp. 147.466.000.
 - ☐ Sehingga total Improvement ini menghasilkan keuntungan Saving Cost selama satu tahun yaitu $\text{Rp.}133.760.000 + 147.466.000 = \text{Rp.}281.266.000$

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh penulis, maka penulis memiliki beberapa saran perbaikan untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

- 1) pada saat perhitungan analisis secara analitik dapat di hitung efektifitas dan kekuatan material yang di gunakan pada

Insert Inclined Core sehingga di dapatkan hasil yang lebih mendekati dengan yang sebenarnya

- 2) Pemilihan dan studi perancangan ulang selanjutnya adalah dapat mengganti jenis material insert inclined core menjadi material Berrilium Copper untuk lebih mengurangi dampak stress dan deformation yang di dapatkan pada insert inclined core.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. DuBOIS, J. Harry, Pribble, Wayne I. (1978). Plastic Mold Engineering Handbook. Vn Nostrand Reinhold Company. 2: 20,36-50.
- [2]. Singh, Niranjana. (2012). Reverse Engineering – A General Review. International Journal of Advanced Engineering Research and Studies. 1-4
- [3]. Irawan, Agustinus Purna, (2007). Diktat Kuliah Mekanika Teknik (Statika Struktur). Unpublished. 16-10.
- [4]. Singh, Ramandeep. (2013). A Review of Engineering Theories and Tools. International Journal of Engineering and Science. 1-4.
- [5]. Nash, William A. (1998) Theory of Problem of Strenght Of Material Fourth Edition. Mc-Graw Hill. 88-160
- [6]. Stolarski T. Nakasone Y. Yoshimoto. (2006) Engineering Analysis With Ansys Software. Butterworth-Heinemann. 51-76