

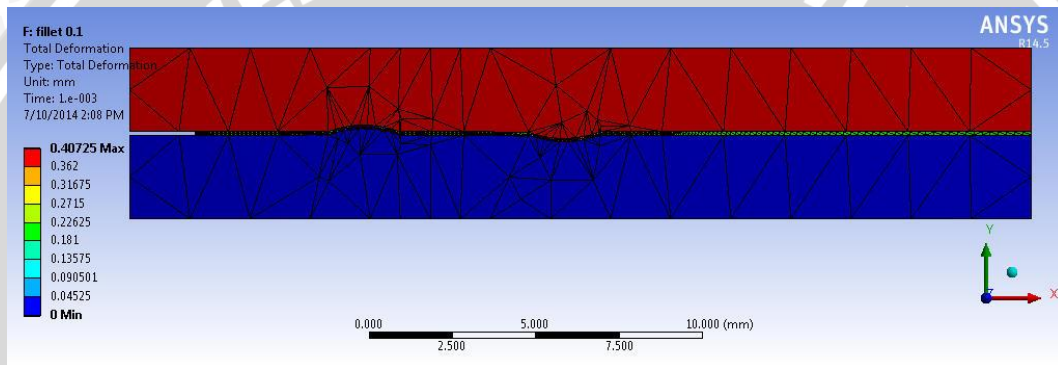
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Running Software ANSYS

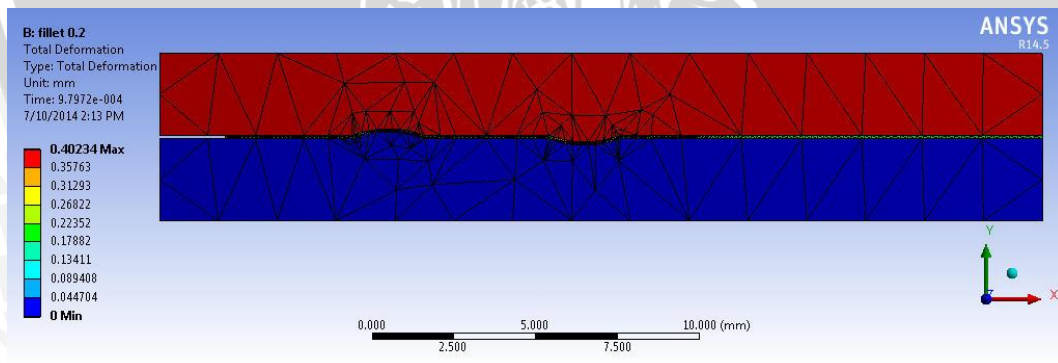
Dari hasil simulasi terdapat *die fill defect* yang terjadi pada setiap variasi radius *fillet* yang diberikan. Hasil simulasi tersebut memberikan gambaran bagaimana *die fill defect* yang terjadi pada masing-masing variasi radius *fillet*.

#### 4.1.1 Hasil Simulasi Semua Pemodelan

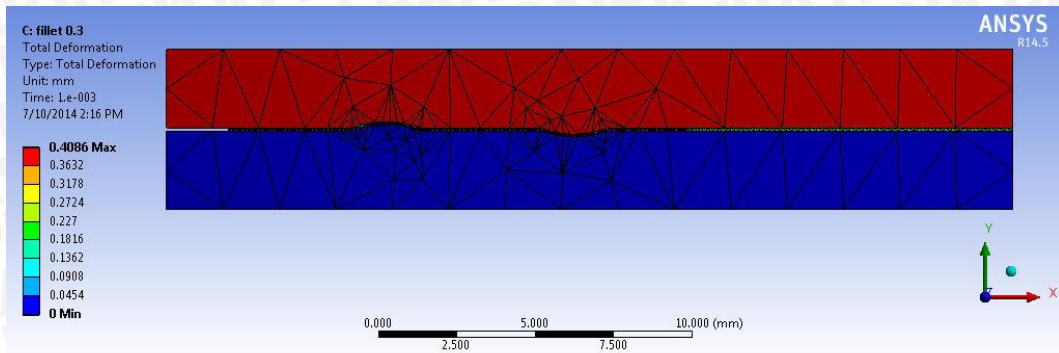
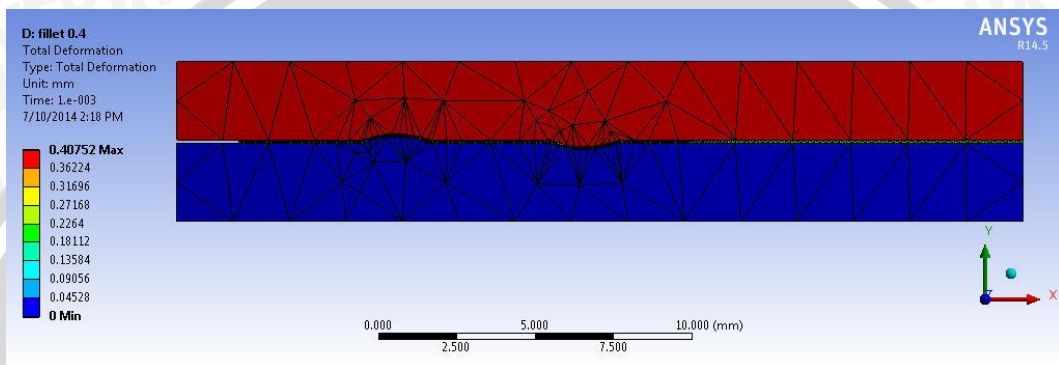
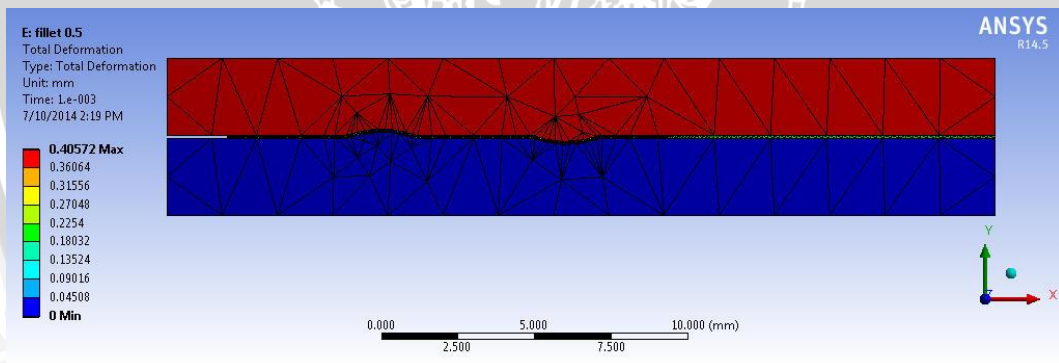
Setelah simulasi selesai, maka plat akan terdeformasi dikarenakan oleh *dies* yang memberi tekanan pada plat. Pada masing-masing pemodelan menunjukkan hasil yang hampir sama, yaitu plat telah terdeformasi mengikuti profil *dies*.



Gambar 4.1 Hasil Simulasi *Press Forming* Model 1



Gambar 4.2 Hasil Simulasi *Press Forming* Model 2

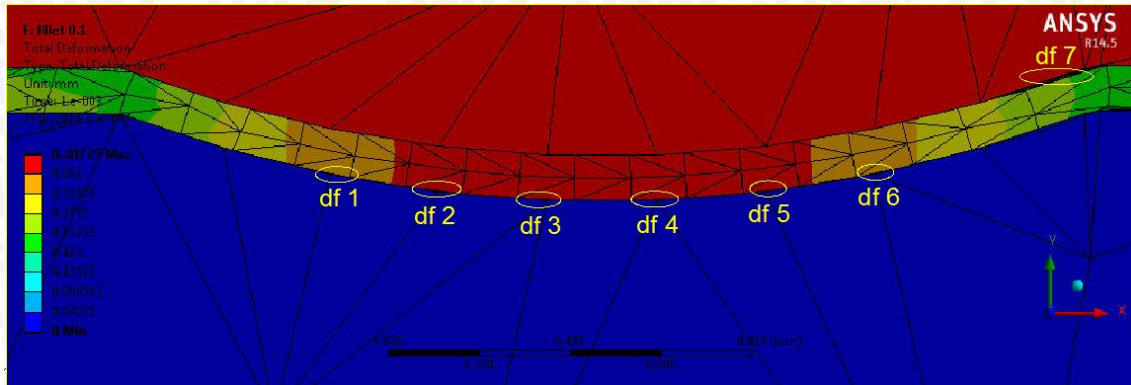
Gambar 4.3 Hasil Simulasi *Press Forming* Model 3Gambar 4.4 Hasil Simulasi *Press Forming* Model 4Gambar 4.5 Hasil Simulasi *Press Forming* Model 5

Pada gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5 menunjukkan hasil simulasi setelah running dilakukan. Gambar diambil dengan menggunakan skala batang sebesar 10 mm pada *Software* ANSYS. Hasil simulasi menunjukkan plat telah terdeformasi mengikuti profil dari *dies*.

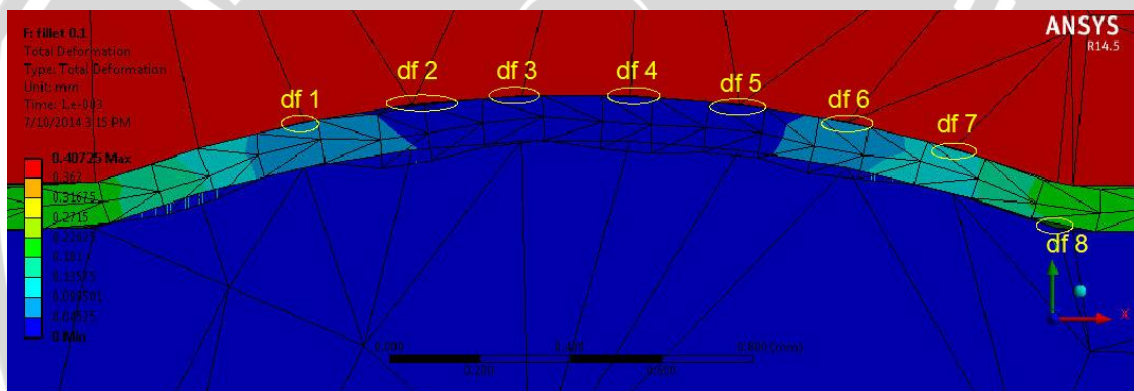
#### 4.2.2 Hasil Luas Area *Die Fill Defect*

Untuk menghitung besar *die fill defect* yang terjadi, maka perlu import hasil gambar dengan pembesaran skala batang 0,8 mm pada *Software* ANSYS. Besar *die fill defect* yang

didapat akan menggunakan contoh pada simulasi model 1. Pengambilan gambar dilakukan dengan membagi area *die* sesuai dengan metode penelitian. Area pada *die* dibagi menjadi dua bagian, yakni bagian A dan bagian B.



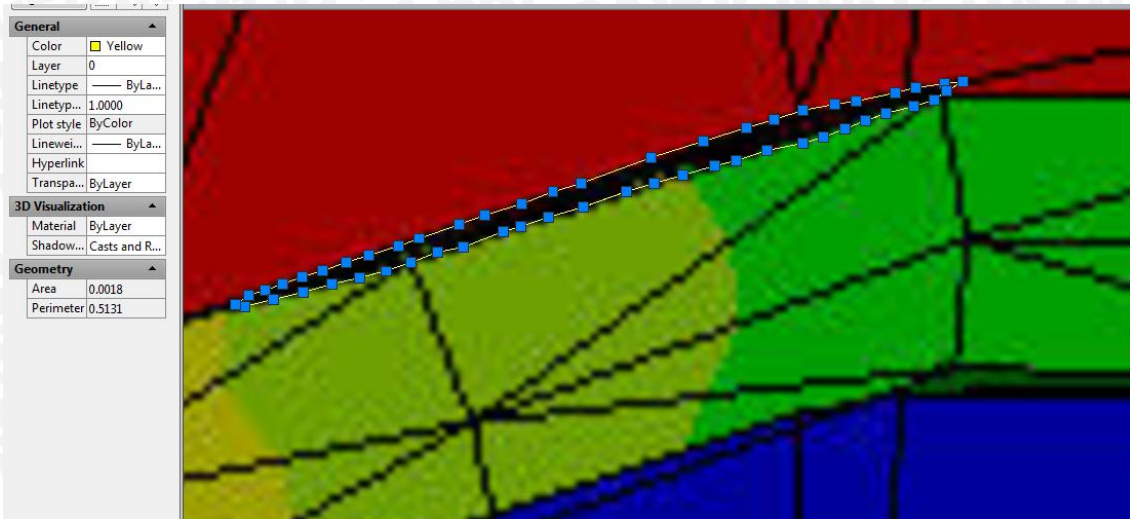
Gambar 4.6 Die Fill Defect Simulasi Model 1 Bagian A



Gambar 4.7 Die Fill Defect Simulasi Model 1 Bagian B

Setelah running simulation, maka didapatkan beberapa titik area *die fill defect* yang terjadi dari proses *press forming*. Gambar 4.6 dan 4.7 merupakan letak *die fill defect* yang terjadi pada simulasi model 1. Pada bagian A terdapat 7 titik area *die fill defect*, dan pada bagian B terdapat 8 titik area *die fill defect*. Untuk mendapatkan area pada masing-masing *die fill defect* maka dilakukan perhitungan area dengan menggunakan *command polyline* pada Software AUTOCAD 2012. Semua area *die fill defect* pada bagian A dan B akan diketahui dan dijumlahkan untuk mendapatkan seluruh luas area *die fill defect* pada simulasi model 1.

Plot area *die fill defect* akan dilakukan pada semua simulasi dengan menggunakan metode yang sama, dan dengan ukuran plot *image* yang sama.



Gambar 4.8 Perhitungan Luas *Die Fill Defect Software* AUTOCAD Simulasi Model 1

Gambar 4.8 menjelaskan tentang metode perhitungan luas area *die fill defect* yang terjadi pada simulasi model 1 pada titik area 7. Luas area dapat diketahui dengan *properties line* sebesar 0,0018 mm<sup>2</sup>, sehingga akan didapatkan semua luas area pada masing-masing titik pada bagian A dan B.

Tabel 4.1 Luas Area *Die Fill Defect* Simulasi 1 (A)

Simulasi 1 (A)	
Area <i>Die Fill Defect</i>	Luas Area (mm <sup>2</sup> )
df 1	0,0013
df 2	0,0014
df 3	0,0013
df 4	0,0009
df 5	0,0011
df 6	0,0011
df 7	0,0018
<i>Die Fill Defect A</i>	0,0089

Tabel 4.2 Luas Area *Die Fill Defect* Simulasi 1 (B)

Simulasi 1 (B)	
Area <i>Die Fill Defect</i>	Luas Area (mm <sup>2</sup> )
df 1	0,0014
df 2	0,0011
df 3	0,0013
df 4	0,0011
df 5	0,0011
df 6	0,0012
df 7	0,0011
df 8	0,0011
<i>Die Fill Defect A</i>	0.0094

Luas area die fill defect yang terbentuk setelah proses simulasi press forming dilakukan, pada model 1 adalah 0,0183 mm<sup>2</sup>.

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan *Software* AUTOCAD pada semua model simulasi, maka didapatkan luas area pada seluruh model simulasi, sehingga didapatkan data luas die fill defect pada Tabel 4.3 berikut.

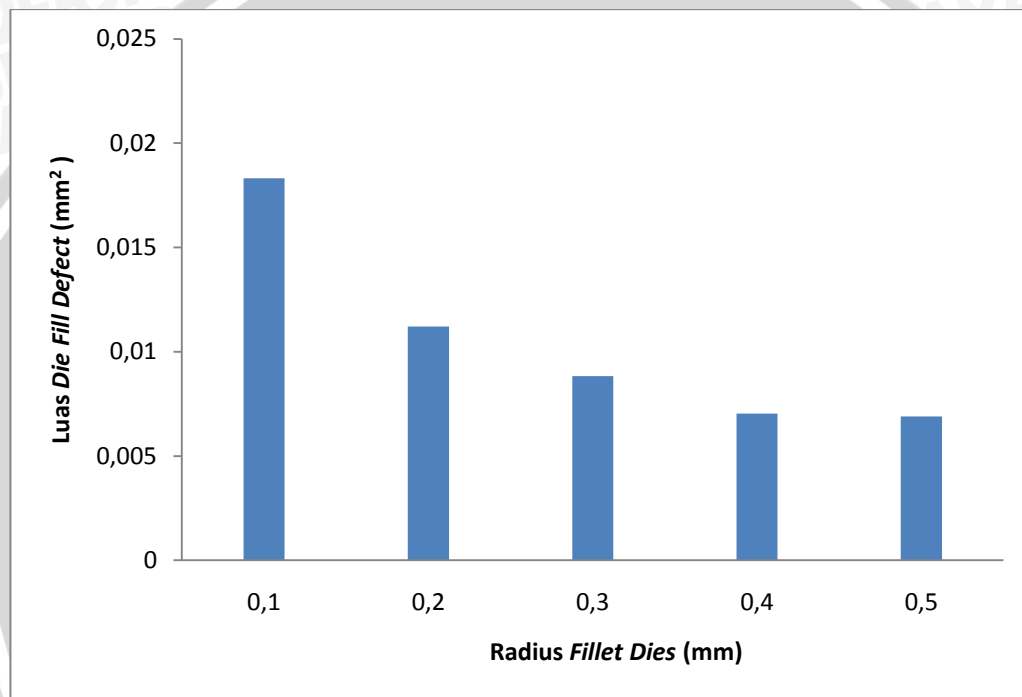
Tabel 4.3 Luas *Die Fill Defect* Pada Semua Model

Model Simulasi	Variasi Radius <i>Fillet</i> (mm)	Luas area <i>Die Fill Defect</i> (mm <sup>2</sup> )
Tanpa <i>Fillet</i>	-	0,01844
Simulasi 1	R1 = 0.1	0,01831
Simulasi 2	R2 = 0.2	0,01121
Simulasi 3	R3 = 0.3	0,00883
Simulasi 4	R4 = 0.4	0,00704
Simulasi 5	R5 = 0.5	0,00689

Pada tabel 4.3, dijelaskan bahwa simulasi 1 sampai simulasi 5, menunjukkan harga luas *die fill defect* yang lebih sedikit apabila dibandingkan dengan *dies* tanpa menggunakan *fillet*.

#### 4.2 Pembahasan Hasil *Die Fill Defect*

Simulasi Model 5 dengan radius *fillet dies* 0,5 mm adalah model variasi *fillet dies* yang paling baik untuk meminimalisir *die fill defect* yang terjadi pada proses *press forming* produk *metal gasket*.



Gambar 4.9 Diagram Luas *Die Fill Defect* Pada Masing-masing Model

Gambar 4.9 merupakan luas area *die fill defect* yang terjadi pada masing-masing model simulasi. Luas daerah *die fill defect* paling besar terdapat pada model simulasi 1 dengan radius *fillet* sebesar 0,1 mm dengan luas area sebesar 0,01831 mm<sup>2</sup>. Model simulasi 2 dengan radius *fillet* 0,2 mm merupakan model dengan luas area *die fill defect* sebesar 0,01121 mm<sup>2</sup>. Luas *die fill defect* mengecil pada simulasi 3 dengan menggunakan radius *fillet* sebesar 0,3 mm yang memiliki luas area *die fill defect* sebesar 0,008832 mm<sup>2</sup>. Model simulasi 4 dengan radius *fillet* 0,4 memiliki luas *die fill defect* yang lebih kecil dari simulasi 3, yaitu 0,00704 mm<sup>2</sup>. Pada simulasi 5 dengan radius *fillet* 0,5 mm, memiliki hasil luas *die fill defect* yang paling kecil yaitu sebesar 0,006892 mm<sup>2</sup>. Luas *die fill defect* yang terjadi semakin kecil seiring dengan besarnya radius *fillet* yang diberikan pada *dies*.

Hal tersebut membuktikan bahwa pemberian radius *fillet*, mampu mengurangi *die fill defect* yang terjadi pada proses *press forming* produk metal gasket. *Die fill defect* yang semakin kecil seiring dengan besarnya radius *fillet* dikarenakan oleh bidang kontak *dies* pada plat mengakibatkan plat memiliki laju tegangan dan regangan yang baik, sehingga mengakibatkan laju material juga semakin baik. Laju material yang baik, akan menyebabkan plat akan mengisi rongga *dies* dengan lebih mudah.

#### 4.2.1 Hubungan Tegangan dan Regangan Masing-masing Model

Material akan terdeformasi mengikuti profil *dies* setelah diberikan gaya penekanan. Saat material tersebut mengalami deformasi, maka akan terdapat tegangan dan regangan pada material. Hal tersebut berhubungan dengan pemberian *radius fillet* pada *dies* yang memudahkan material untuk dapat terdeformasi mengikuti profil dari *dies*. Hubungan tegangan dan regangan yang dialami oleh material dijelaskan pada persamaan (2-8) sebagai berikut.

$$\sigma = K \cdot \varepsilon^n$$

Keterangan :

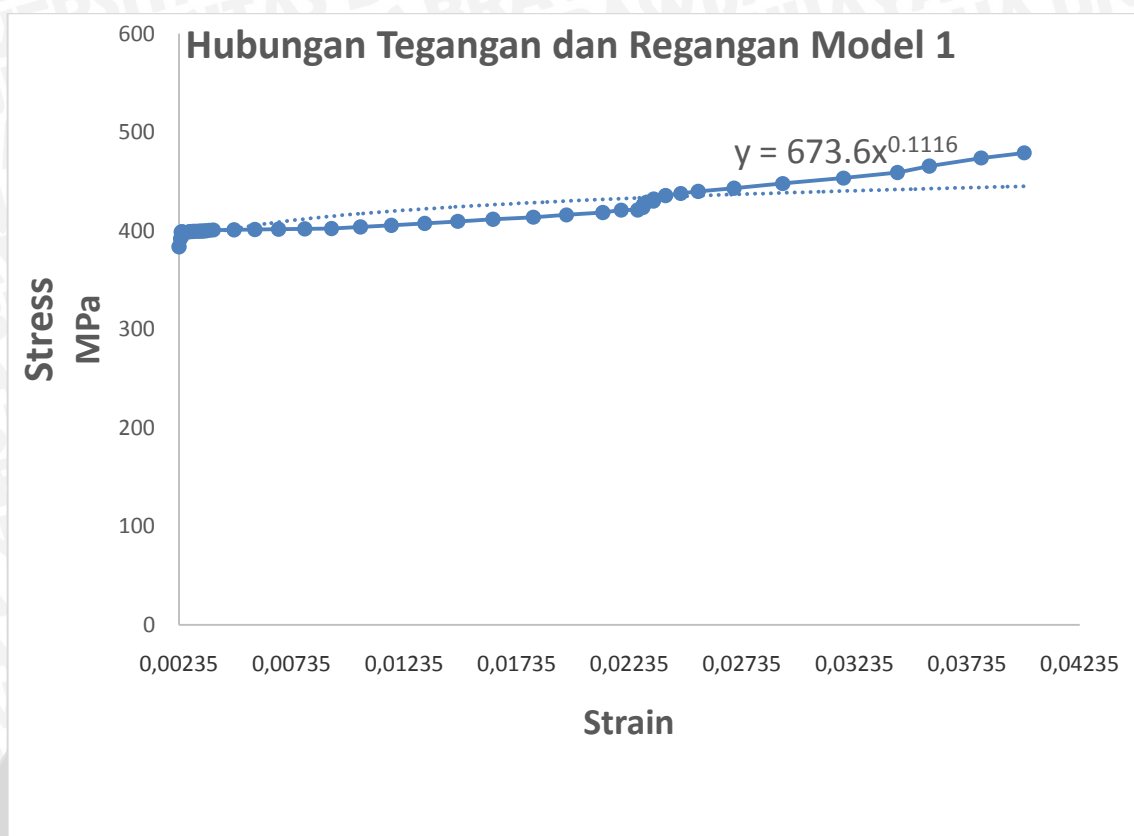
$\sigma$  = Tegangan (Pascal)

$\varepsilon$  = Regangan

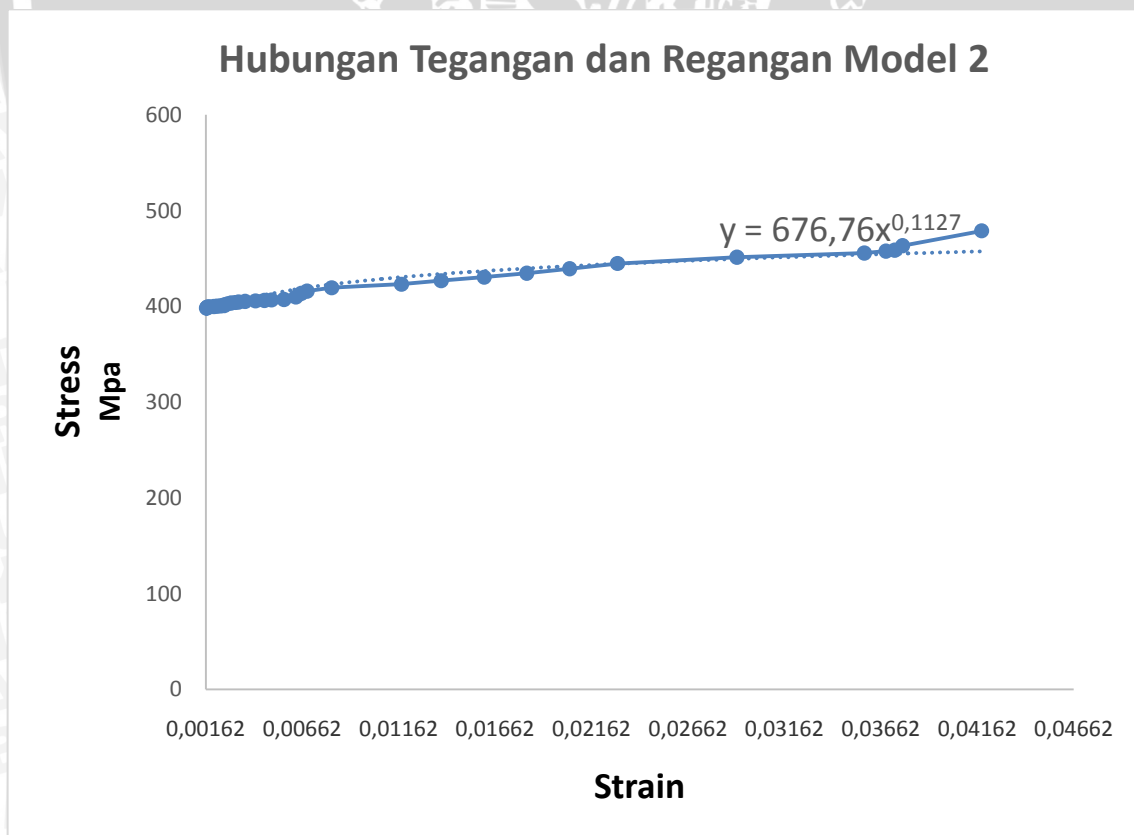
K = Konstanta penguatan

n = *Eksponential strain hardening*

Harga tegangan  $\sigma$  dipengaruhi oleh konstanta penguatan K dan *eksponential strain hardening* n. Semakin besar harga regangan  $\varepsilon$  maka semakin besar pula harga tegangannya. Untuk mengetahui bagaimana laju material yang terjadi pada masing-masing model simulasi, maka harus diketahui harga tegangan dan regangan yang terjadi saat plat terdeformasi dari langkah awal perpindahan *dies* sampai langkah akhir *dies* memberi tekanan pada plat, sehingga pada masing-masing model simulasi akan didapatkan kurva regangan dan tegangan.

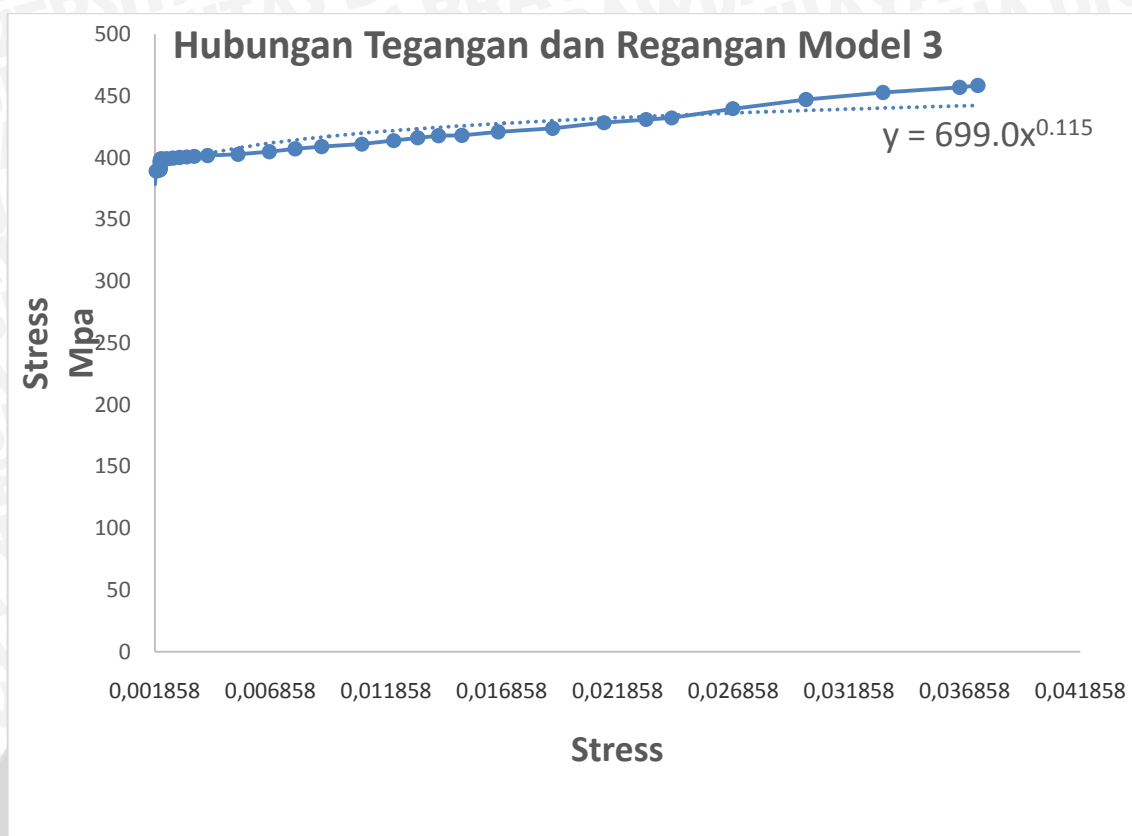


Gambar 4.10 Kurva Tegangan dan Regangan Model 1

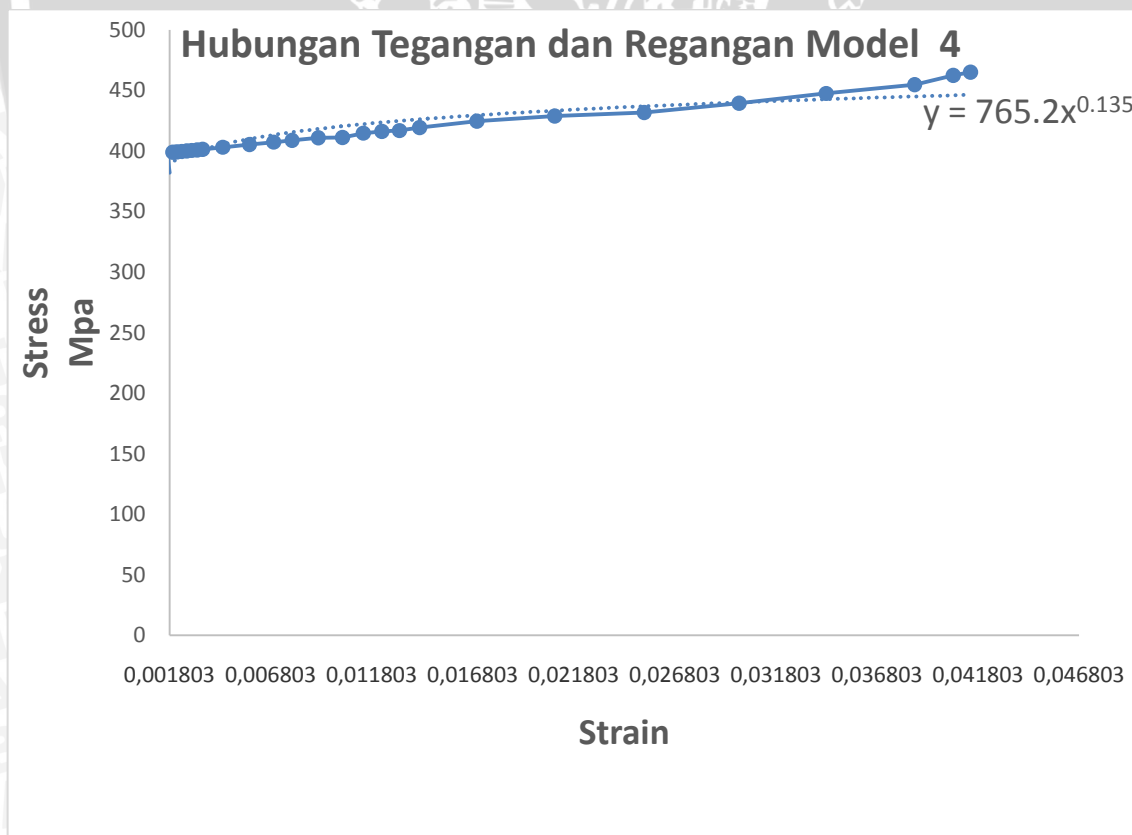


Gambar 4.11 Kurva Tegangan dan Regangan Model 2

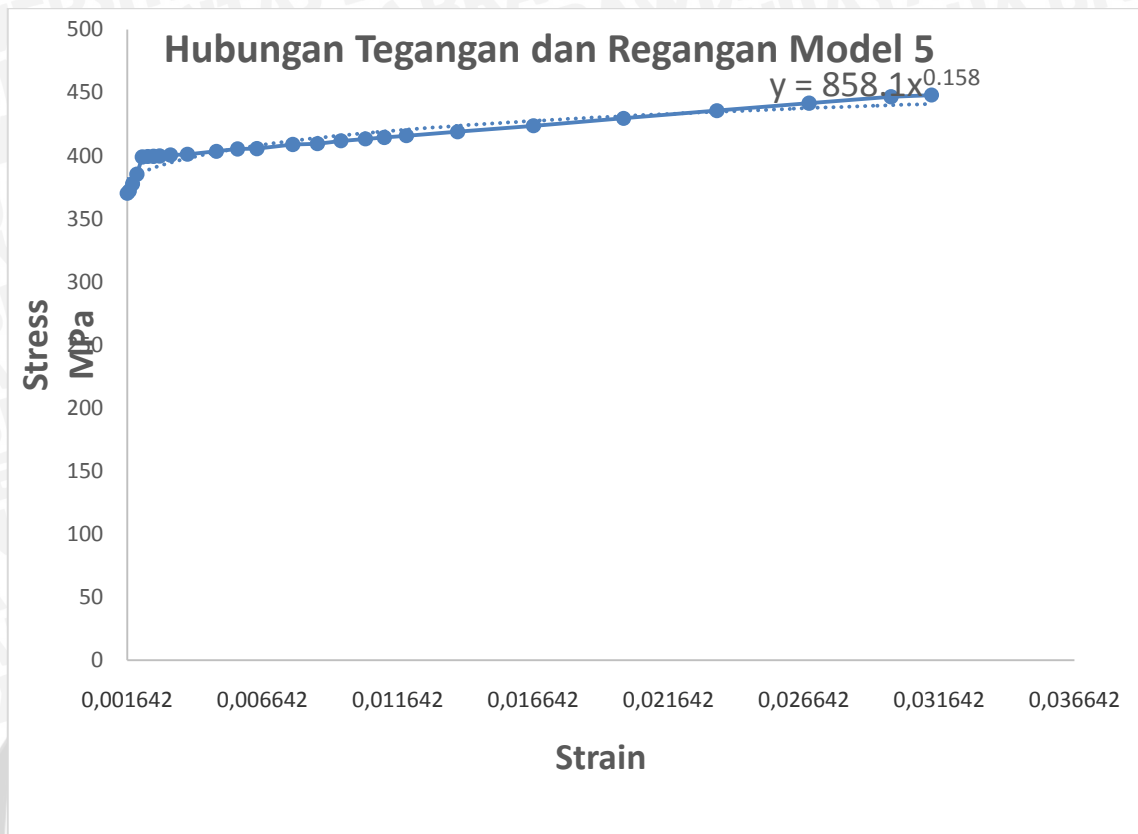




Gambar 4.12 Kurva Tegangan dan Regangan Model 3



Gambar 4.13 Kurva Tegangan dan Regangan Model 4



Gambar 4.14 Kurva Tegangan dan Regangan Model 5

Pada Gambar 4.10, 4.12, 4.13, 4.14, dan 4.15 merupakan kurva tegangan dan regangan yang terjadi pada simulasi masing-masing model. Dari setiap kurva akan didapatkan *trendline* hasil dari kurva tegangan dan regangan yang terjadi. Pada kurva, terdapat *trendline* yang mengindikasikan harga K dan n dari persamaan (2-8)

$$\sigma = K \cdot \epsilon^n$$

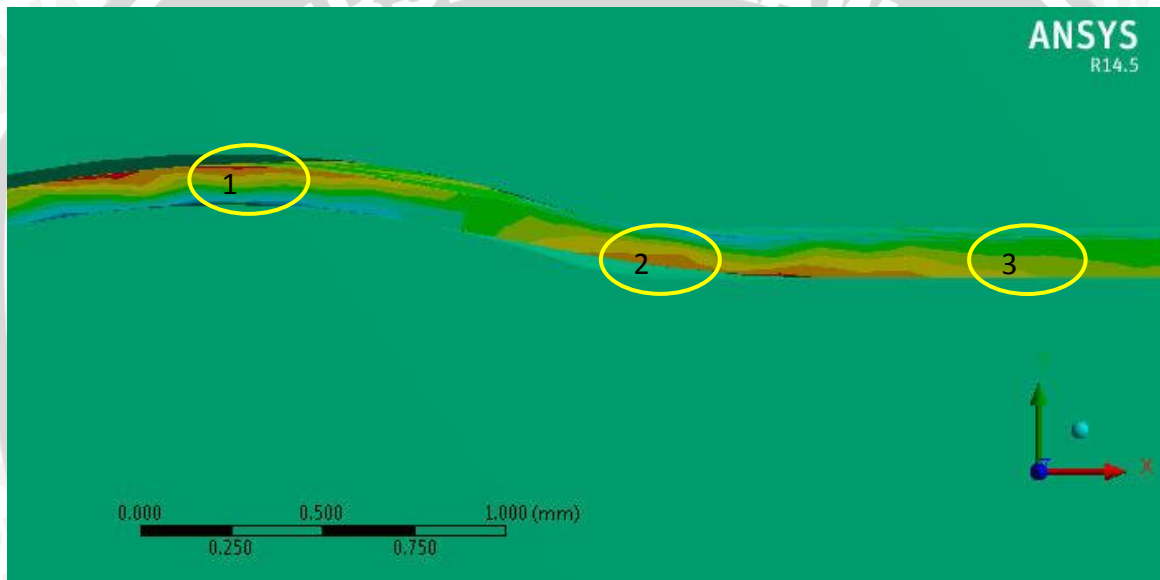
Pada simulasi model 1 memiliki persamaan  $y = 673,6 x^{0,1116}$ . Pada simulasi model 2 dengan radius *fillet* 0,2 mm, memiliki persamaan  $y = 676,76 x^{0,1127}$ . Pada simulasi model 3 memiliki persamaan  $y = 699,0 x^{0,115}$ . Model 4 memiliki persamaan  $y = 765,2 x^{0,135}$ . Pada simulasi model 5 dengan radius *fillet* 0,5 mm memiliki persamaan  $y = 858,1 x^{0,158}$ .

Nilai dari persamaan yang dimiliki oleh ke-5 simulasi terdapat harga konstanta penguat K dan *eksponential strain hardening*. Harga nilai K dan nilai n semakin naik seiring dengan besarnya radius *fillet* yang diberikan pada tiap model simulasi. Nilai n menunjukkan laju pengerasan material sehingga semakin mudah terjadi deformasi. Harga n, juga mengindikasikan sifat mampu regang pada material. Hal tersebut membuktikan bahwa semakin besar radius *fillet* yang diberikan, maka harga K dan harga n juga semakin besar, sehingga sifat mampu regang dari plat yang terdeformasi semakin besar. Apabila plat memiliki regangan yang baik, maka akan semakin mudah untuk dapat mengisi rongga pada

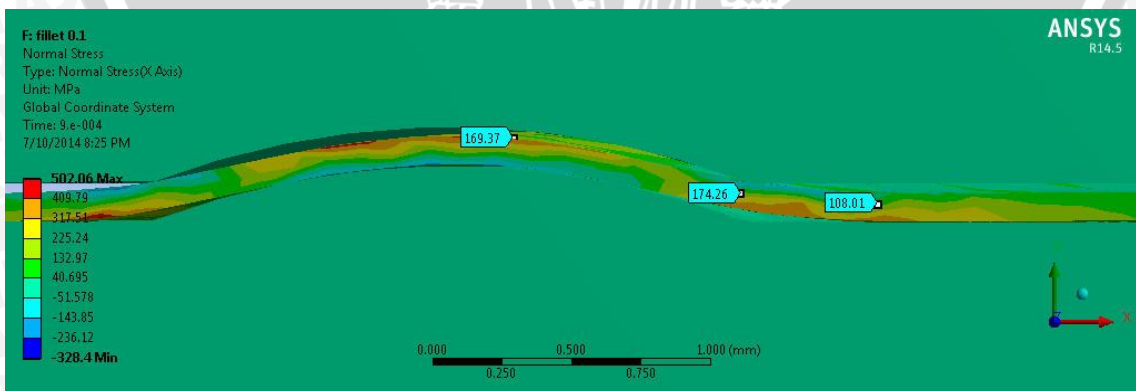
dies, sehingga *die fill defect* dapat berkurang dengan penambahan radius *fillet*. Untuk mengetahui bagaimana hasil regangan dan tegangan yang terjadi pada plat yang terdeformasi, maka akan diambil tiga contoh titik regangan dan tegangan pada semua model simulasi.

#### 4.2.2 Tegangan dan Regangan Pada Daerah Radius *Fillet*

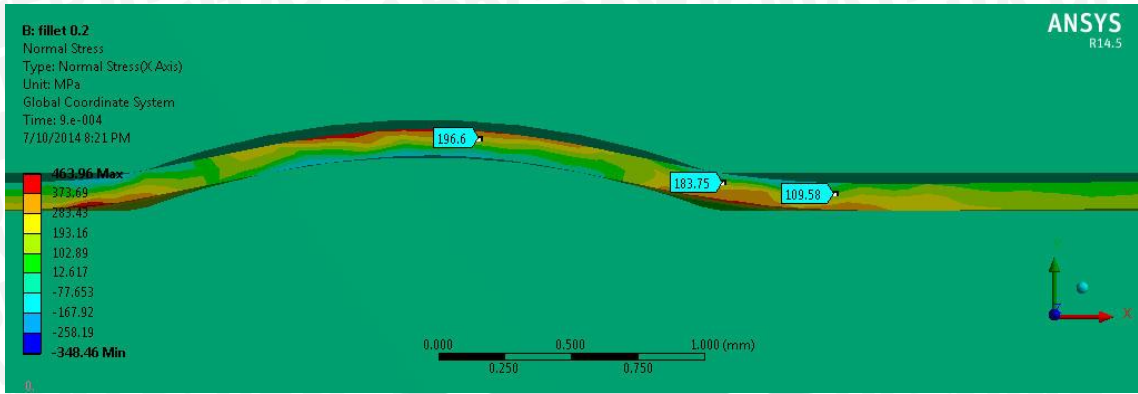
Contoh titik akan diambil pada *step 19* dari proses simulasi *press forming*. *Step 19* merupakan proses *press forming*, dimana plat belum terdeformasi secara plastis. Tiga titik pada area *fillet* tersebut diambil dengan metode *probe* pada Software ANSYS 14.5 Workbench. Berikut merupakan contoh pengambilan titik tegangan pada masing-masing model simulasi.



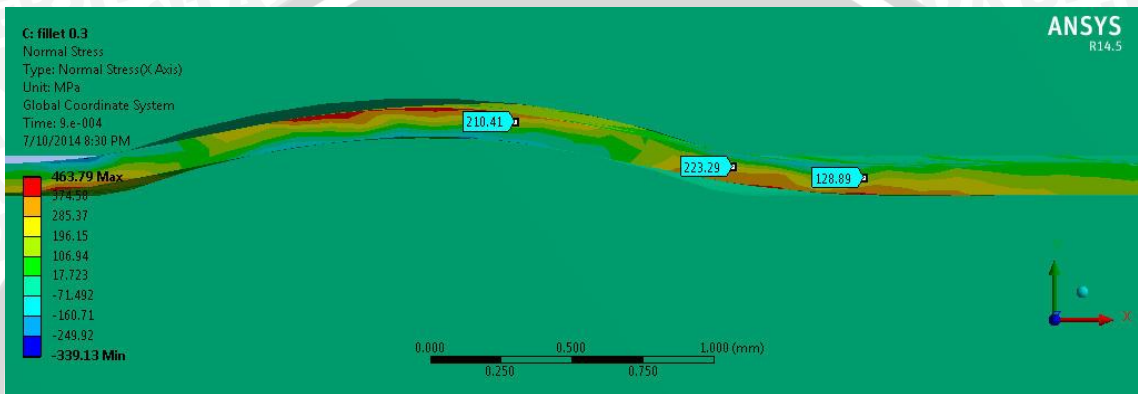
Gambar 4.15 Titik Pengambilan *Sample* Regangan dan Tegangan



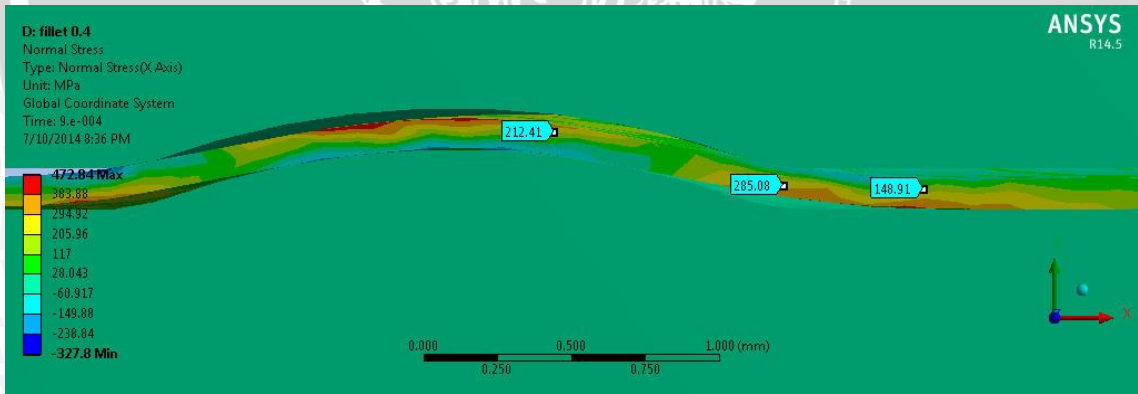
(a)



(b)

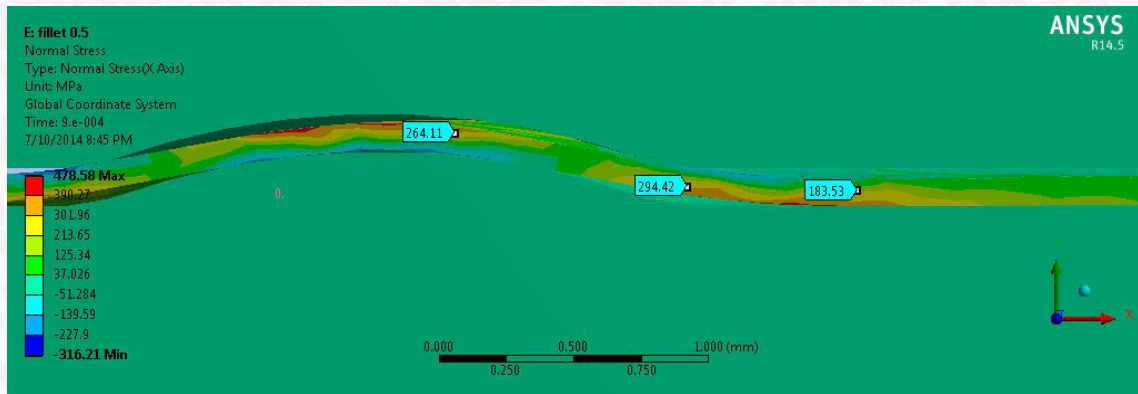


(c)



(d)

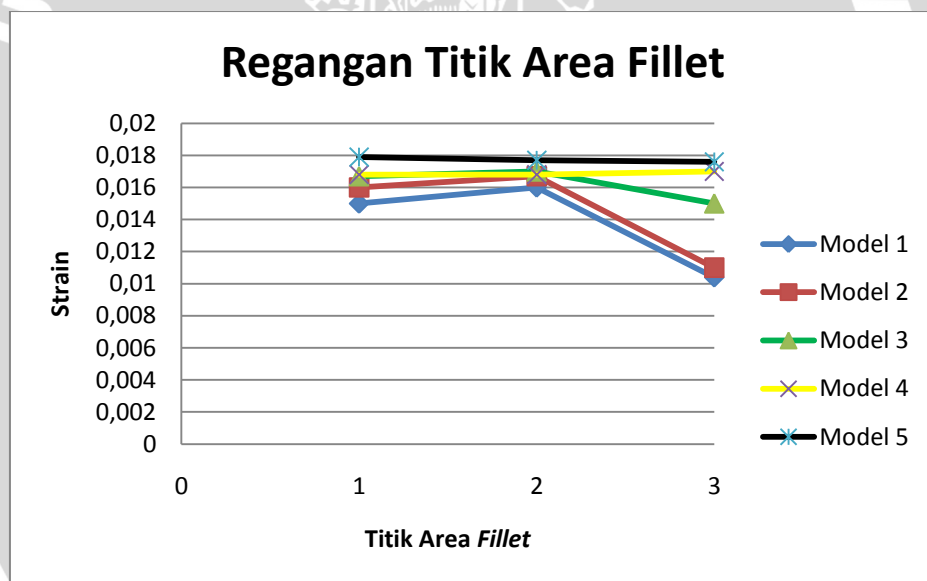




(e)

Gambar 4.16 Tegangan Yang Terjadi Pada Titik Daerah *Fillet*. a) Model 1. b) Model 2. c) Model 3. d) Model 4. e) Model 5.

Setelah pengambilan nilai tegangan dan regangan pada titik daerah *fillet*, maka akan didapatkan grafik angka tegangan dan regangan pada masing-masing model simulasi.

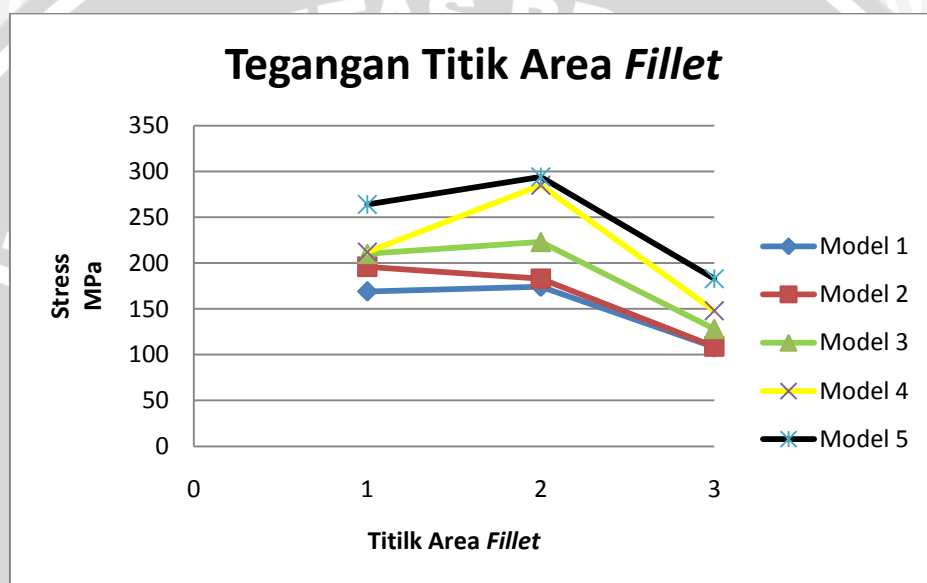


Grafik 4.17 Nilai Regangan Area *Fillet* Masing-masing Model

Pada Gambar 4.17 menjelaskan bahwa pada masing-masing model memiliki nilai regangan yang tinggi pada titik 2, kemudian diikuti oleh titik 1 dan yang memiliki nilai regangan terendah adalah pada titik 3. Hal ini disebabkan karena pada titik 2, merupakan daerah plat yang terdeformasi tepat oleh radius *fillet* dari *dies*. Radius *fillet* tersebut memberikan gaya tekan pada plat yang memudahkan plat terdeformasi, sehingga memiliki nilai regangan yang tinggi. Pada titik 1, nilai regangan lebih rendah daripada titik 2, karena plat yang terdeformasi tidak langsung diberi gaya tekan oleh radius *fillet* dari *dies*. Oleh karena itu, regangan pada titik 2 tidak sebesar titik 1. Titik 3 merupakan titik nilai regangan

paling rendah, disebabkan oleh permukaan dari *dies* yang tidak membentuk profil atau lekukan, sehingga plat pada daerah 3 memiliki regangan yang lebih rendah.

Apabila diurutkan dari model simulasi yang memiliki nilai rata-rata regangan tertinggi sampai ke rendah yaitu simulasi 5, simulasi 4, simulasi 3, simulasi 2 dan yang terendah adalah simulasi 1. Hal tersebut mengindikasikan, semakin besar daerah radius *fillet*, maka akan semakin besar nilai regangan yang dimiliki oleh plat yang terdeformasi. Hal ini disebabkan karena radius *fillet* yang semakin besar mengakibatkan plat terdeformasi dengan mudah, sehingga gaya reaksi yang terjadi semakin kecil mengakibatkan regangan yang terjadi semakin besar.



Gambar 4.18 Nilai Tegangan Area *Fillet* Masing-masing Model

Gambar 4.18 menginformasikan tentang nilai tegangan pada tiga titik daerah *fillet* pada masing-masing model simulasi. Pada grafik dapat dilihat bahwa titik 2 pada masing-masing model merupakan daerah yang memiliki tegangan paling tinggi. Titik 1 merupakan daerah yang memiliki nilai tegangan tertinggi ke dua setelah titik 2, kemudian titik 3 merupakan daerah yang memiliki nilai tegangan terendah pada masing-masing model simulasi. Hal ini disebabkan karena nilai tegangan pada daerah plat yang terdeformasi dipengaruhi oleh nilai regangan yang terjadi. Semakin tinggi harga regangan, maka semakin tinggi juga harga tegangan yang dimiliki oleh plat.

Pada Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa nilai tegangan dari ke tiga titik yang ada, apabila diurutkan dari yang terbesar dari ke lima model, maka yang memiliki tegangan paling tinggi adalah model 5, model 2, model 3, model 4, dan paling besar adalah model 5. Hal tersebut mengindikasikan bahwa, semakin besar radius *fillet* yang diberikan, maka akan

semakin besar tegangan yang dimiliki oleh plat yang terdeformasi. Disebabkan karena nilai regangan yang lebih besar, apabila semakin besar radius *fillet* yang diberikan. Ketika harga regangan semakin besar, maka nilai tegangan pada plat yang terdeformasi juga akan semakin besar.

Dari Grafik 4.17 dan Grafik 4.18 nilai regangan dan tegangan semakin meningkat seiring bertambahnya radius *fillet* yang diberikan. Apabila harga regangan tinggi, maka mengakibatkan *flow stress* pada plat juga semakin tinggi, Harga *flow stress* yang semakin tinggi maka mengakibatkan plat memiliki *flow material* yang semakin baik ketika mengalami deformasi. *Flow material* yang semakin baik, maka akan menyebabkan material dapat dengan mudah mengisi rongga profil *dies*. Hal tersebut menyebabkan model simulasi yang memiliki area *die fill defect* apabila diurutkan dari area *die fill defect* yang paling kecil adalah model 5, model 4, model 3, model 2, dan yang terakhir adalah model 1.

