

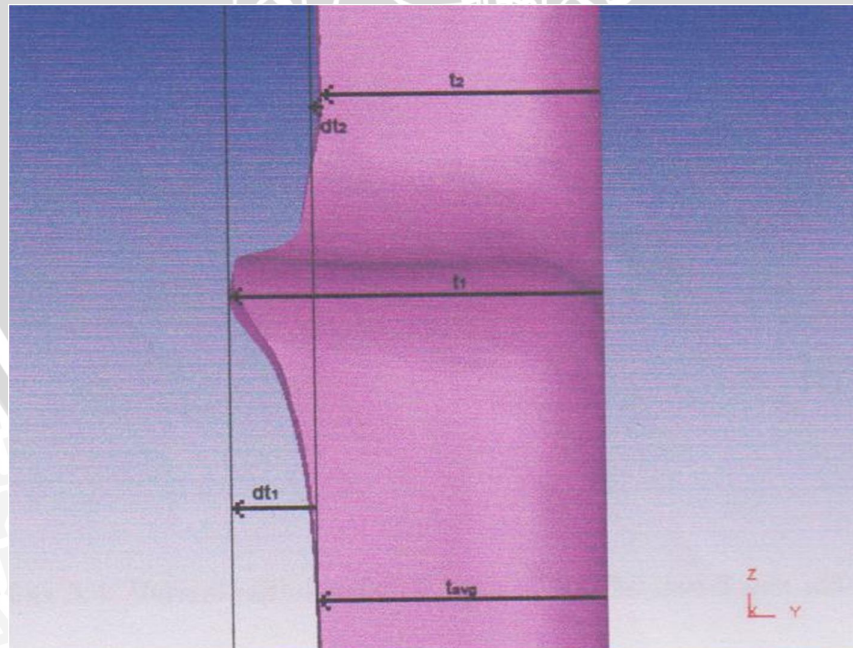
## BAB IV

### DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data

Hasil yang diperoleh dari Ansys Workbench v.13 adalah deformasi, distribusi tegangan, dan kemungkinan kerusakan (*damage*) yang terjadi. Cacat ketidakrataan ketinggian yang terjadi dapat diukur dari *software* Ansys Workbench v.13 dengan menggunakan *command Probe*. Pada *real*-nya cacat ketidakrataan ketinggian yang terjadi dapat diukur dengan menggunakan jangka sorong atau alat ukur panjang lainnya.

Pada proses pengukuran sisi *flange*, tampak ketidakrataan ketinggian sisi *flange* seperti yang terlihat pada gambar 4.1, dengan 2 kondisi yaitu pada bagian 1 ( $t_1$ ), ketinggian sisi *flange* lebih besar dari seharusnya yang selanjutnya kelebihan ketinggian pada sisi *flange* tersebut dinamakan  $dt_1$ , sedangkan pada bagian 2 ( $t_2$ ), ketinggian sisi *flange* lebih kecil dari seharusnya yang selanjutnya kekurangan ketinggian pada sisi *flange* tersebut dinamakan  $dt_2$ . Untuk mendapatkan  $dt_1$  dan  $dt_2$  maka perlu diukur dulu nilai  $t_{avg}$  sebagai acuan dari pengukuran. Selanjutnya kita mengukur besar dari  $t_1$  dan  $t_2$ , yang hasilnya nanti untuk  $t_1$  apabila kita lakukan penjumlahan dengan  $t_{avg}$  akan mendapatkan nilai dari  $dt_1$  dan untuk mendapatkan  $dt_2$  kita lakukan pengurangan antara  $t_{avg}$  dengan  $t_2$ .



Gambar 4.1. Pengukuran ketidakrataan pada daerah lokal belokan (mm)

Dengan bervariasi parameter geometri awal dari plat akhirnya diperoleh data seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.1 berikut:

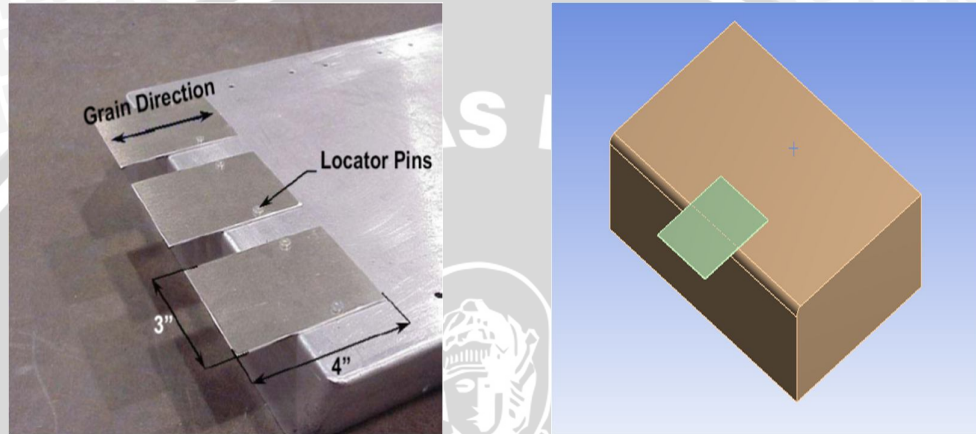
Tabel 4.1. Hasil pengukuran ketidakrataan ketinggian plat *jogged flange*

NO EKSPERIMEN	FAKTOR			HASIL	
	TEBAL (mm)	RADIUS (mm)	PANJANG (mm)	dt <sub>1</sub> (mm)	dt <sub>2</sub> (mm)
1	1	R <sub>A</sub> >R <sub>B</sub> (15>5)	L <sub>A</sub> >L <sub>B</sub> (100>50)	10.407	1.931
2	1	R <sub>A</sub> >R <sub>B</sub> (15>5)	L <sub>A</sub> =L <sub>B</sub> (75=75)	10.393	1.808
3	1	R <sub>A</sub> >R <sub>B</sub> (15>5)	L <sub>A</sub> <L <sub>B</sub> (50<100)	10.62	1.956
4	1	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> (10=10)	L <sub>A</sub> >L <sub>B</sub> (100>50)	10.404	2.402
5	1	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> (10=10)	L <sub>A</sub> =L <sub>B</sub> (75=75)	10.126	2.357
6	1	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> (10=10)	L <sub>A</sub> <L <sub>B</sub> (50<100)	10.415	2.569
7	1	R <sub>A</sub> <R <sub>B</sub> (5>15)	L <sub>A</sub> >L <sub>B</sub> (100>50)	10.092	2.927
8	1	R <sub>A</sub> <R <sub>B</sub> (5>15)	L <sub>A</sub> =L <sub>B</sub> (75=75)	9.746	2.823
9	1	R <sub>A</sub> <R <sub>B</sub> (5>15)	L <sub>A</sub> <L <sub>B</sub> (50<100)	10.233	2.936
10	2	R <sub>A</sub> >R <sub>B</sub> (15>5)	L <sub>A</sub> >L <sub>B</sub> (100>50)	10.221	1.181
11	2	R <sub>A</sub> >R <sub>B</sub> (15>5)	L <sub>A</sub> =L <sub>B</sub> (75=75)	9.991	0.8
12	2	R <sub>A</sub> >R <sub>B</sub> (15>5)	L <sub>A</sub> <L <sub>B</sub> (50<100)	10.233	1.114
13	2	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> (10=10)	L <sub>A</sub> >L <sub>B</sub> (100>50)	10.15	1.357
14	2	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> (10=10)	L <sub>A</sub> =L <sub>B</sub> (75=75)	9.767	1.247
15	2	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> (10=10)	L <sub>A</sub> <L <sub>B</sub> (50<100)	10.096	1.304
16	2	R <sub>A</sub> <R <sub>B</sub> (5>15)	L <sub>A</sub> >L <sub>B</sub> (100>50)	9.491	1.583
17	2	R <sub>A</sub> <R <sub>B</sub> (5>15)	L <sub>A</sub> =L <sub>B</sub> (75=75)	9.449	1.447
18	2	R <sub>A</sub> <R <sub>B</sub> (5>15)	L <sub>A</sub> <L <sub>B</sub> (50<100)	9.486	1.597
19	3	R <sub>A</sub> >R <sub>B</sub> (15>5)	L <sub>A</sub> >L <sub>B</sub> (100>50)	9.094	1.173
20	3	R <sub>A</sub> >R <sub>B</sub> (15>5)	L <sub>A</sub> =L <sub>B</sub> (75=75)	8.911	0.693
21	3	R <sub>A</sub> >R <sub>B</sub> (15>5)	L <sub>A</sub> <L <sub>B</sub> (50<100)	9.028	1.128
22	3	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> (10=10)	L <sub>A</sub> >L <sub>B</sub> (100>50)	9.912	1.36
23	3	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> (10=10)	L <sub>A</sub> =L <sub>B</sub> (75=75)	8.897	1.137
24	3	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> (10=10)	L <sub>A</sub> <L <sub>B</sub> (50<100)	9.5	1.37
25	3	R <sub>A</sub> <R <sub>B</sub> (5>15)	L <sub>A</sub> >L <sub>B</sub> (100>50)	8.677	1.447
26	3	R <sub>A</sub> <R <sub>B</sub> (5>15)	L <sub>A</sub> =L <sub>B</sub> (75=75)	8.561	1.329
27	3	R <sub>A</sub> <R <sub>B</sub> (5>15)	L <sub>A</sub> <L <sub>B</sub> (50<100)	8.806	1.474

## 4.2 Pembahasan

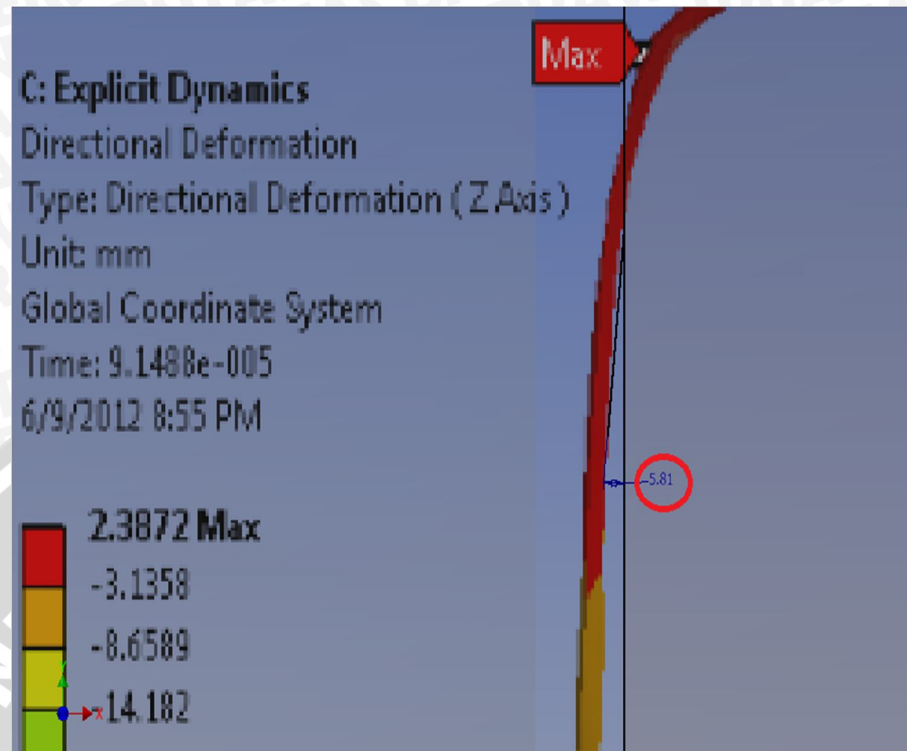
### 4.2.1 Verifikasi Hasil Pemodelan

Verifikasi dilakukan dengan membandingkan model eksperimen nyata yaitu penelitian Pravin Kulkarni dan Shashikiran Prabhakar (Gambar 4.2). Parameter proses yang dipilih adalah material *aluminum alloy 2024-O*, *straight flange*, radius *bending punch* 6,35 mm, dan cacat yang diteliti ialah cacat *springback*.



Gambar 4.2 Pemodelan penelitian Pravin Kulkarni menggunakan *software* Ansys Workbench v.13

*Software* Ansys Workbench v.13 tidak menyediakan fasilitas yang menampilkan secara langsung besar sudut penyimpangan (*springback*) yang terjadi, sehingga digunakanlah pengukuran dengan menggunakan bantuan *software* Autodesk Inventor Profesional 2012 (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Pengukuran sudut *springback* menggunakan Autodesk Inventor Profesional 2012

Hasil yang diperoleh dari pengukuran besar sudut *springback* adalah seperti tampak pada tabel 4.2 berikut:

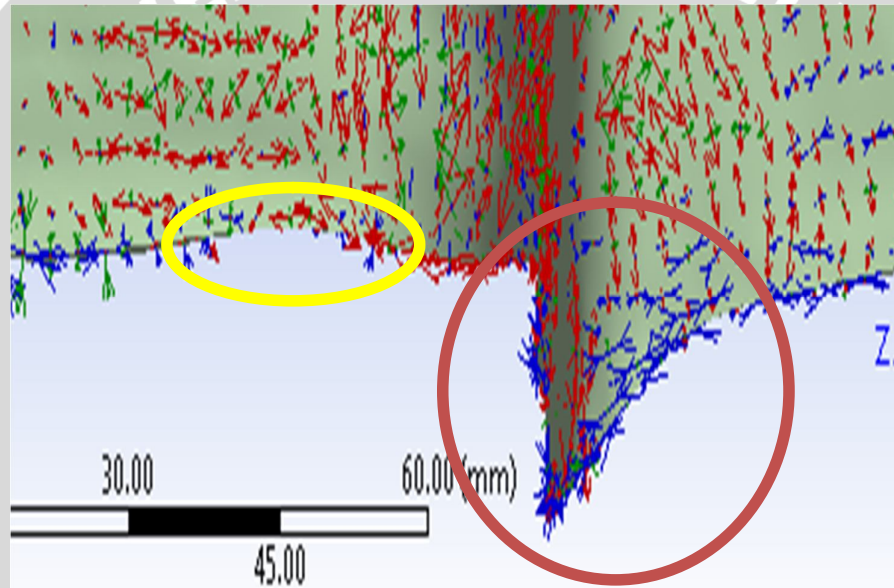
Tabel 4.2. Verifikasi hasil pemodelan eksperimen nyata dengan Ansys

Aluminum Alloy 2024 – O			
Tebal plat (mm)	Radius Bending 6,35 mm		
	<i>Experimental</i> (Degree)	<i>FEA</i> (Degree)	<i>Deviation</i> (%)
0,8	96,29	95,81	0,5
1,6	93,90	92.22	1,79

Hasil simulasi model tiga dimensi sedikit berbeda dengan hasil model eksperimen nyata milik Pravin Kulkarni dan Shashikiran Prabhakar. Akan tetapi toleransi penyimpangan dari verifikasi masih dibawah 5% sehingga masih cukup valid.

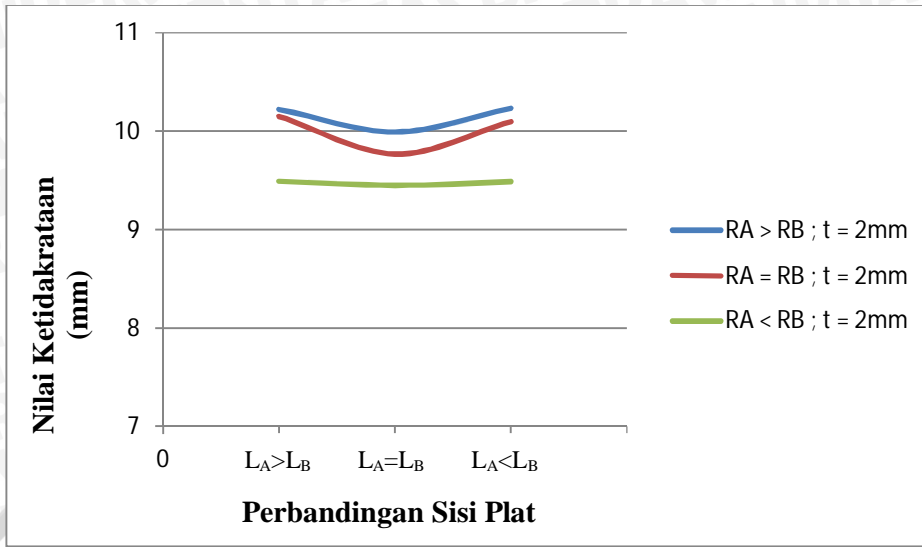
#### 4.2.2 Analisis Pengaruh Perbandingan Panjang Plat Terhadap Ketidakrataan Belokan *Flange*

Pada pembengkokan plat bentuk *jogged flange*, di bagian belokan cenderung mengalami pemanjangan maupun pengurangan ketinggian *flange*. Kecenderungan tersebut disebabkan karena dua buah gaya yang bekerja pada arah yang berlawanan disekitar daerah belokan plat hal inilah yang dimaksud dengan kedwisumbuan tegangan. Akibatnya dibagian belokan cenderung mengalami pemanjangan yang disebabkan oleh *tension* (gambar 4.4 yang dilingkari coklat) dan pengurangan ketinggian yang disebabkan oleh *compression* pada daerah belokan (Gambar 4.4 yang dilingkari kuning) ketinggian *flange* tersebut.

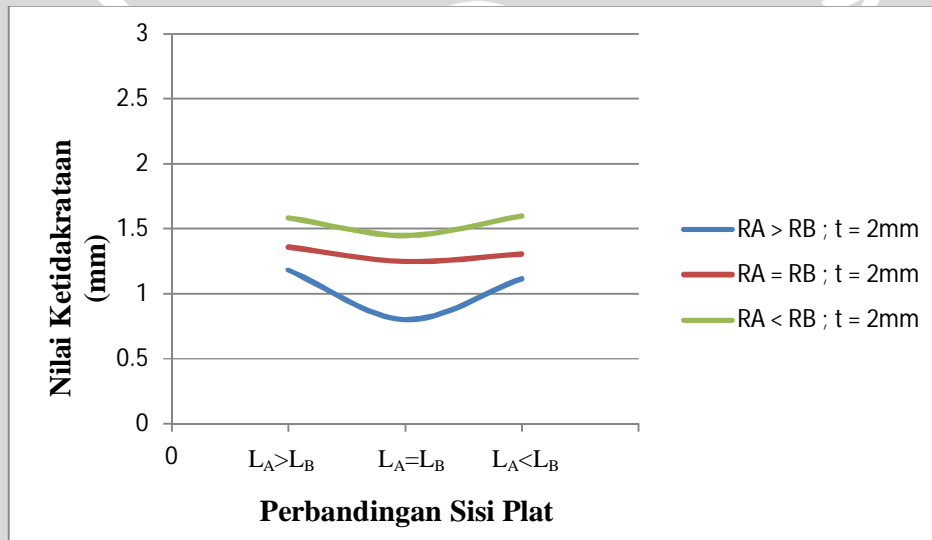


Gambar 4.4 Kedwisumbuan tegangan yang terjadi pada daerah belokan plat

*Strain rate* dapat bereaksi sangat berbeda bergantung pada gaya yang diterapkan. Pada kebanyakan kasus deformasi plastis, jika gaya pembebanan dilakukan secara bertahap diterapkan pada material, maka material akan memanjang dalam jumlah besar sebelum rusak. Hal ini dikarenakan molekul di material memiliki cukup waktu untuk mereorientasi diri dan bergerak melewati satu sama lain, yang menyebabkan peregangan terjadi.



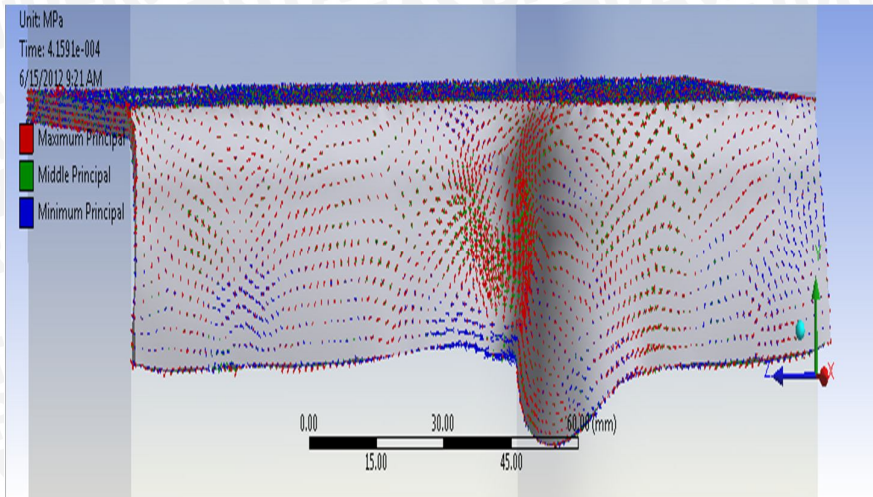
( a )



( b )

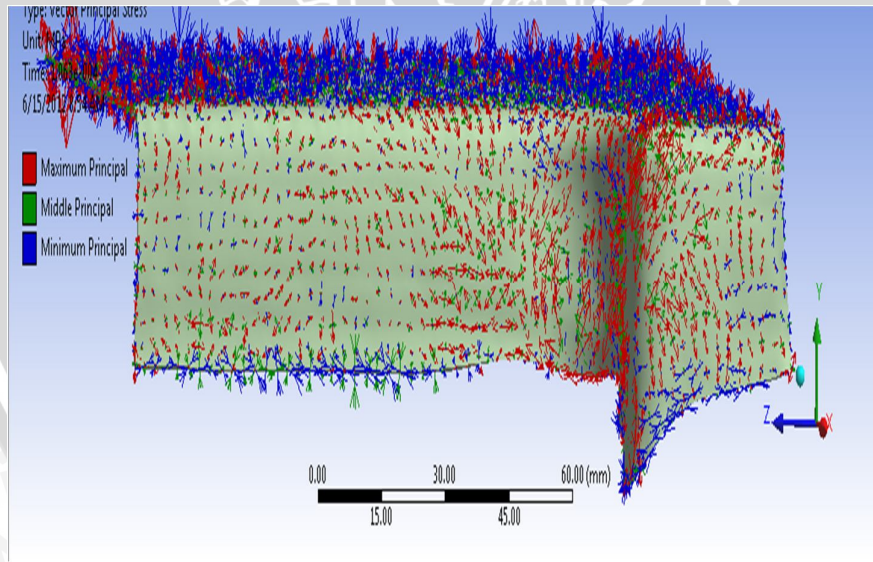
Gambar 4.5 ( a ) Grafik pengaruh panjang sisi plat terhadap ketidakrataaan belokan *flange* pada  $t_1$  ( b ) Grafik pengaruh panjang sisi plat terhadap ketidakrataaan belokan *flange* pada  $t_2$

Berdasarkan data yang telah dipaparkan pada tabel 4.1 dan gambar 4.5 dapat terlihat bahwa nilai ketidakrataaan yang paling minimal dari perbandingan panjang plat ( $L_A > L_B$ ;  $L_A = L_B$ ;  $L_A < L_B$ ) terjadi pada perbandingan panjang plat  $L_A = L_B$  dimana  $L_A = 75$  cm dan  $L_B = 75$  cm. Hal ini dikarenakan distribusi tegangan yang lebih merata pada perbandingan panjang plat  $L_A = L_B$  dibandingkan dengan perbandingan plat pada  $L_A > L_B$  dan  $L_A < L_B$  (gambar 4.6).



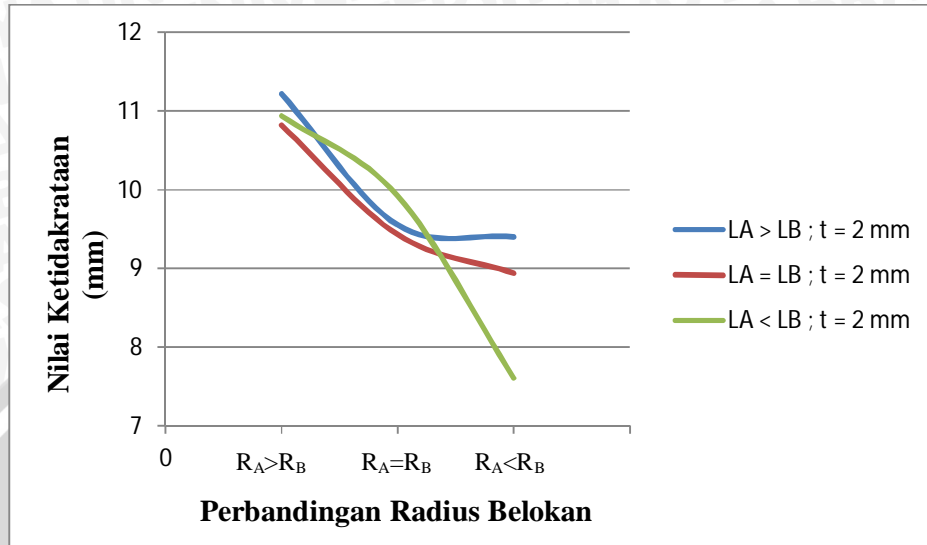
Gambar 4.6 Distribusi tegangan pada perbandingan panjang plat  $L_A=L_B$

Perbedaan panjang sisi plat mengakibatkan adanya penumpukan konsentrasi tegangan yang berlebih pada belokan *flange* sehingga mengakibatkan distribusi tegangan yang tidak merata dan adanya peningkatan regangan yang berlebih pada belokan *flange*  $dt_1$  dan pengurangan regangan pada belokan *flange*  $dt_2$  (gambar 4.7).

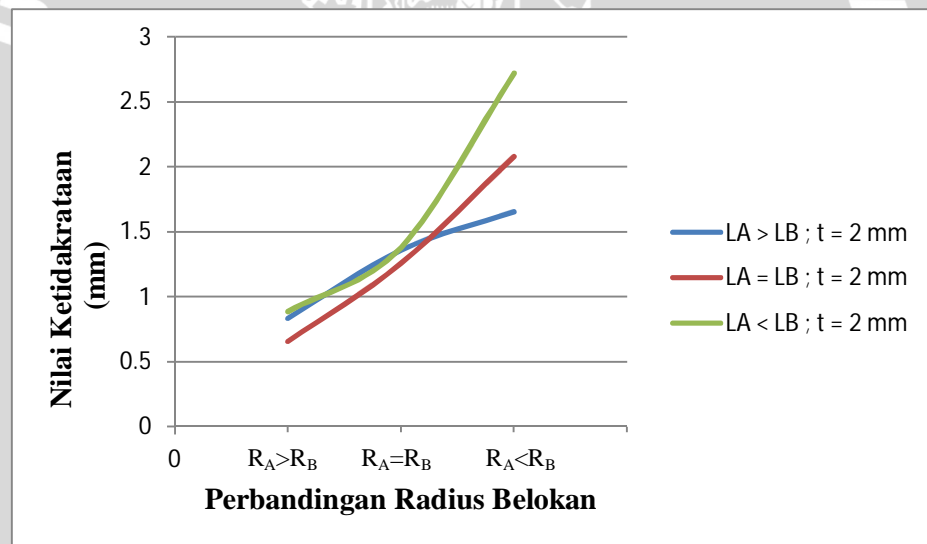


Gambar 4.7 Distribusi tegangan pada perbandingan panjang plat  $L_A>L_B$

4.2.3 Analisis Pengaruh Perbandingan Radius Belokan Plat Terhadap Ketidakrataan Belokan *Flange*



( a )



( b )

Gambar 4.8 ( a ) Grafik pengaruh radius belokan plat terhadap ketidakrataan belokan *flange* pada  $dt_1$  ( b ) Grafik pengaruh radius belokan plat terhadap ketidakrataan belokan *flange* pada  $dt_2$

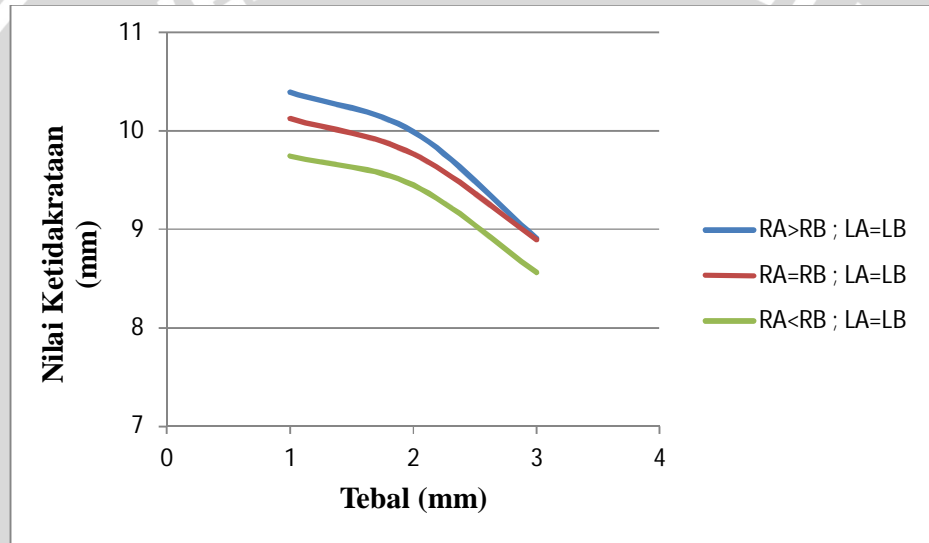
Berdasarkan data yang telah dipaparkan pada tabel 4.1 dan gambar 4.8 dapat terlihat bahwa nilai ketidakrataan yang paling minimal dari belokan 1 ( $dt_1$ ) terjadi pada perbandingan radius  $R_A < R_B$  dan nilai ketidakrataan yang paling maksimal terjadi pada perbandingan radius  $R_A > R_B$ . Selanjutnya nilai ketidakrataan yang paling minimal dari belokan 2 ( $dt_2$ ) terjadi pada



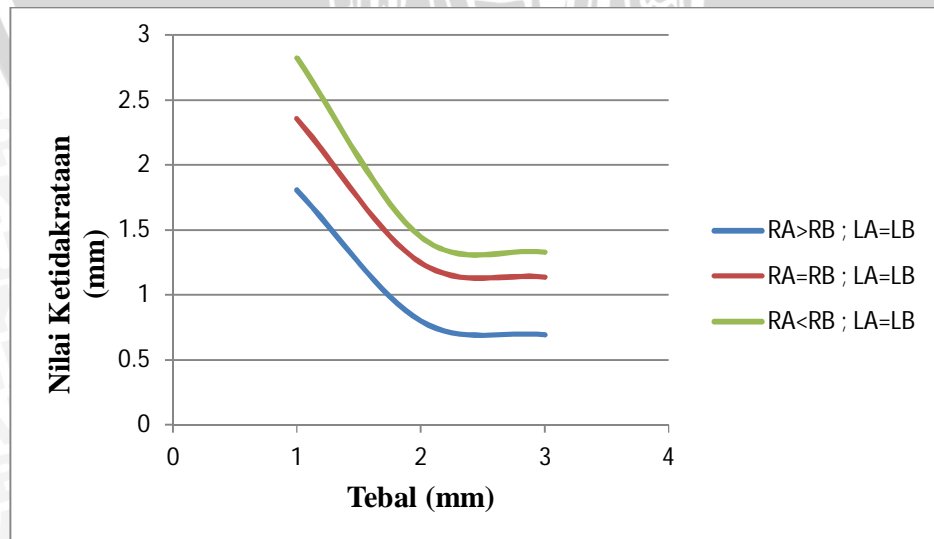
perbandingan radius  $R_A > R_B$  dan nilai ketidakrataan yang paling maksimal terjadi pada perbandingan radius  $R_A < R_B$ . Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar radius *flange* maka semakin kecil cacat ketidakrataan yang terjadi.

Pada nilai ketidakrataan belokan 1 ( $dt_1$ ), yang lebih mempengaruhi nilai ketidakrataan ketinggian belokan 1 ( $dt_1$ ) adalah besar radius belokan 1 ( $R_A$ ), karena secara geometri ukuran  $R_A$  secara langsung mempengaruhi besar deformasi yang terjadi pada daerah lokal belokan 1 ( $dt_1$ ). Begitu juga sebaliknya pada ketidakrataan belokan 2 ( $dt_2$ ).

#### 4.2.4 Analisis Pengaruh Tebal Plat Terhadap Ketidakrataan Belokan *Flange*



( a )

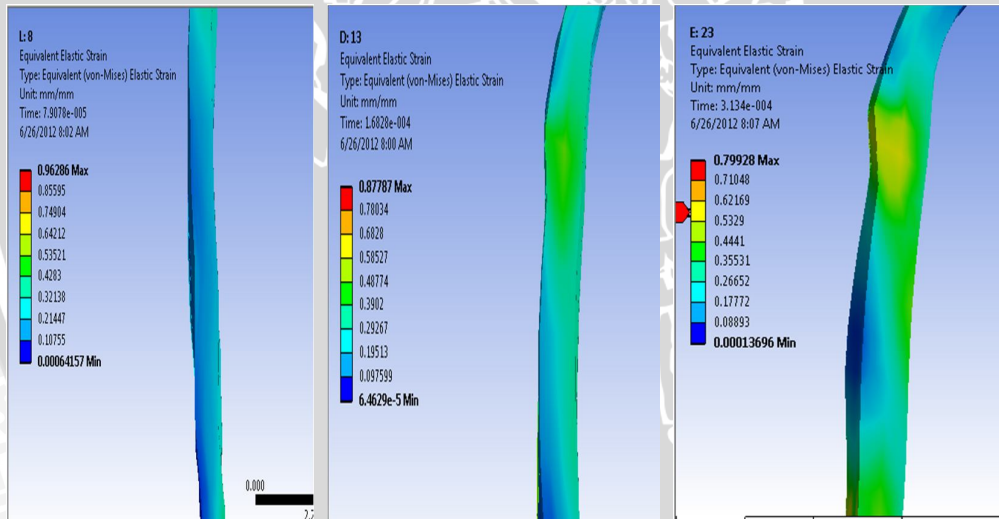


( b )

Gambar 4.9 ( a ) Grafik pengaruh radius belokan plat terhadap ketidakrataan belokan flange pada  $dt_1$  ( b ) Grafik pengaruh radius belokan plat terhadap ketidakrataan belokan flange pada  $dt_2$

Berdasarkan data yang telah dipaparkan pada tabel 4.1 dan gambar 4.9 dapat terlihat bahwa dapat terlihat bahwa nilai ketidakrataan yang paling minimal dari belokan 1 ( $dt_1$ ) terjadi pada tebal 3 mm dan nilai ketidakrataan yang paling maksimal terjadi pada perbandingan radius 1 mm. Selanjutnya nilai ketidakrataan yang paling minimal dari belokan 2 ( $dt_2$ ) terjadi pada 3 mm dan nilai ketidakrataan yang paling maksimal terjadi pada perbandingan 1 mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar tebal platnya maka semakin kecil cacat ketidakrataan yang terjadi.

Pada plat yang lebih tebal tidak semua materialnya bersifat plastis apabila diberi beban, semakin tebal plat nya maka semakin besar pula daerah elastis yang terdapat pada bagian dalam platnya (gambar 4.10).



Gambar 4.10 Kemampuan elastis pada plat tebal 1 mm, 2 mm, dan 3 mm

Pada tebal 1 mm warna daerah kemampuan elastis plat nya lebih cenderung bersifat plastis hal ini ditampilkan dengan warna biru hingga biru muda yang lebih dominan pada platnya. Pada tebal 2 mm kemampuan elastis platnya lebih besar daripada tebal 1 mm, hal ini dapat terlihat pada tebal 2 mm daerah kemampuan elastis platnya beragam mulai dari warna biru hingga hijau yang berarti kemampuan elastis platnya

disini lebih cenderung meningkat dibandingkan dengan tebal 1 mm. Sedangkan pada tebal 3 mm kemampuan elastis platnya lebih besar daripada tebal 2 mm, hal ini ditunjukkan dengan keseragaman daerah elastis mulai dari warna biru hingga kuning pada platnya. Pada plat tebal 3 mm terdapat daerah elastis berwarna dominan hijau dan warna kuning yang memiliki kemampuan elastis lebih tinggi daripada sebelumnya. Oleh karena itu semakin tebal platnya maka semakin besar pula kemampuan elastisnya yang mengakibatkan setelah diberi pembebanan plat mencoba berdeformasi kembali ke bentuk semula, hal inilah yang mengakibatkan semakin kecilnya nilai cacat ketidakrataan pada plat yang lebih tebal.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

