








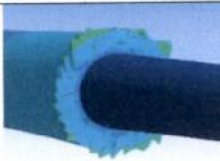




BAB IV

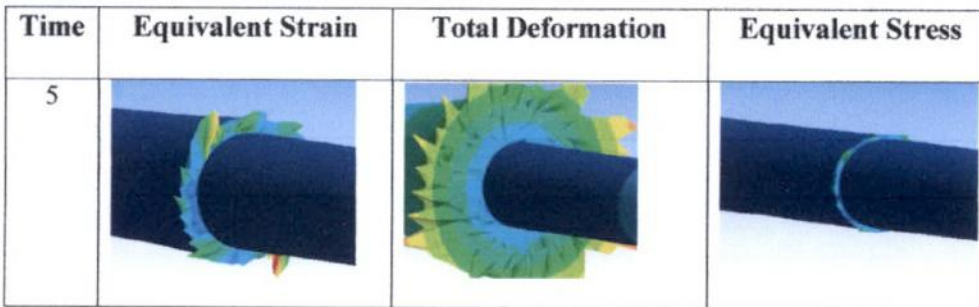
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan proses simulasi *Countinous Drive Friction Welding* (CDFW) maka akan diperoleh data dari hasil simulasi. Data dari hasil simulasi CDFW digunakan untuk mengetahui berapa banyak keuntungan dari proses simulasi dibandingkan dengan proses pengelasan langsung.

4.1. Hasil Simulasi CDFW

Setelah dilakukan proses simulasi CDFW, maka didapatkan hasil simulasi berupa *total deformasi*, *equivalent stress*, dan *equivalent strain*. Pada tampilan visual sangat tampak *flash* yang dihasilkan dari simulasi CDFW.

Time	Equivalent Strain	Total Deformation	Equivalent Stress
1			
2			
3			
4			



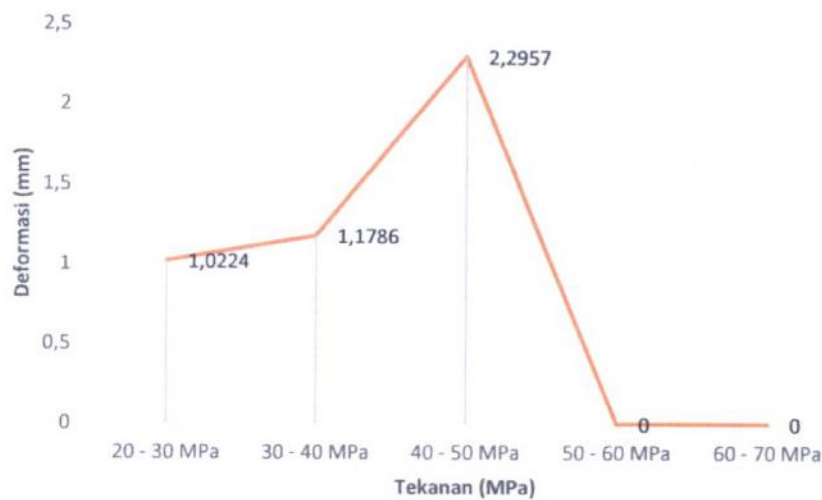
Gambar 4.1. Visualisasi simulasi CDFW

Setelah dilakukan proses simulasi CDFW telah didapatkan tabel data *total deformation, equivalent stress, dan equivalent strain*.

1. Total Deformation

Tabel 4.1. *Total Deformation* putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik dan tekanan tempa 2 detik.

Time (s)	Deformasi (mm)				
	Tekanan Gesek 20 MPa	Tekanan Gesek 30 MPa	Tekanan Gesek 40 MPa	Tekanan Gesek 50 MPa	Tekanan Gesek 60 MPa
	Tekanan Tempa 30 MPa	Tekanan Tempa 40 MPa	Tekanan Tempa 50 MPa	Tekanan Tempa 60 MPa	Tekanan Tempa 70 MPa
0,175	0,19452	0,2127	0,24569	0	0
0,35	0,19452	0,2127	0,2855	0	0
0,6125	0,23397	0,25725	0,34864	0	0
1	0,31705	0,35055	0,43638	0	0
2	0,43459	0,47458	0,59905	0	0
3	0,60039	0,64783	0,86612	0	0
3,5	0,60039	0,64783	1,0261	0	0
4	0,79887	0,86616	1,2579	0	0
4,175	0,79887	0,86616	1,362	0	0
4,35	0,79887	0,86616	1,4901	0	0
4,45	0,79887	0,86616	1,5523	0	0
4,55	0,79887	0,86616	1,6272	0	0
4,65	0,79887	0,86616	1,6886	0	0
5	1,0224	1,1786	2,2957	0	0



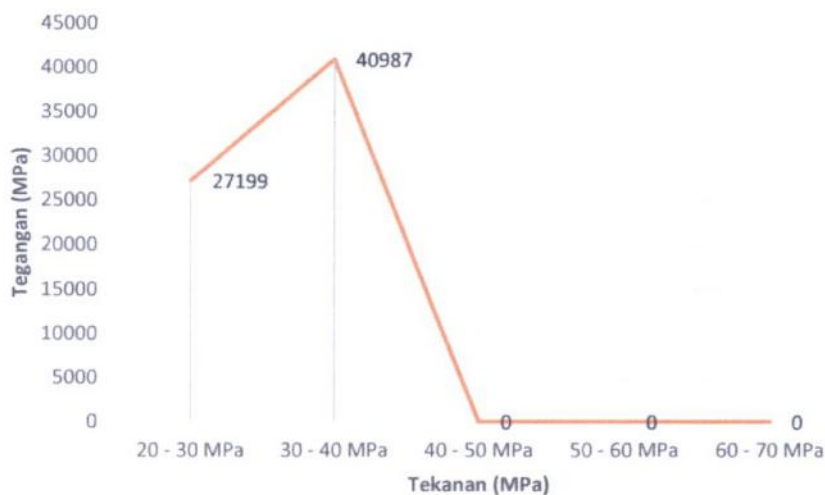
Gambar 4.2. Grafik *Total Deformation* terhadap tekanan, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

Total deformasi atau deformasi yang terjadi di permukaan *interface* didapatkan hasil bahwa dari tekanan gesek 20 – 60 MPa dan tekanan tempa 30 – 70 MPa didapatkan hasil yang berbeda – beda disetiap variasinya. Semakin tinggi tekanan yang diberikan maka akan memberikan deformasi yang lebih besar dipermukaan *interface*. Pada tekanan gesek 20 MPa dan tekanan tempa 30 MPa deformasi yang terjadi di permukaan sebesar 1,0224 mm, sedangkan pada tekanan gesek 30 MPa dan tekanan tempa 40 MPa deformasinya sebesar 1,1786 mm, dan pada tekanan gesek 40 MPa dan tekanan tempa 50 MPa 2,2957 mm. Namun pada saat tekanan gesek 50 MPa dan tekanan tempa 60 MPa data tidak biasa didapatkan karena dimungkinkan tekanan yang diberikan terlalu besar hal ini juga terjadi pada tekanan selebihnya. Kegagalan pada proses *running program* menjadi indikasi awal jika tekanan yang diberikan tidak mampu untuk material tersebut. Sehingga batasan paling tinggi untuk pengelasan gesek dengan putaran 1000 RPM adalah saat tekanan gesek 40 MPa dan tekanan tempa 50 MPa.

2. Equivalent Stress

Tabel 4.2. *Equivalent Stress* putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik dan tekanan tempa 2 detik.

Time (s)	Tegangan (MPa)				
	Tekanan Gesek 20 MPa	Tekanan Gesek 30 MPa	Tekanan Gesek 40 MPa	Tekanan Gesek 50 MPa	Tekanan Gesek 60 MPa
	Tekanan Tempa 30 MPa	Tekanan Tempa 40 MPa	Tekanan Tempa 50 MPa	Tekanan Tempa 60 MPa	Tekanan Tempa 70 MPa
0,175	1931,2	2616,2	10701	0	0
0,35	2255,2	3133,3	12164	0	0
0,6125	3105	4074,9	13482	0	0
1	3272,7	4461,5	14685	0	0
2	4321,8	6628,1	21231	0	0
3	8958,3	13161	32768	0	0
3,5	8958,3	13161	43428	0	0
4	17472	27137	62513	0	0
4,175	17472	27137	70957	0	0
4,35	17472	27137	79373	0	0
4,45	17472	27137	85021	0	0
4,55	17472	27137	90776	0	0
4,65	17472	27137	1,03E+05	0	0
5	27199	40987	0	0	0



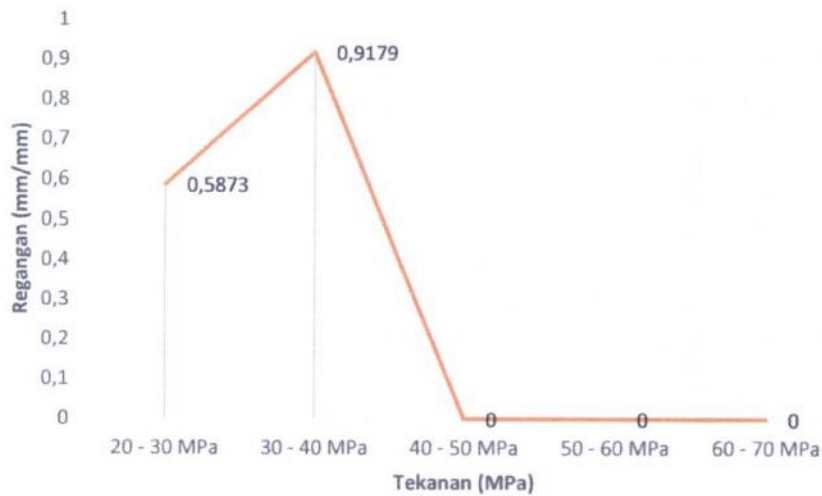
Gambar 4.3. Grafik *Equivalent stress* terhadap tekanan, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3, detik dan tekanan tempa 2 detik.

Equivalent Stress atau tegangan pada permukaan *interface* didapatkan hasil bahwa tekanan gesek lebih dari 30 MPa dan tekanan tempa 40 MPa mengalami kegagalan proses *solving program*. Hal ini ditunjukkan dengan data yang didapatkan dari proses simulasi ini tidak selesai terutama pada saat tekanan tempa diberikan. Pada saat tekanan tempa 50 MPa proses *solving* terhenti, hal ini dikarenakan tekanan yang diberikan terlalu besar dan tidak mampu untuk ukuran material dengan diameter 15 mm. Pada tekanan gesek 20 MPa dan tekanan tempa 30 MPa tegangan pada daerah *interface* didapatkan hasil 27199 MPa dan pada tekanan gesek 30 MPa dan tekanan tempa 40 MPa tegangan pada daerah *interface* sebesar 40987 MPa.

3. *Equivalent Strain*

Tabel 4.3. *Equivalent Strain* putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik dan tekanan tempa 2 detik.

Time (s)	Regangan (mm/mm)				
	Tekanan Gesek 20 MPa	Tekanan Gesek 30 MPa	Tekanan Gesek 40 MPa	Tekanan Gesek 50 MPa	Tekanan Gesek 60 MPa
	Tekanan Tempa 30 MPa	Tekanan Tempa 40 MPa	Tekanan Tempa 50 MPa	Tekanan Tempa 60 MPa	Tekanan Tempa 70 MPa
0,175	5,38E-02	7,39E-02	0,23618	0	0
0,35	6,19E-02	8,61E-02	0,27389	0	0
0,613	8,11E-02	0,1101	0,31914	0	0
1	9,46E-02	0,12971	0,37303	0	0
2	0,17383	0,26009	0,55509	0	0
3	0,28316	0,4226	0,8785	0	0
3,5	0,28316	0,4226	1,0654	0	0
4	0,43469	0,6375	1,2813	0	0
4,175	0,43469	0,6375	1,3721	0	0
4,35	0,43469	0,6375	1,4733	0	0
4,45	0,43469	0,6375	1,5314	0	0
4,55	0,43469	0,6375	1,6172	0	0
4,65	0,43469	0,6375	1,6811	0	0
5	0,5873	0,9179	0	0	0



Gambar 4.4. Grafik *Equivalent strain* terhadap tekanan, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

Equivalent Strain atau regangan yang terjadi pada daerah *interface*. Regangan paling besar terjadi pada tekanan gesek 30 MPa dan tekanan 40 MPa sebesar 0,9179 mm/mm dan regangan paling kecil terjadi pada variasi lebih dari tekanan gesek 40 MPa dan tekanan tempa 50 MPa. Pada tekanan gesek 40 MPa dan tekanan tempa 50 MPa saat detik ke 4,65 mengalami penurunan sampai detik ke 5. Penurunan terjadi dari 103000 mm/mm sampai 0 mm/mm. Hal ini terjadi karena pada tekanan tempa 50 MPa, tekanan terlalu besar diberikan sehingga saat *solving program* mengalami kegagalan. Bahkan pada variasi tekanan gesek 40 MPa dan tekanan 50 MPa selebihnya data regangan pada daerah *interface* tidak mengeluarkan data sama sekali. Hal ini juga akibat pengaruh dari besarnya tekanan gesek dan tekanan tempa yang diberikan.

4.2. Hasil dan Pembahasan Setiap Variasi Tekanan Gesek dan Tekanan Tempa

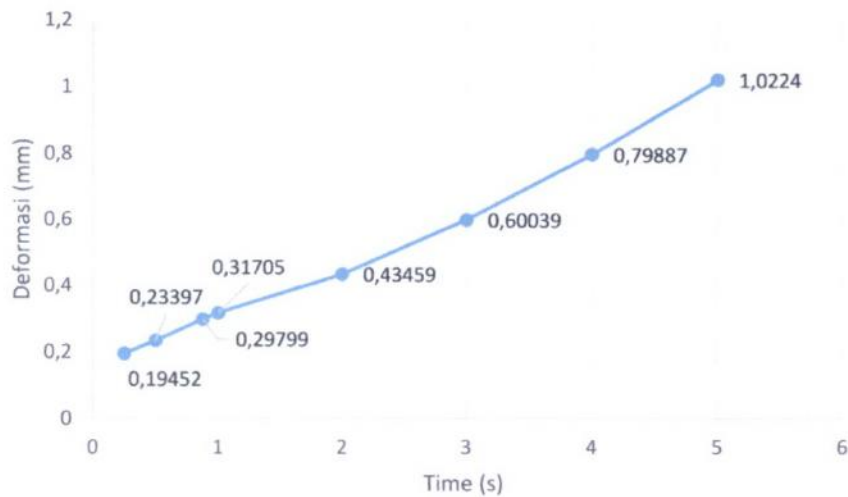
Pada simulasi pengelasan gesek CDFW menggunakan 5 variasi tekanan gesek dan tekanan tempa dengan putaran konstan 1000 RPM dan waktu gesekan 3 detik dan waktu tempa 2 detik.

Tabel. 4.4. Parameter Variasi Tekanan Gesek dan Tekanan Tempa

Factor	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5
Frictional Pressure (MPa)	20	30	40	50	60
Forging Pressure (MPa)	30	40	50	60	70

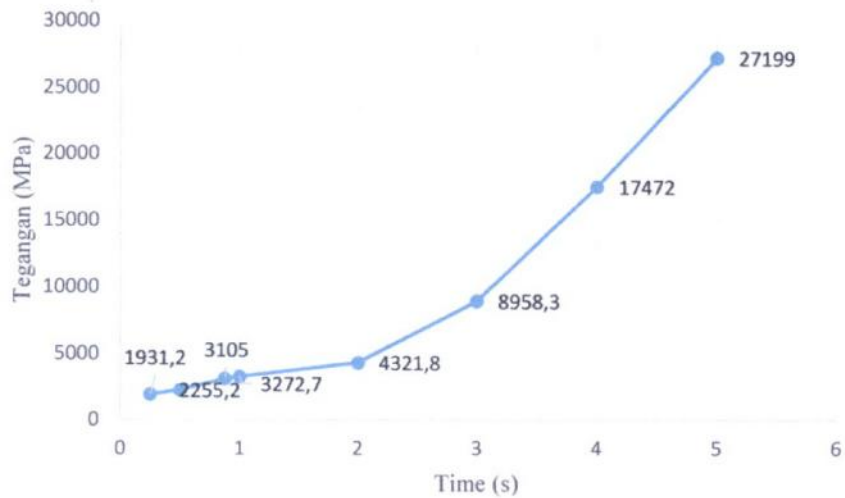
4.2.1. Hasil dan Pembahasan Variasi Tekanan Gesek 20 MPa dan Tekanan Tempa 30 MPa

1. Total Deformasi



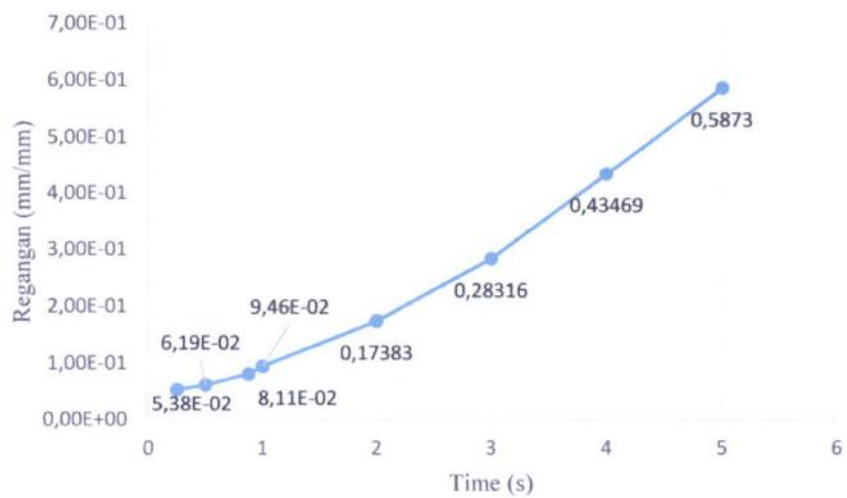
Gambar 4.5. Grafik *Total Deformasi* terhadap waktu, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

2. Equivalent Stress



Gambar 4.6. Grafik Tegangan terhadap waktu, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

3. Equivalent Strain

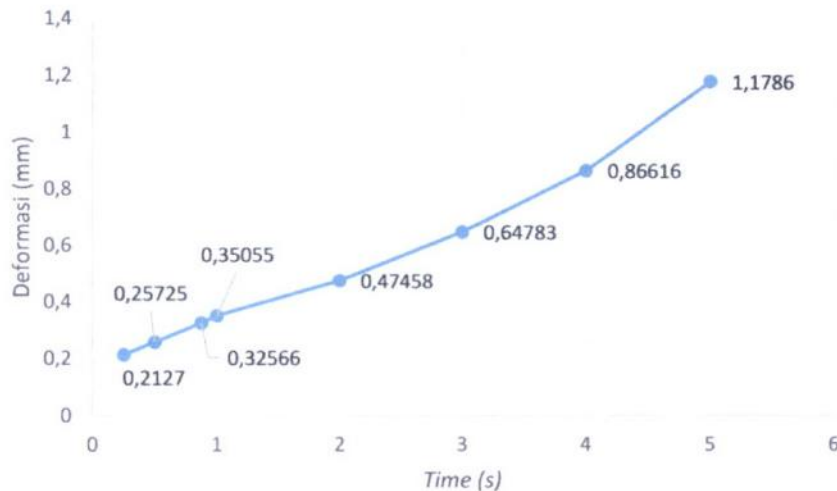


Gambar 4.7. Grafik Regangan terhadap waktu, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

Pada grafik tekanan gesek 20 MPa dan tekanan tempa 30 MPa didapatkan hasil yang linier. Deformasi paling rendah terjadi pada detik ke 0,2 sebesar 0,19452 mm dan deformasi paling besar terjadi pada detik ke – 5 sebesar 1,0224 mm. Tegangan pada daerah *interface* juga mengalami hal yang sama tegangan terendah terjadi pada detik ke – 0,2 dan tertinggi pada detik ke 5 saat tekanan tempa sebesar 27199 MPa. Sedangkan pada regangan yang terjadi pada daerah *interface* kenaikan tertinggi terjadi pada detik ke 4 sampai detik ke 5 saat tekanan tempa diberikan sebesar 0,5837 mm/mm. Deformasi, tegangan, dan regangan yang terjadi pada saat pemberian tekanan tempa merupakan hasil yang paling tinggi nilainya hal ini dikarenakan saat tekanan tempa diberikan pada daerah *interface*, material sudah dalam keadaan *thermoplastis* dan mudah terdeformasi. Pada saat tekanan tempa diberikan sudah timbul *flash* dan terjadi sambungan pada aluminium dan stainless steel.

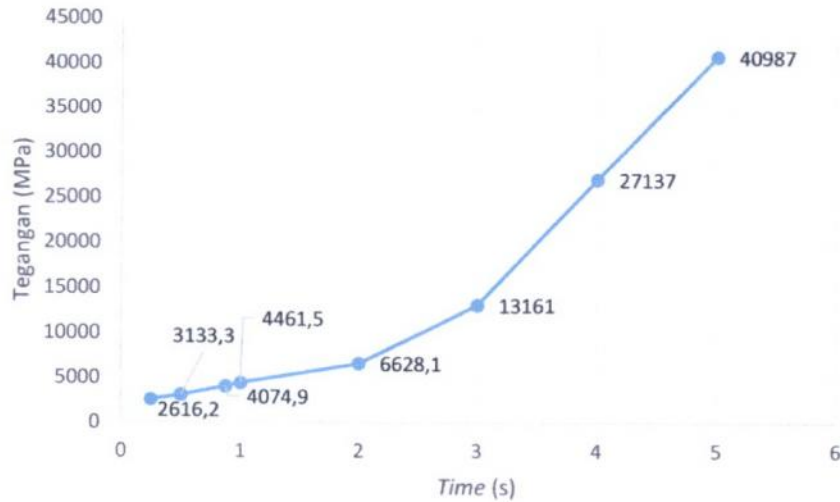
4.2.2. Hasil dan Pembahasan Variasi Tekanan Gesek 30 MPa dan Tekanan Tempa 40 MPa

1. Total Deformasi



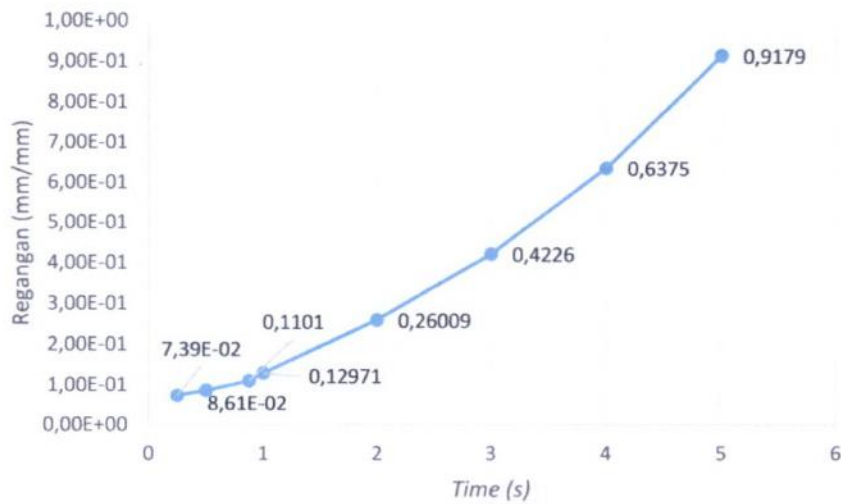
Gambar 4.8. Grafik *Total Deformasi interface* terhadap waktu, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

2. Equivalent Stress



Gambar 4.9. Grafik Tegangan pada *interface* terhadap waktu, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

3. Equivalent Strain

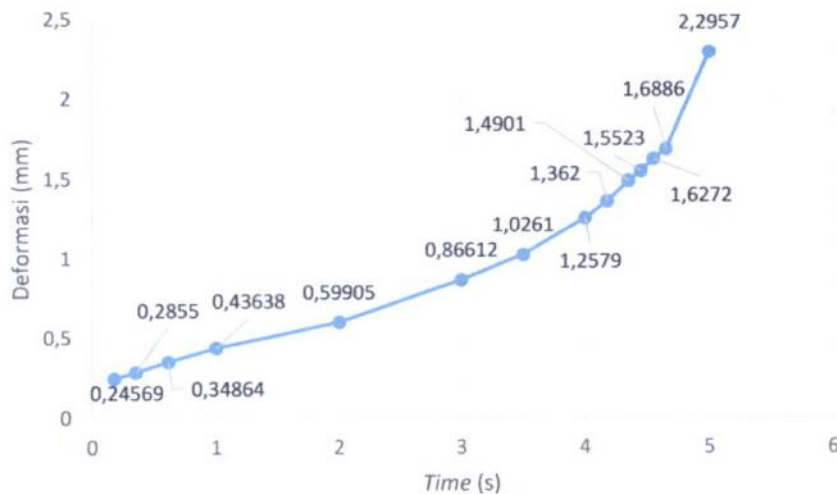


Gambar 4.10. Grafik Regangan *Interface* terhadap waktu, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

Pada variasi tekanan gesek 30 MPa dan tekanan tempa 40 MPa deformasi paling tinggi terjadi pada detik ke 5 sebesar 1,1786 mm. Deformasi ini adalah deformasi yang paling tinggi peningkatannya yang semula hanya sebesar 0,86616 mm. Pada grafik tegangan hal sama terjadi, tegangan terbesar juga terjadi pada detik ke 5 saat tekanan tempa diberikan sebesar 40987 MPa. Nilai sebesar ini didapatkan dari tekanan tempa yang hanya 40 MPa. Sedangkan pada regangan *interface* juga terjadi nilai kenaikan yang besar pada detik ke 5 sebesar 0,9179 mm/mm. Data yang didapat ini menandakan jika tekanan tempa yang diberikan besar maka akan sangat mempengaruhi deformasi, tegangan, dan regangan pada daerah *interface*, hal ini ditandakan dengan adanya *flash* saat proses tekanan gesek diberikan dan deformasi menjadi lebih besar saat tekanan ditingkatkan pada waktu penempaannya.

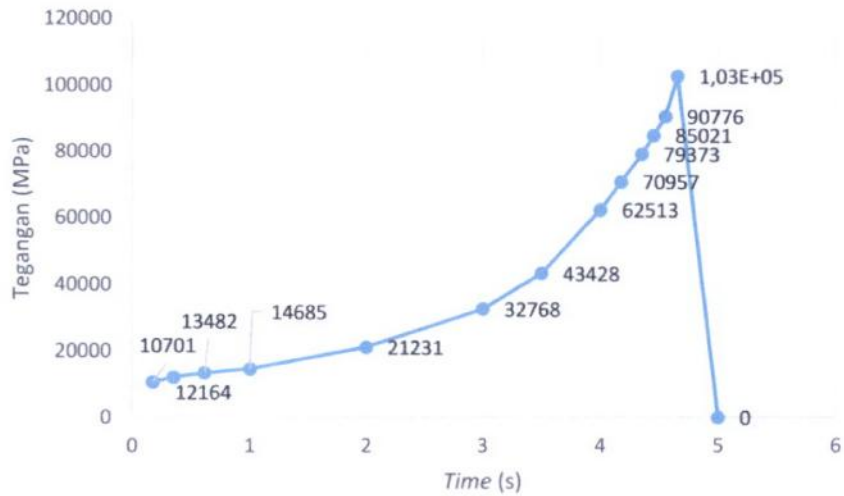
4.2.3. Hasil dan Pembahasan Variasi Tekanan Gesek 40 MPa dan Tekanan Tempa 50 MPa

1. Total Deformasi



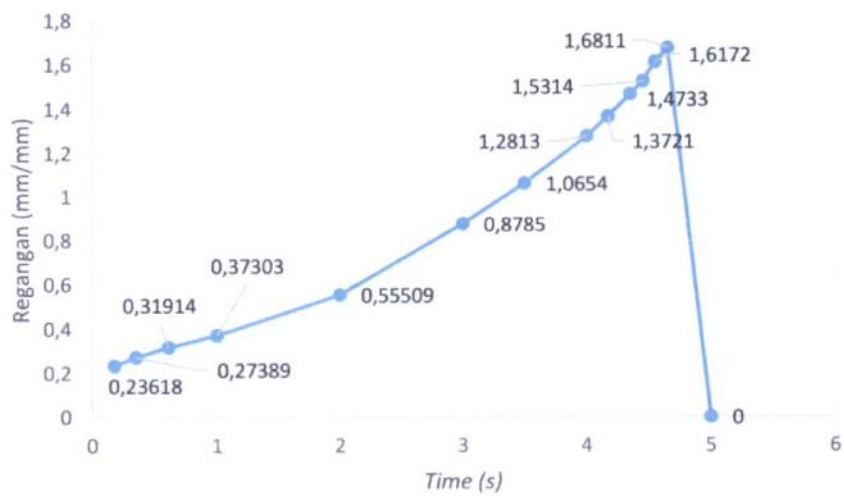
Gambar 4.11. Grafik *Total Deformasi Interface* terhadap waktu, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

2. Equivalent Stress



Gambar 4.12. Grafik Tegangan pada *interface* terhadap waktu, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

3. Equivalent Strain



Gambar 4.13. Grafik Regangan *Interface* terhadap waktu, putaran 1000 RPM, tekanan gesek 3 detik, dan tekanan tempa 2 detik.

Pada variasi tekanan gesek 40 MPa dan tekanan tempa 50 MPa didapatkan deformasi pada daerah *interface* sebesar 2,2957 mm. Deformasi ini terjadi karena tekanan yang diberikan terlalu besar baik saat tekanan gesek maupun tekanan tempa diberikan. Pada grafik tegangan dan regangan data tidak bisa sepenuhnya diambil, hal ini dikarenakan pada saat tekanan tempa diberikan proses *solver* terhenti dan data yang bisa didapat hanya sampai detik ke 4.55 saja. Hal ini menandakan bahwa tekanan yang besar juga sangat berpengaruh pada hasil dari simulasi.

4.2.4. Hasil dan Pembahasan Variasi Tekanan Gesek 50 MPa dan 60 MPa dan Tekanan Tempa 60 MPa dan 70 MPa.

Pada tekanan gesek 50 MPa dan 60 MPa dan tekanan tempa 60 MPa dan 70 MPa hasil dari simulasi tidak keluar sama sekali. Hal ini ditandakan dengan proses *solver* yang berhenti pada detik ke 1. Data yang diambil sampai detik ke 1 tidak bisa diambil karena nilainya sama dengan 0. Kegagalan pada kedua variasi ini terjadi karena pengaruh tekanan yang terlalu besar saat diberikan tekanan tempa maupun tekanan gesek. Hal ini menandakan jika tekanan lebih dari 40 MPa material aluminium dan stainless steel dengan putaran konstan 1000 RPM selama 3 detik tidak mampu dilakukan, jika dilakukan maka akan menyebabkan rusaknya material terutama pada daerah *interface*.

4.3. Hasil dan Pembahasan Perbandingan Pengelasan dengan Simulasi dan Pengelasan Langsung secara Visual

Pada pengelasan langsung deformasi paling besar terjadi pada logam aluminium dan pada logam stainless steel hanya terjadi sedikit deformasi. Hal ini diakibatkan karena sifat logam aluminium lebih lunak dibandingkan dengan stainless steel. Jika dibandingkan dengan hasil simulasi hasilnya tidak jauh berbeda yaitu logam aluminium lebih mudah terdeformasi. Pada proses simulasi deformasi paling besar terjadi pada saat diberikan tekanan tempa dan maksimum penekanan hanya sebesar 50 MPa. Penekanan lebih dari 50 MPa

dengan putaran 1000 RPM akan mengakibatkan kegagalan simulasi. Sangat tampak pada simulasi maupun pengelasan langsung *flash* yang dihasilkan dari CDFW.

No	Simulasi	Pengelasan Langsung
1		
2		
3		

Gambar 4.14. Visualisasi CDFW Simulasi dengan CDFW Langsung