

## **BAB III**

### **SIMULASI IMPACT SPHERICAL IMPACTOR NYLON DENGAN CIRCULAR PLATE GFRP**

Pada tugas akhir ini, benda yang digunakan untuk analisa berbentuk Spherical Impactor berdiameter 4mm dengan material Nylon dan material Disk Cylinder berdiameter 100mm dan tebal 3mm dengan material GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer).

Dengan menggunakan program Ansys-Ls Dyna, spherical impactor didesain dengan menggunakan element solid164 dan material property yang digunakan adalah Linear Isotropic dan Viscoelastic. Dengan menggunakan material jenis ini maka perhitungan yang digunakan adalah Linear Isotropic dan Viscoelastic. Terdapat lima jenis material properties yang terdapat pada Linear Isotropic yaitu Density ( $\rho$ )[Pa], Modulus elastisitas ( $E$ )[Pa], Poisson Ratio ( $\nu$ ). Untuk Cylinder, digunakan tipe material yang sama yaitu Solid164, dengan Viscoelastic material sebagai elementnya, Pada material Viscoelastic terdapat 5 jenis material properties yang harus diinputkan dan menjadi dasar perhitungan. Material Properties untuk material viscoelastic yaitu : Density ( $\rho$ )[Pa], Shear Modulus Origin ( $G_0$ )[Pa], Shear Modulus Infinity ( $G_\infty$ )[Pa], Bulk Modulus ( $K$ ), Reciprocal Of Beta ( $1/\beta$ ).

Spherical impactor berada 5mm diatas cylinder, dengan velocity atau kecepatan yang ditentukan mulai 100 m/det sampai 200 m/det, spherical impactor akan bergerak menumbuk cylinder. Dari Proses tumbukan ini akan menghasilkan deformasi dan stress yang timbul pada Spherical impactor dan Disk cylinder.

#### **3.1 VERIFIKASI MODEL**

Model yang digunakan untuk tugas akhir kali ini memiliki korelasi dengan eksperimen yang dilakukan[11]. Akan tetapi ada beberapa perbedaan antara

eksperimen yang telah dilakukan dengan tugas akhir yang sedang dilakukan oleh penulis, yaitu penggunaan material yang berbeda.

Pada eksperiment yang dilakukan, material yang digunakan menggunakan Viscoelastic material, sedangkan dalam tugas akhir kali ini material yang digunakan adalah Linear Isotropic. Sehingga pada analisa yang dilakukan dan hasil simulasi akan berbeda dengan eksperiment yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini dikarenakan adanya keterbatasan dari program Ansys yang digunakan, pada program tersebut tidak tersedia element yang recommended untuk digunakan dengan property material viscoelastic. Oleh karena itu dilakukan perubahan dan simplifikasi pada program simulasi yang dilakukan dengan menggunakan element Solid164 dengan property material Linear Isopropic.

Perbedaan antara simulasi yang dilakukan dengan menggunakan program ansys-ls dyna dan menggunakan property material Linear Isopropic akan dibandingkan dengan hasil eksperimen yang telah dilakukan dengan menggunakan property material viscoelastic.

<b>LINEAR ISOTROPIC FOR NYLON</b>			
PROPERTY MATERIAL		VALVUE	SATUAN
DENSITY	( $\rho$ )	1140	kg/m <sup>3</sup>
YOUNG'S MODULUS	(E)	3.20E+09	Pa
POISSON'S RATIO	( $\nu$ )	0.3	

Table 3.1 Property material linear Isptropic Nylon

<b>VISCOELASTIC FOR GFRP</b>			
PROPERTY MATERIAL		VALVUE	SATUAN
DENSITY	( $\rho$ )	1510	kg/m <sup>3</sup>
SHEAR MOD-ORIGIN	( $G_0$ )	3.78E+09	Pa
SHEAR MOD-INFINITY	( $G_\infty$ )	6.40E+07	Pa
BULK MODULUS	(K)	1.40E+08	Pa
RECIPROCAL OF BETA	( $1/\beta$ )	0.01695	

Table 3.2 Property material Viscoelastic GFRP

Property material diatas adalah property material kinematik hardening untuk Spherical impactor yang berbahan Nylon dan Disk Cylinder yang berbahan GFRP, dimana material ini adalah material yang digunakan untuk proses simulasi dengan menggunakan program ansys.

<b>VISCOELASTIC FOR NYLON</b>			
PROPERTY MATERIAL		VALVUE	SATUAN
DENSITY	( $\rho$ )	1140	kg/m <sup>3</sup>
SHEAR MOD-ORIGIN	( $G_0$ )	7.20E+08	Pa
SHEAR MOD-INFINITY	( $G_\infty$ )	6.80E+07	Pa
BULK MODULUS	(K)	1.48E+08	Pa
RECIPROCAL OF BETA	( $1/\beta$ )	0.0952	

Table 3.3 Property material Viscoelastic NYLON

<b>VISCOELASTIC FOR GFRP</b>			
PROPERTY MATERIAL		VALVUE	SATUAN
DENSITY	( $\rho$ )	1510	kg/m <sup>3</sup>
SHEAR MOD-ORIGIN	( $G_0$ )	3.78E+09	Pa
SHEAR MOD-INFINITY	( $G_\infty$ )	6.40E+07	Pa
BULK MODULUS	(K)	1.40E+08	Pa
RECIPROCAL OF BETA	( $1/\beta$ )	0.01695	

Table 3.4 Property material Viscoelastic GFRP

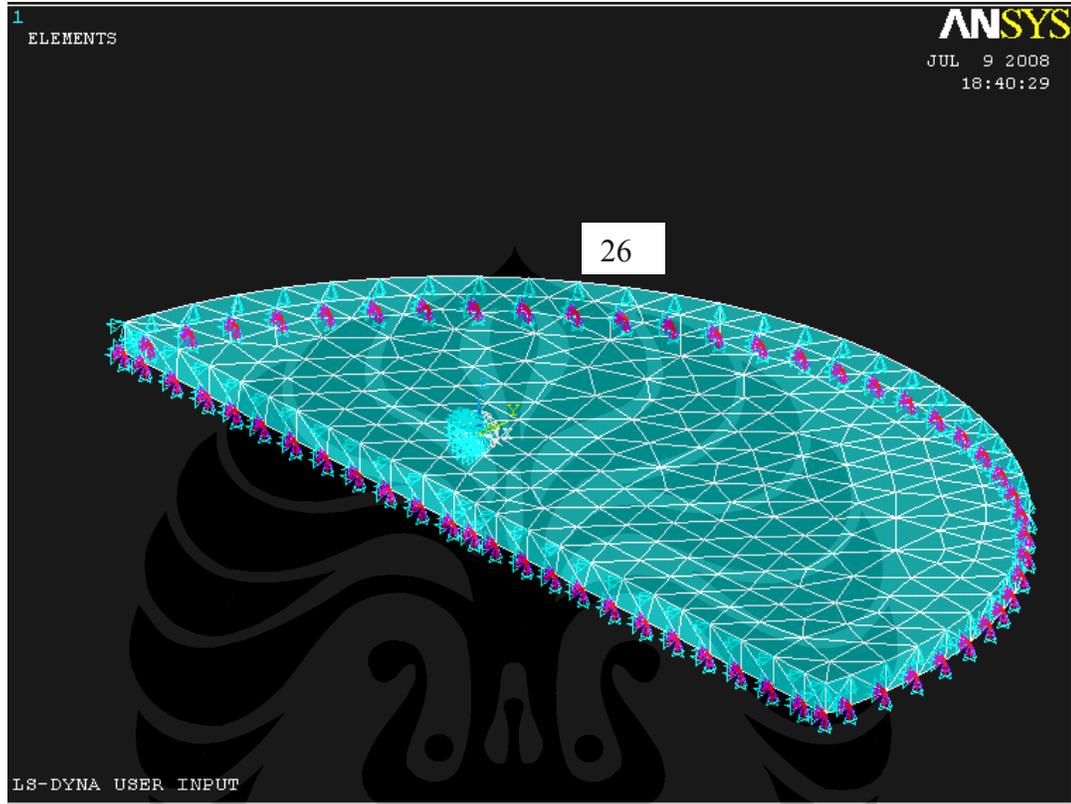
Property material diatas adalah property material Viscoelastic untuk Spherical impactor yang berbahan Nylon dan Disk Cylinder yang berbahan GFRP, dimana material ini adalah material yang digunakan untuk eksperimen. Perbedaan penggunaan material ini lah yang akan menjadi point yang akan dianalisa.

<b>MATERIAL DIMENTION</b>		
TIPE MATERIAL	Ø (mm)	L (mm)
NYLON	4	-
GFRP	100	3

Table 3.5 Dimensi Material Nyon dan GFRP

Tabel diatas adalah dimensi dari spherical impactor dan disk cylinder. Dimensi yang digunakan saat eksperimen dan dimensi material yang digunakan pada saat simulasi

adalah sama. Gambar 3.1 menunjukkan desain spherical dan disk yang akan digunakan untuk simulasi impact, jarak antara spherical dan disk sejauh 5mm.



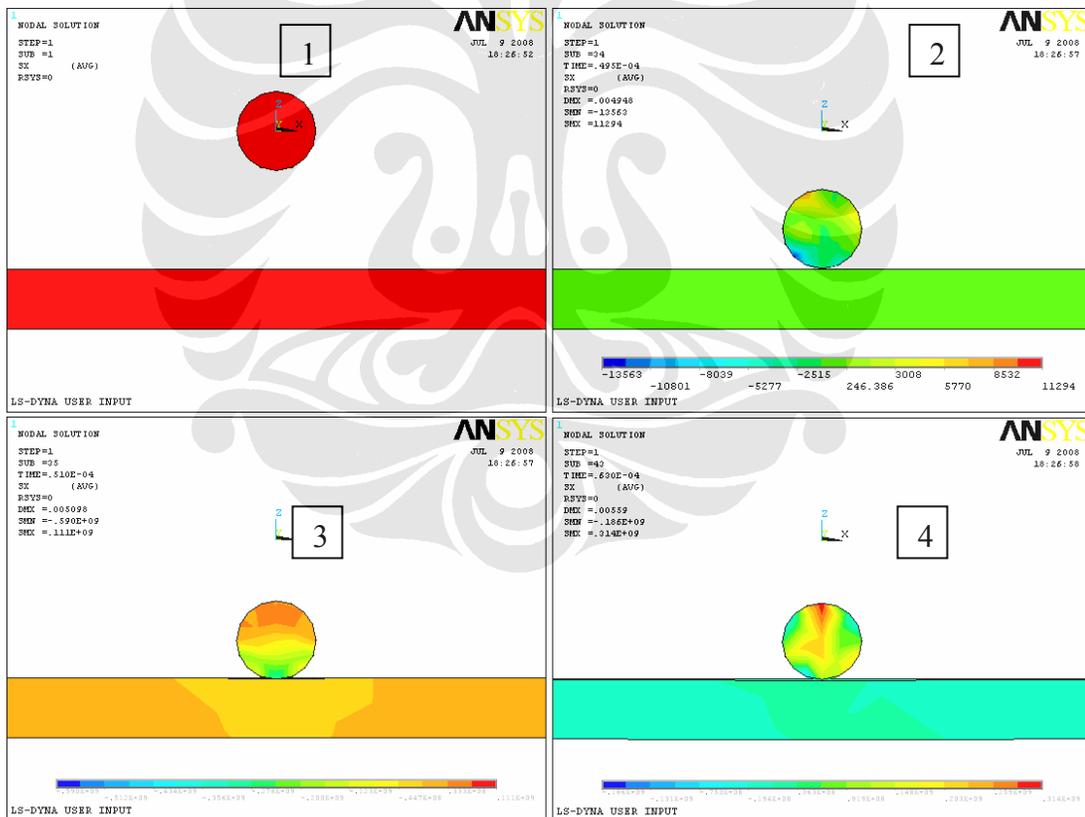
Gambar 3.1 desain spherical impactor dan disk cylinder

### 3.2 HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN (RESULT & DISCUSSION)

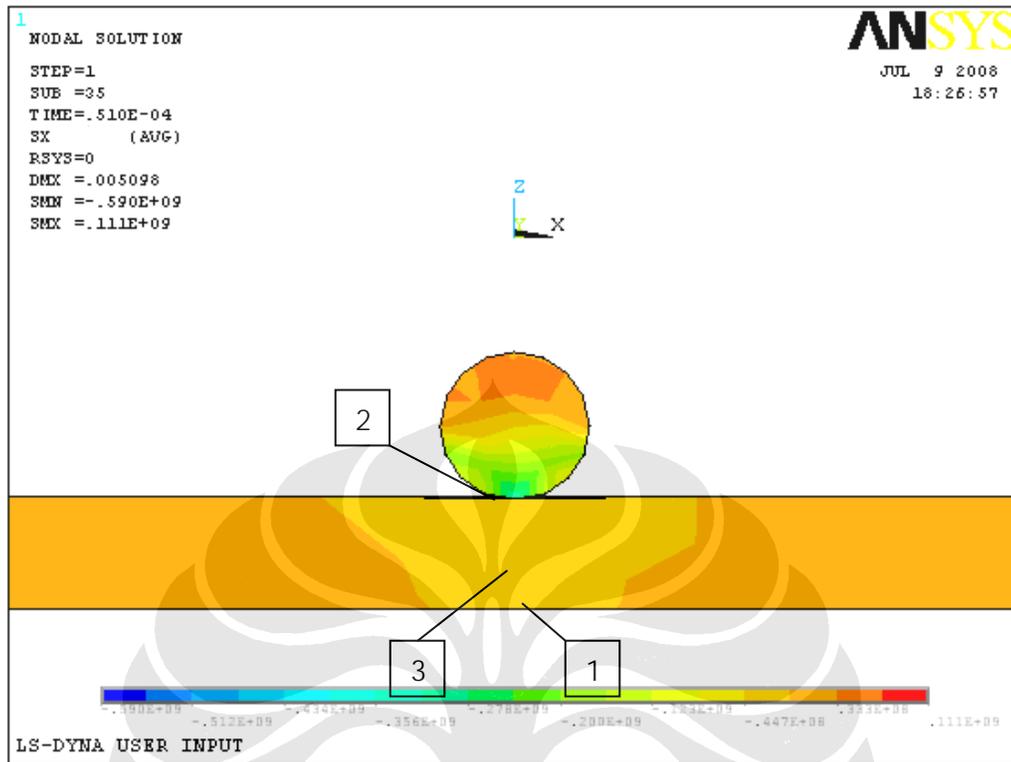
Secara prinsip semakin keras suatu material atau mengalami proses pengerasan, maka ductility atau keuletannya akan menurun dan cenderung brittle atau rapuh atau mudah pecah, karena secara mikrostruktur kepadatan struktur semakin rapat sehingga surface stress antar atom nya akan makin tinggi, dan terjadi perubahan mikrostruktur.

Pada simulasi dan eksperimen, jarak atau gap antara spherical impactor dan disk cylinder adalah sama yaitu 5 mm. Velocity yang digunakan antara Eksperimen dan simulasi juga sama yaitu 100 m/sec sampai 200 m/sec. Gambar 3.2 menunjukkan flow proses terjadinya tumbukan atau impact antara spherical impactor dengan disk

cylinder. Gambar [1] menunjukkan posisi awal benda atau posisi awal spherical impactor. Pada posisi ini spherical belum bergerak sehingga velocity = 0, waktu = 0 serta belum terjadi stress pada spherical impactor dan disk cylinder. Pada gambar [2] spherical impactor bergerak dengan kecepatan 100 m/sec dan mulai menumbuk disk cylinder dengan waktu 0.0000495 second, pada kondisi ini telah terjadi stress pada spherical impactor dan disk cylinder. Gambar [3] menunjukkan spherical impactor telah mencapai titik maksimal, terdeformasi, waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi ini adalah 0.000063 second, pada kondisi ini stress dan strain terjadi pada spherical impactor dan disk cylinder. Gambar [4] menunjukkan spherical impactor mengalami deformasi dan terpentak dari disk cylinder, waktu yang diperlukan untuk sampai pada tahap ini adalah 13.5  $\mu$ second.



Gambar 3.2 flow proses impact

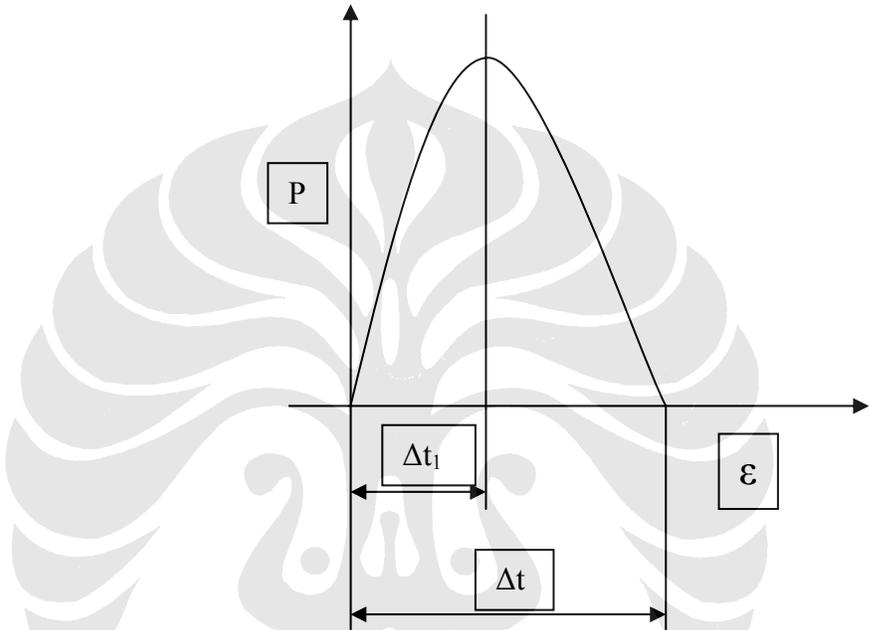


Gambar 3.3 internal stress dan kontak area (a)

DATA SIMULASI ANSYS-LS DYNA								
KECEPATAN (meter/detik )	TITIK 1 ( $\sigma_x, \sigma_y$ )	TITIK 2 ( $\sigma_x, \sigma_y$ )	TITIK 3 ( $\tau_{zx}$ )	CONTACT TIME ( $\Delta t$ )	TITIK 1 ( $\epsilon_x, \epsilon_y$ )	TITIK 2 ( $\epsilon_x, \epsilon_y$ )	TITIK 3 ( $\epsilon_{zx}$ )	CONTACT AREA (a)
100	4.57E+06	4.26E+06	3.01E+06	1.35E-05	3.25E-04	3.49E-04	4.35E-04	1.3
110	4.61E+06	4.46E+06	3.37E+06	1.95E-05	3.51E-04	3.89E-04	4.95E-04	1.4
120	4.89E+06	4.81E+06	3.72E+06	2.31E-05	3.90E-04	4.36E-04	5.35E-04	1.5
130	5.27E+06	5.19E+06	4.09E+06	2.70E-05	4.30E-04	4.91E-04	5.85E-04	1.6
140	5.34E+06	5.34E+06	4.43E+06	3.11E-05	4.73E-04	5.36E-04	6.29E-04	1.7
150	5.41E+06	5.73E+06	4.87E+06	3.50E-05	5.31E-04	5.66E-04	6.81E-04	1.8
160	5.59E+06	5.92E+06	5.16E+06	3.78E-05	5.68E-04	5.98E-04	7.36E-04	1.9
170	5.71E+06	6.20E+06	5.61E+06	4.12E-05	6.12E-04	6.29E-04	7.81E-04	2.0
180	6.27E+06	6.43E+06	5.97E+06	4.38E-05	6.74E-04	6.86E-04	8.37E-04	2.1
190	6.55E+06	6.83E+06	6.01E+06	4.52E-05	7.28E-04	7.36E-04	8.85E-04	2.2
200	6.93E+06	7.11E+06	6.45E+06	4.82E-05	7.49E-04	7.79E-04	9.35E-04	2.3

Table 3.6 Data Hasil Perhitungan Simulasi

Tabel diatas menggambarkan kecepatan / velocity spherical impactor, stress di titik 1, stress di titik 2 dan shear stress di titik 3. Pada table diatas juga digambarkan kondisi kontak time spherical impactor saat menentuh disk cylinder sampai spherical terpentak dari disk cylinder, terdapat juga besar kontak area atau besar deformasi yang terbentuk akibat tumbukan, dan strain rate yang terjadi saat tumbukan.



Grafik 3.1 grafik strain rate

**Rumus stain rate adalah:**

$$\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt}$$

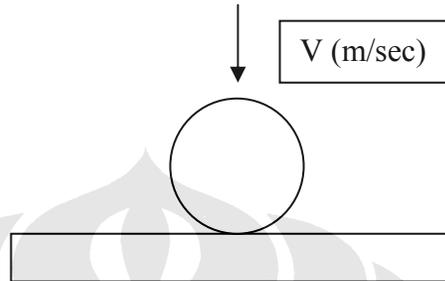
$$d\epsilon = \epsilon_2 - \epsilon_1$$

$$dt = \frac{\text{contact time } (\Delta t)}{2}$$

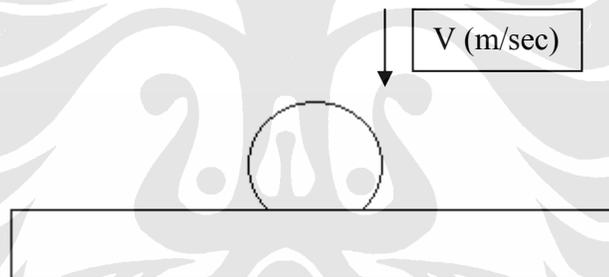
$$\dot{\epsilon} = \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\Delta t/2}$$

**PERHITUNGAN UNTUK V=100 m/sec**

1. STRAIN RATE :



Gambar 3.4 Spherical Impactor mulai menyentuh Disk Cylinder ( $\epsilon_1=0.00142$ )



Gambar 3.5 Spherical Impactor mulai menyentuh Disk Cylinder ( $\epsilon_2=0.222726$ )

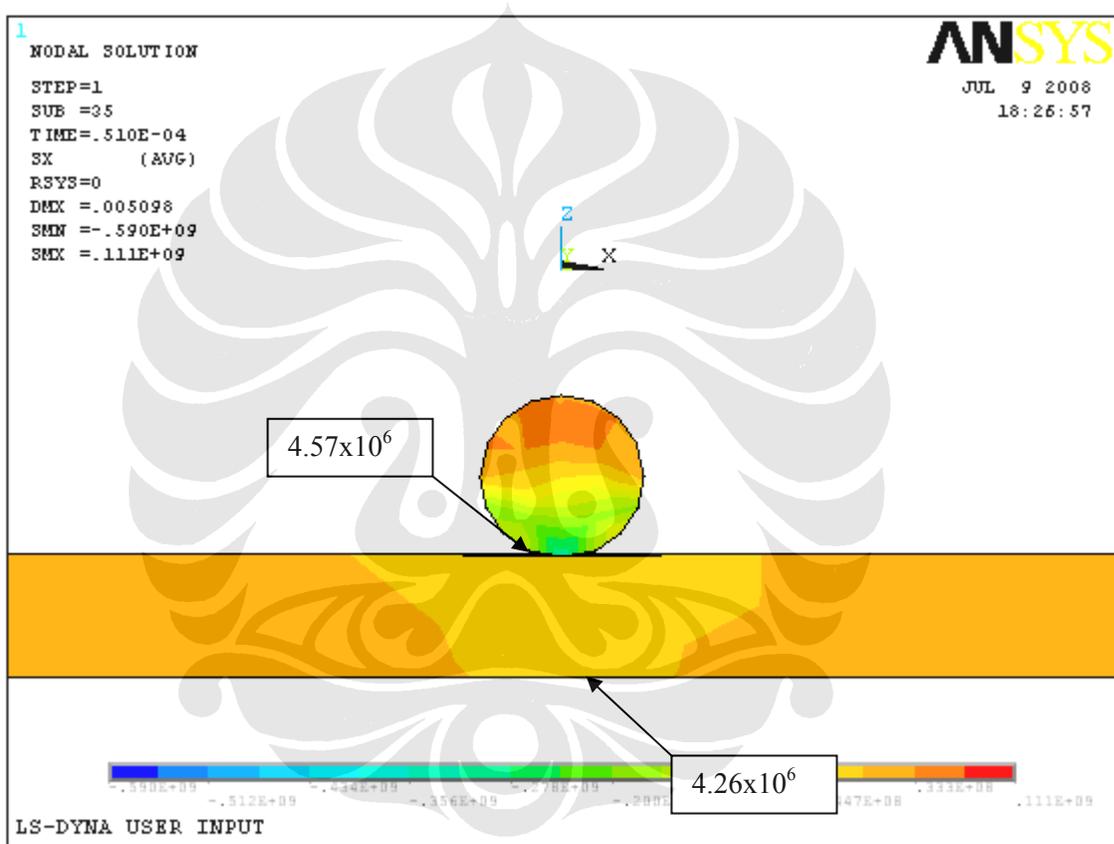
$$\dot{\epsilon} = \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\Delta t / 2}$$

$$\dot{\epsilon} = \frac{0.222726 - 0.00142}{1.51 \times 10^{-2} / 2}$$

$$\dot{\epsilon} = 29.4$$

## 2. STRESS SEARAH SUMBU X (POSISI 1 & 2) :

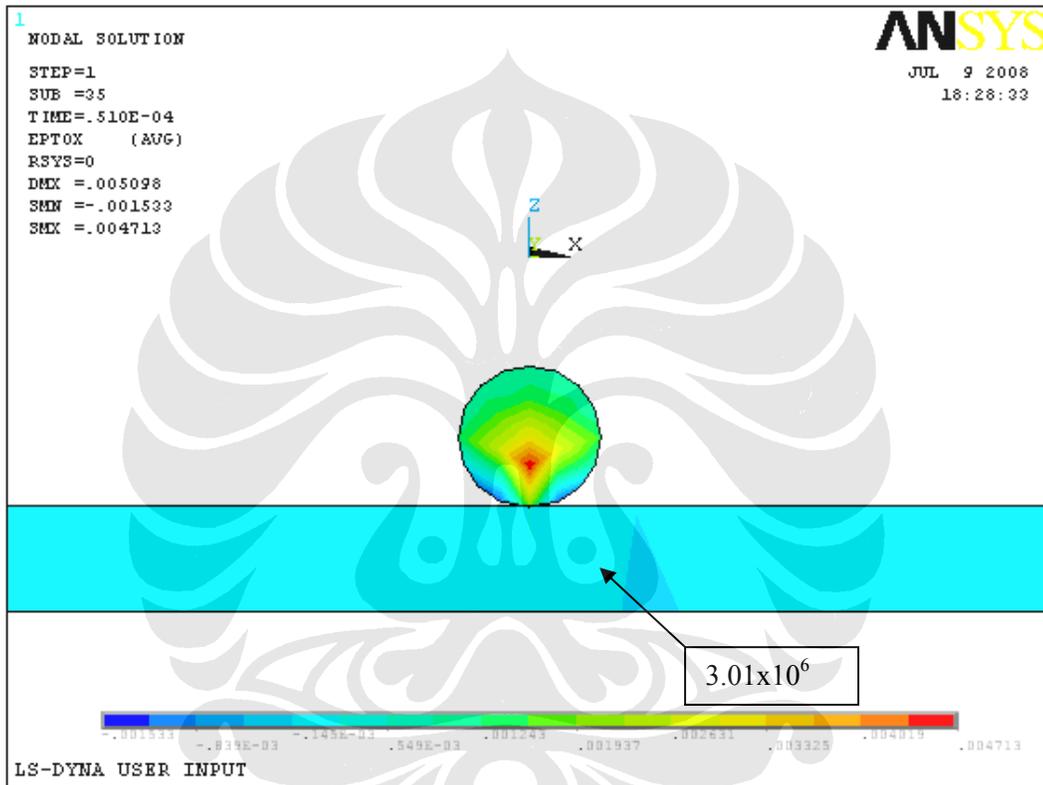
Saat tumbukan atau impact terjadi antara spherical impactor dengan disk cylinder, maka akan terjadi stress pada kedua benda tersebut, gambar 3.6 menunjukkan besarnya stress yang terjadi searah sumbu x pada titik 1 sebesar  $4.57 \times 10^6$  Pa sedangkan pada titik 2 stress yang terjadi sebesar  $4.26 \times 10^6$  Pa. Stress yang terjadi diukur pada saat spherical impactor mulai menumbuk disk cylinder.



Gambar 3.6 stress searah sumbu X

### 3. SHEAR STRESS SEARAH ZX

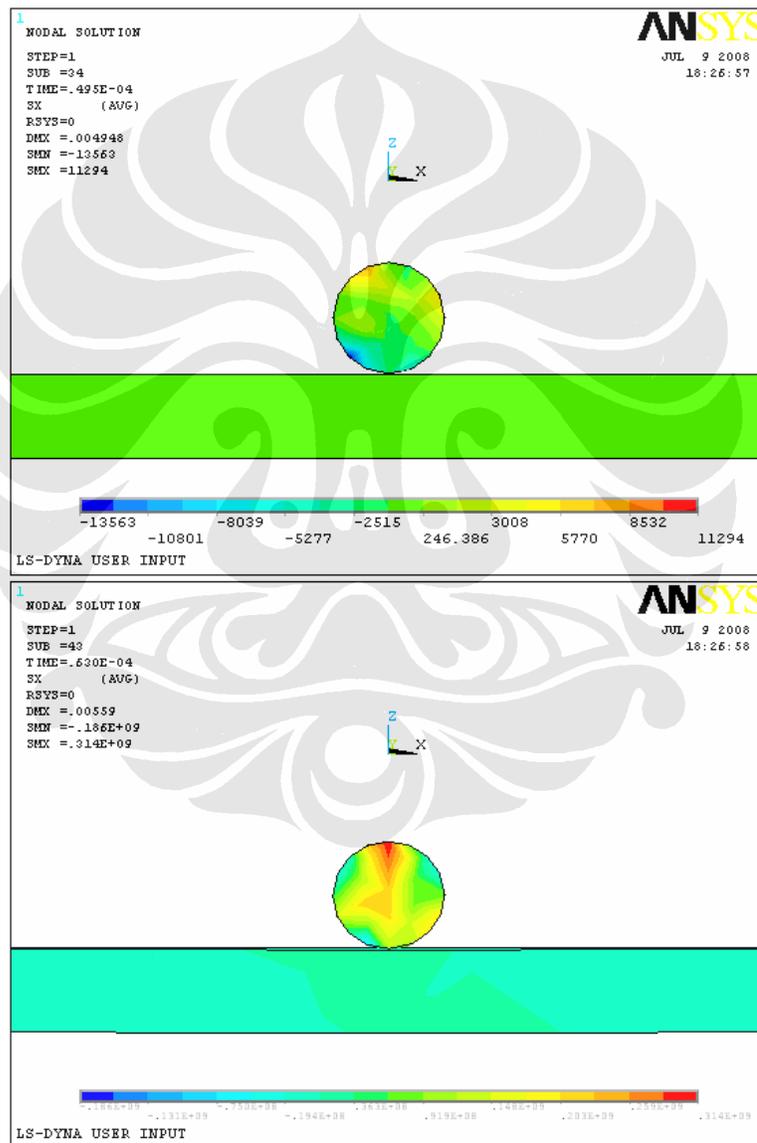
Stress yang terjadi di pada bidang merupakan shear stress, shear stress diukur pada sepertiga surface disk cylinder, karena pada bagian inilah stress atau kerusakan terbesar sering terjadi pada material yang mengalami impact. Besar shear stress pada titik 3 adalah  $3.01 \times 10^6$  Pa



Gambar 3.6 stress searah zx

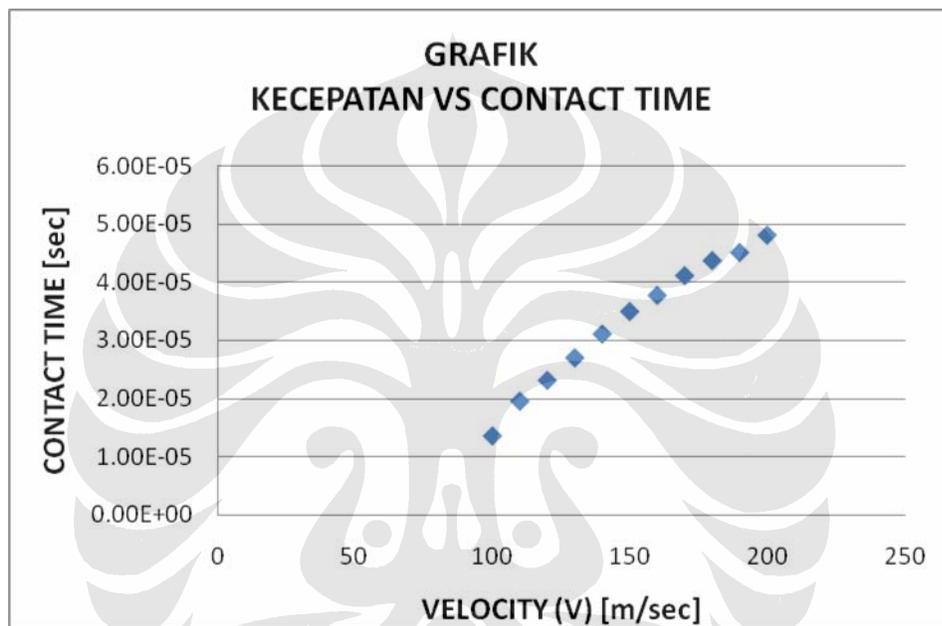
#### 4. CONTACT TIME ( $\Delta t$ )

Contact time dihitung saat spherical impactor mulai menyentuh disk sampai spherical meninggalkan disk. Pada gambar 3.7 ditunjukkan posisi saat spherical akan mulai menyentuh disk dan saat spherical impactor mulai meninggalkan disk. Waktu yang diperlukan spherical impactor untuk menyentuh disk adalah 0.0000495 sec dan waktu yang diperlukan oleh spherical impactor untuk meninggalkan disk adalah 0.000063 sec. Sehingga contact time ( $\Delta t$ ) yang terjadi adalah 13.5  $\mu\text{sec}$ .



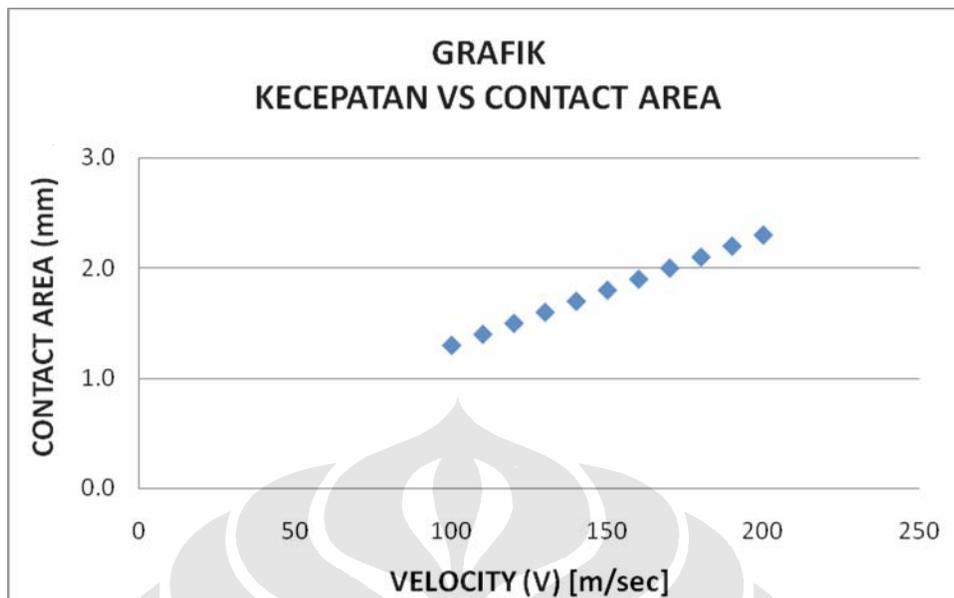
Gambar 3.7 contact time  $V = 100 \text{ m/sec}$

Pada grafik 3.2 ditunjukkan perbandingan antara kecepatan dengan waktu kontak, pada grafik terlihat bahwa semakin cepat velocity yang dikenakan pada spherical, waktu kontak yang terjadi antara spherical impactor dan disk cylinder semakin lama. Hal ini dikarenakan deformasi yang terjadi pada spherical impactor yang berbahan nylon, deformasi inilah yang menyebabkan waktu kontak antara spherical impactor dan disk cylinder menjadi semakin lama.



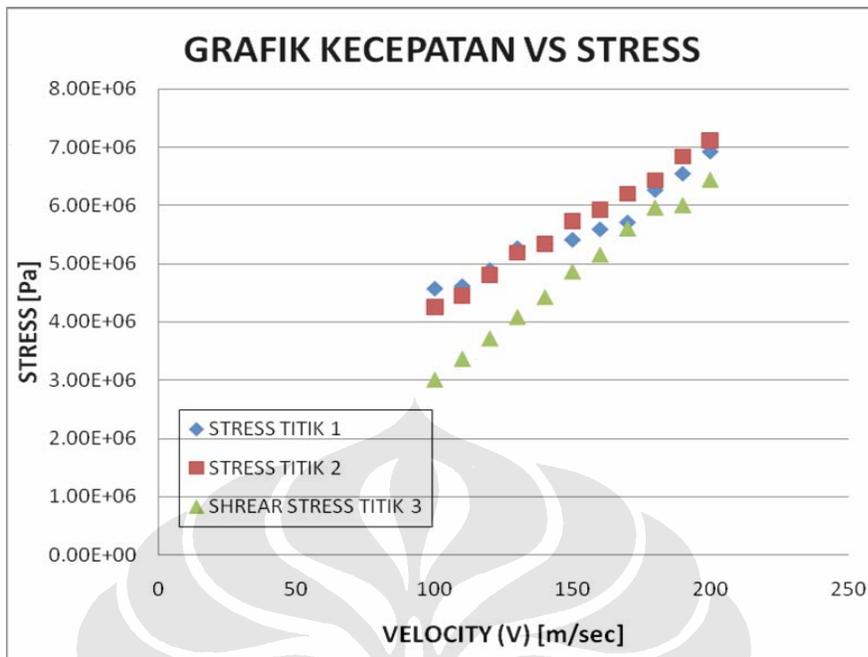
Grafik 3.2 grafik kecepatan vs waktu

Pada grafik 3.3 ditunjukkan perbandingan antara kecepatan dan kontak area, dari grafik 3.3 dapat digambarkan bahwa semakin cepat velocity yang dikenakan pada spherical impactor, semakin lebar bidang kontak antara spherical impactor dan disk cylinder. Hal ini menunjukkan bahwa deformasi yang terbentuk saat tumbukan terjadi dengan kecepatan yang tinggi, semakin besar dan kerusakan yang terjadi juga makin besar.

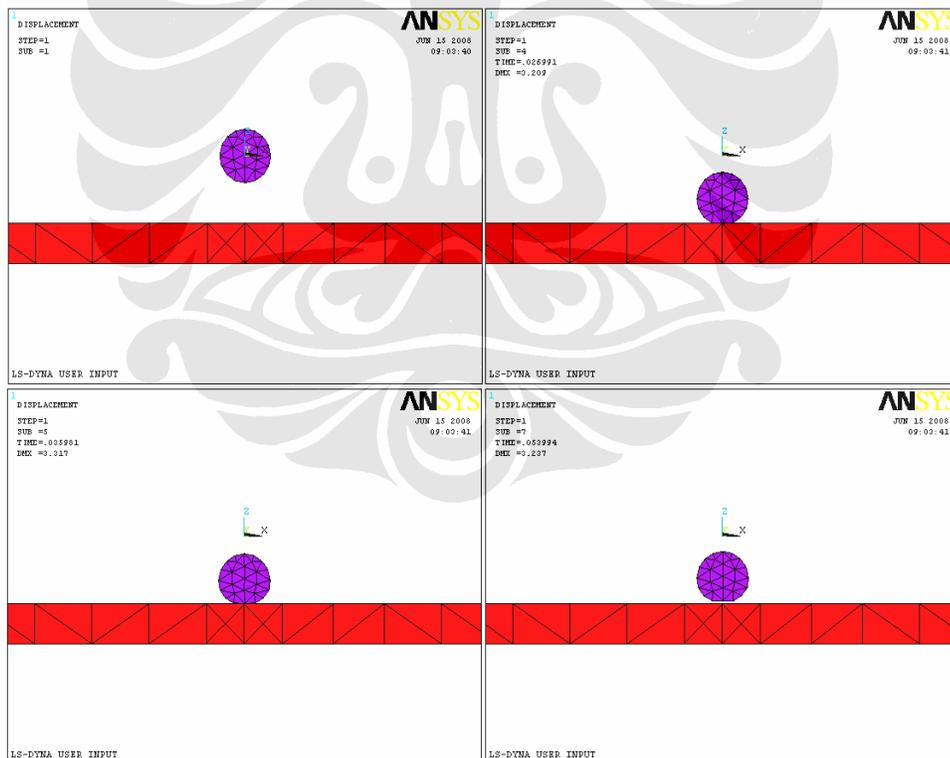


Grafik 3.3 grafik kecepatan vs contact area

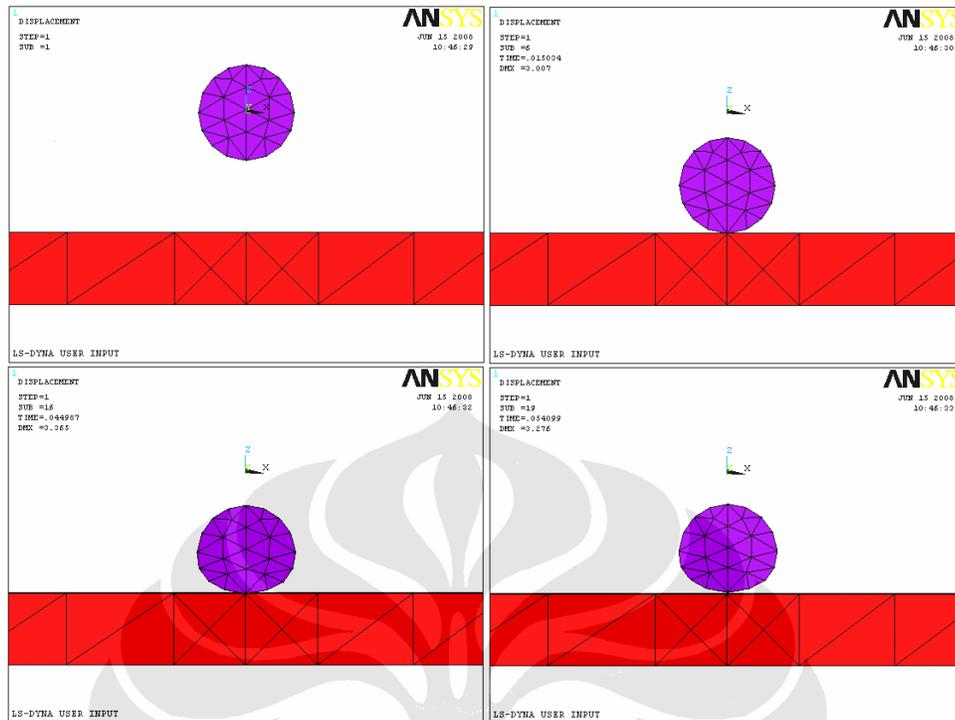
Dengan meningkatnya velocity yang dibebankan pada spherical impactor nylon, stress yang terjadi akibat tumbukan atau impact antara spherical impactor dan circular plate GFRP ikut meningkat, seperti ditunjukkan pada grafik 3.4. Pada grafik terlihat bahwa stress yang terjadi pada titik 1,2 dan 3 meningkat dengan meningkatnya velocity.



Grafik 3.4 grafik kecepatan vs stress pada tiap-tiap titik



Gambar 3.6 Proses deformasi saat  $V = 100$  m/sec



Gambar 3.7 proses deformasi saat  $V=200$  m/sec

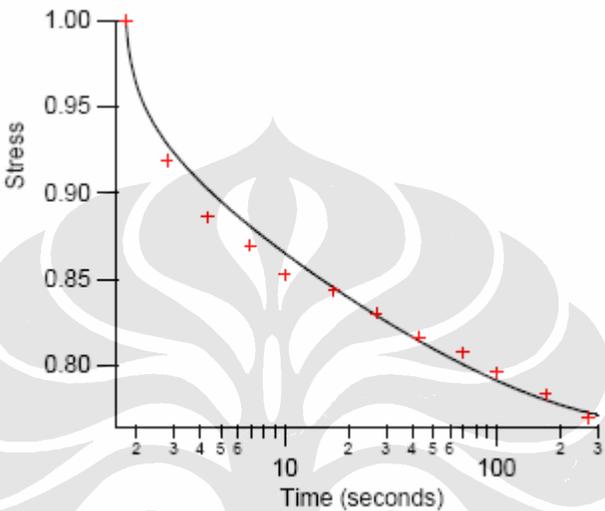
Pada gambar 3.6 dan 3.7 menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi akibat dari bertambahnya kecepatan/velocity, pada gambar 3.6 dan 3.7 juga ditunjukkan waktu kontak yang lebih lama, hal ini dikarenakan besarnya deformasi yang terjadi saat Velocity bertambah.

### 3.3 PERBANDINGAN HASIL SIMULASI DAN EKSPERIMEN

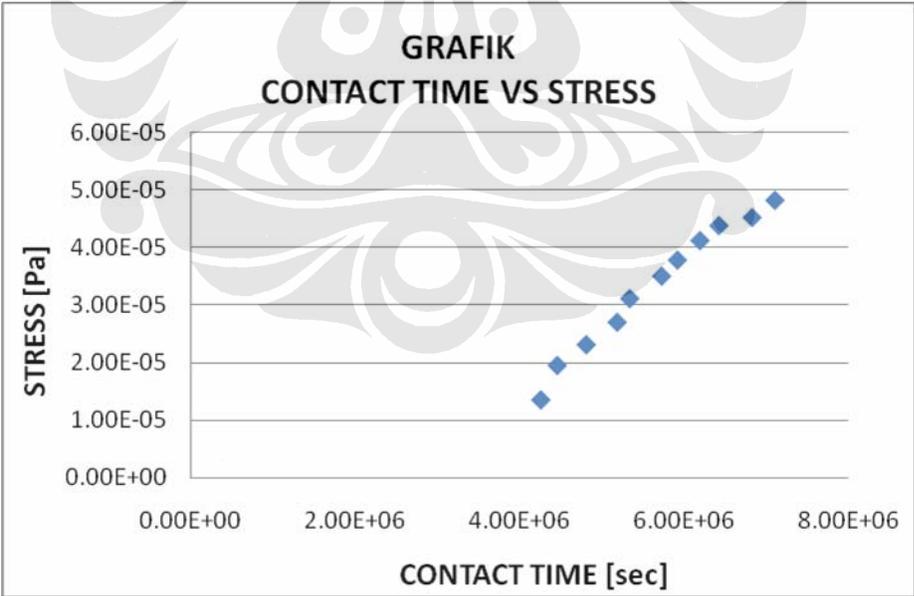
Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan diketahui bahwa contact time yang terjadi pada kecepatan  $V = 100$  m/sec adalah  $13.5 \mu\text{sec}$ , sedangkan contact time hasil eksperimen yang telah dilakukan [11]  $40 \mu\text{sec}$ .

Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik material yang digunakan saat eksperimen dan simulasi. Pada material viscoelastik dengan bertambahnya waktu akan terjadi relaksasi yang menyebabkan berkurangnya stress yang terjadi pada material, sehingga saat terkena stress material viscoelastik akan mengalami deformasi, tetapi saat stress menghilang atau saat relaksasi, material viscoelastik akan kembali ke bentuk semula. Sedangkan pada material linear isotropic dengan bertambahnya waktu stress yang terjadi justru semakin tinggi, hal ini

dikarenakan deformasi yang terjadi pada material linear isotropic sangat kecil, karena stress dan strainnya terjadi dalam hubungan yang linear. Sehingga Energi yang diperlukan untuk terjadinya deformasi menjadi sangat kecil. Hal ini yang menyebabkan contact time yang terjadi antara material viscoelastic dan material Linear Isotropic menjadi berbeda.



Gambar 4.1 Grafik viscoelastik



Gambar 4.2 Grafik stress vs time linear isotropic simulasi