

**BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN**

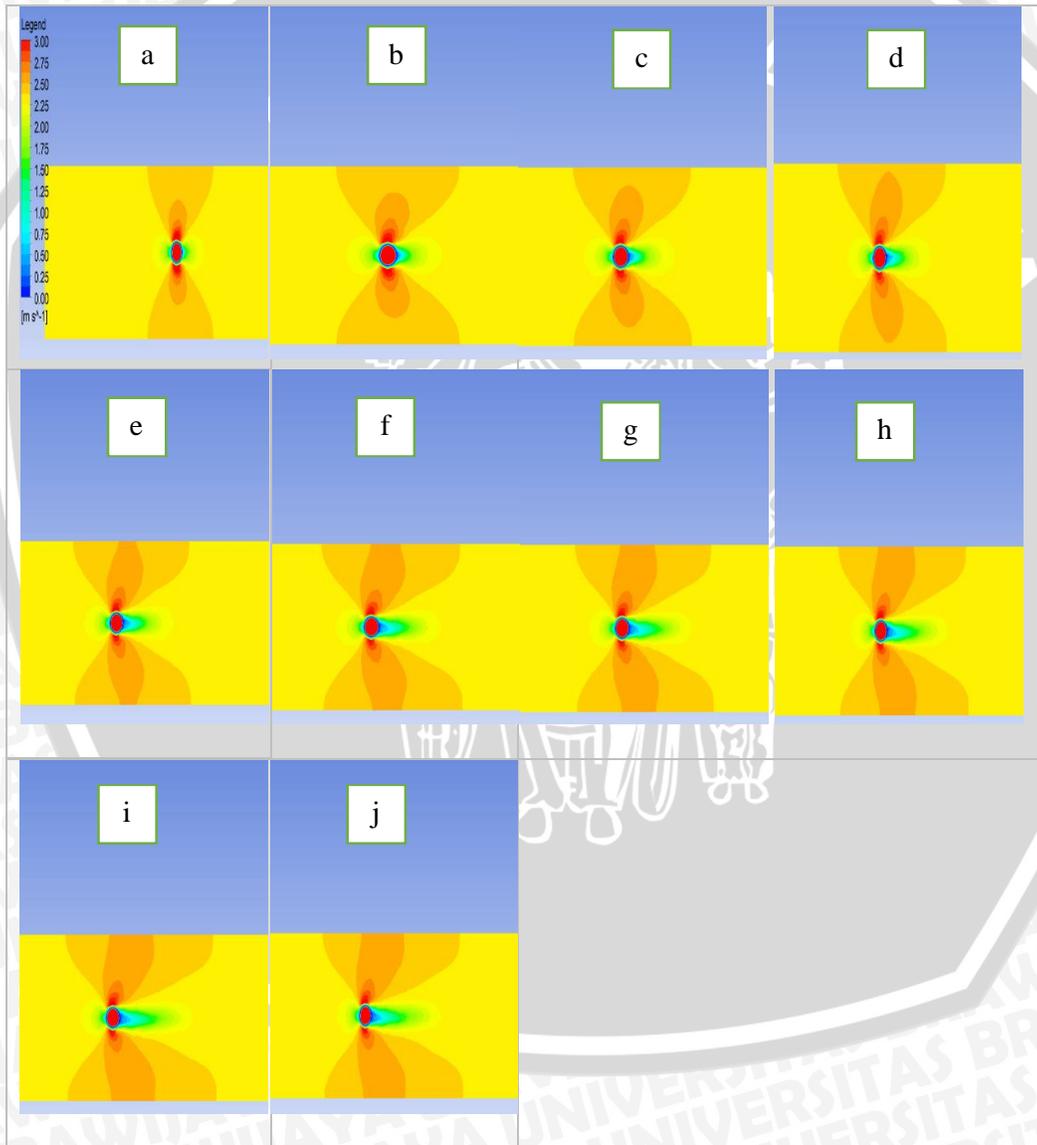
4.1 Hasil Pengujian

4.1.1 Hasil Pengujian Simulasi CFD dan Regangan pada *Static Structural*

-Terlampir

a. Perilaku VIV Pada Pengujian Simulasi CFD

Dari hasil pengujian simulasi menggunakan *software FEM CFD (Computational Fluid Dynamic)* diperoleh perilaku VIV pada jangka waktu tertentu sebagaimana pada gambar 4.1 Penampang Perilaku VIV pada selang waktu tertentu.

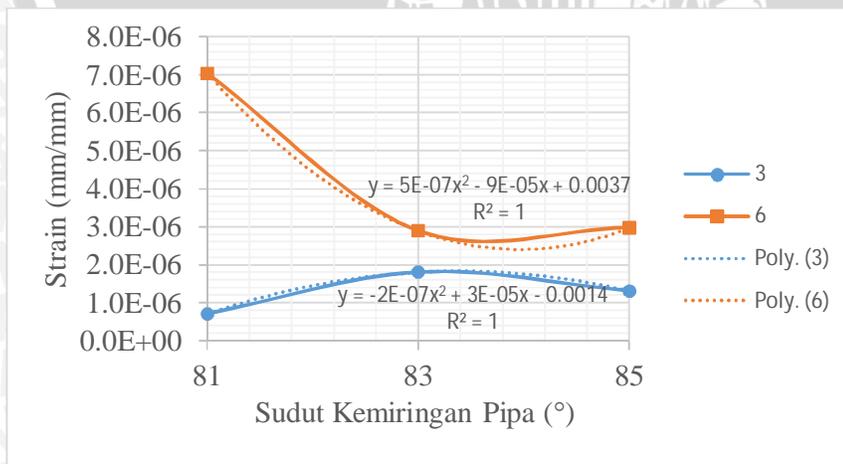
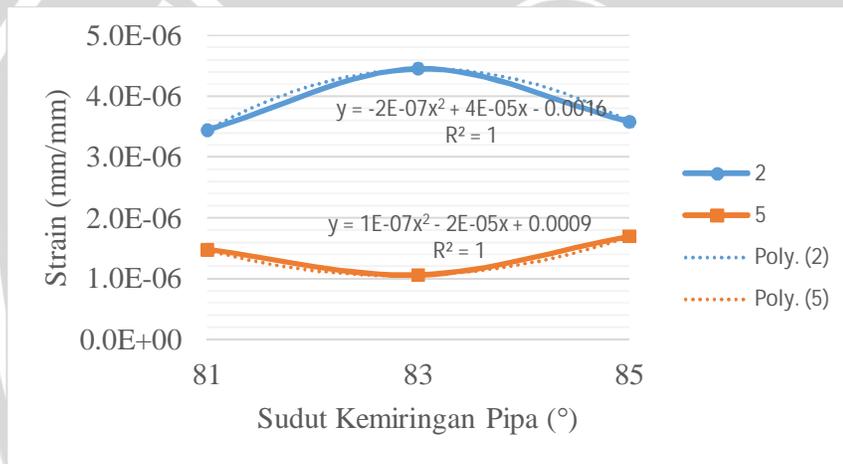
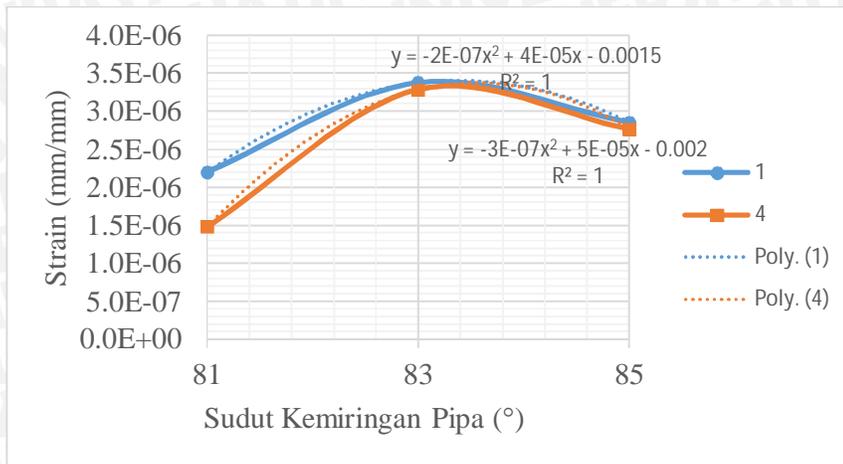


Gambar 4.1 Penampang Perilaku VIV pada Selang Waktu Tertentu, yaitu (a) $t=0.1s$, (b) $t=0.2s$, (c) $t=0.3s$, (d) $t=0.4s$, (e) $t=0.5s$, (f) $t=0.6s$, (g) $t=0.7s$, (h) $t=0.8s$, (i) $t=0.9s$, (j) $t=1s$.

b. Variasi Penempatan Pipa Terhadap Datang nya Arus Laut

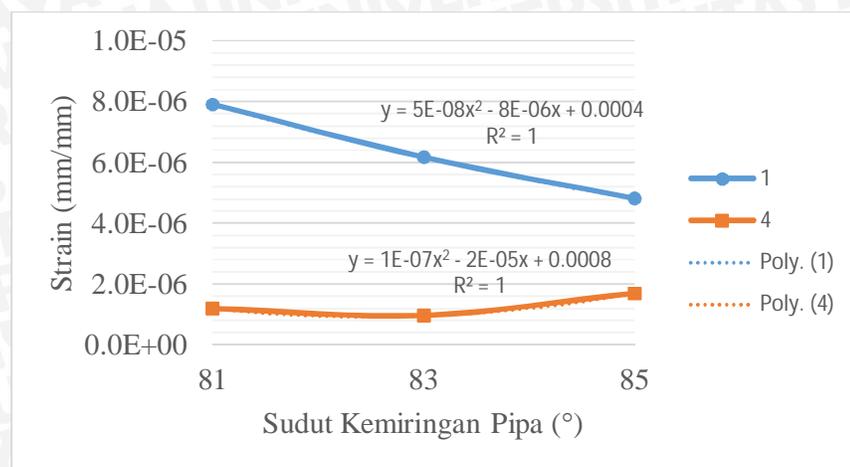
Penempatan	Visualisasi
1	<p>Gambar 4.2 Variasi Penempatan 1</p>
2	<p>Gambar 4.3 Variasi Penempatan 2</p>
3	<p>Gambar 4.4 Variasi Penempatan 3</p>

c. Grafik Perbandingan Regangan – Sudut Kemiringan Pipa *S-Lay* variasi penempatan 1

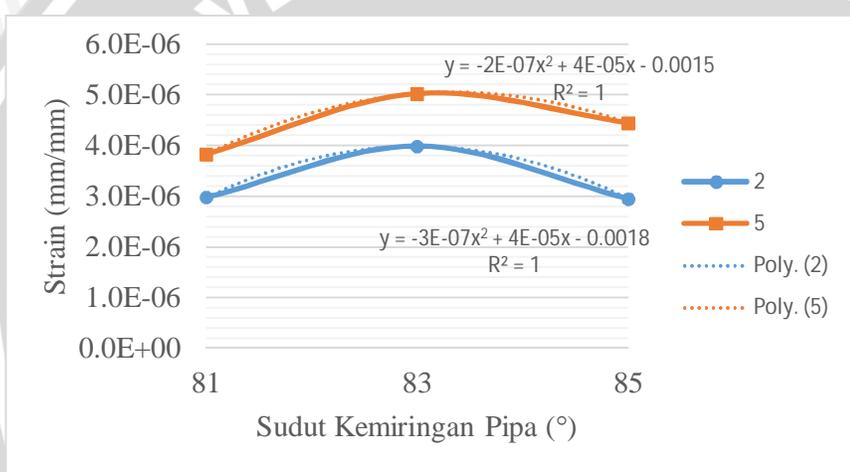


Gambar 4.5 Hubungan Regangan terhadap Sudut Kemiringan Pipa *S-Lay* variasi penempatan 1 pada titik pengambilan data (a) 1 dan 4, (b) 2 dan 5, (c) 3 dan 6

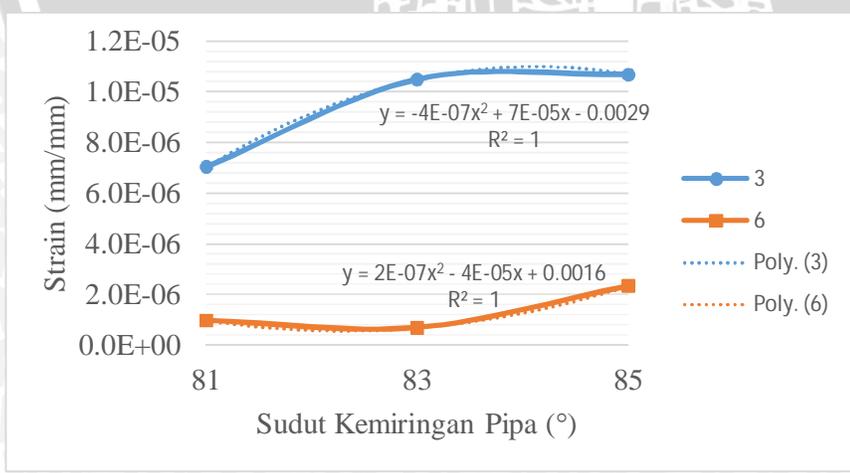
d. Grafik Perbandingan Regangan – Sudut Kemiringan Pipa S-Lay variasi penempatan 2



(a)



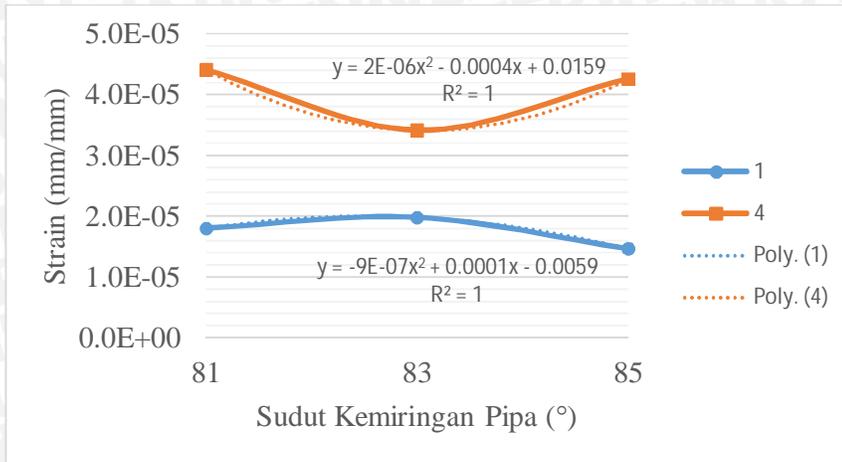
(b)



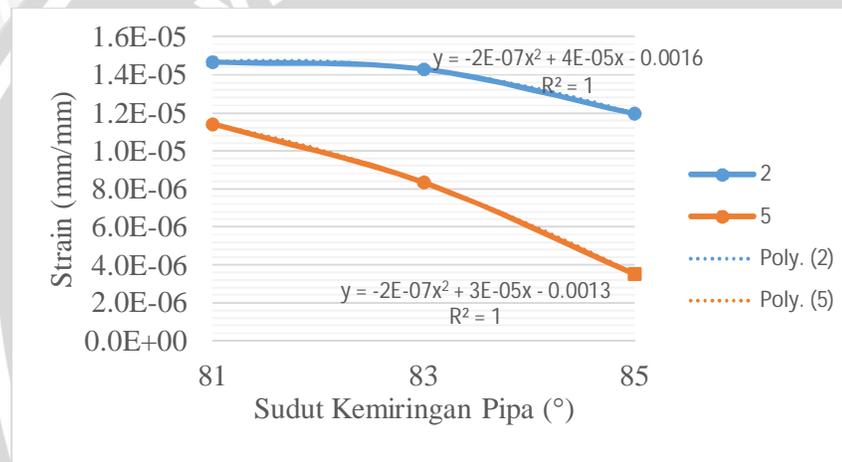
(c)

Gambar 4.6 Hubungan Regangan terhadap Sudut Kemiringan Pipa S-Lay variasi penempatan 2 pada titik pengambilan data (a) 1 dan 4, (b) 2 dan 5, (c) 3 dan 6

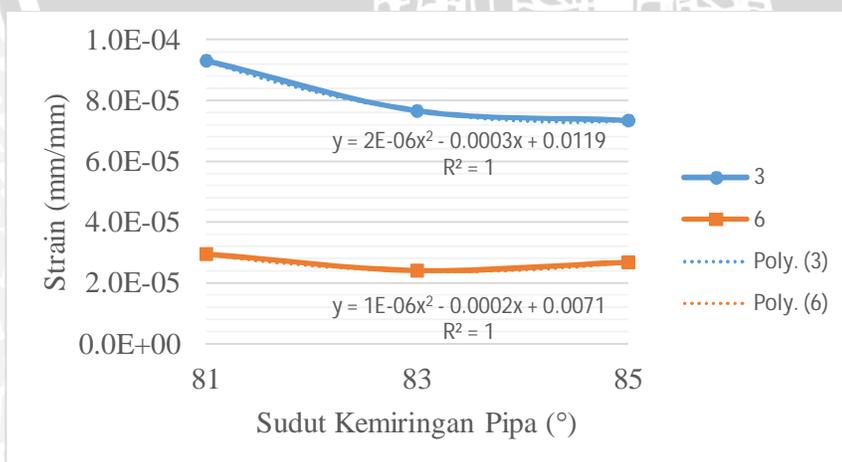
e. Grafik Perbandingan Regangan – Sudut Kemiringan Pipa *S-Lay* variasi penempatan 3



(a)



(b)



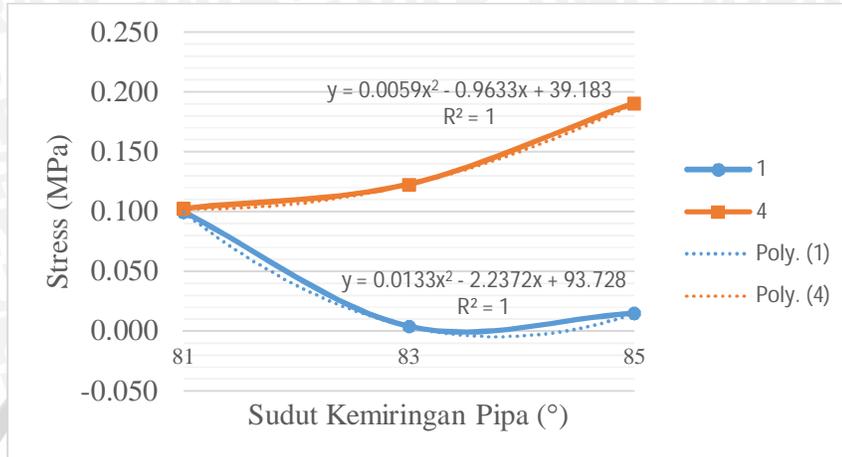
(c)

Gambar 4.7 Hubungan Regangan terhadap Sudut Kemiringan Pipa *S-Lay* variasi penempatan 3 pada titik pengambilan data (a) 1 dan 4, (b) 2 dan 5, (c) 3 dan 6

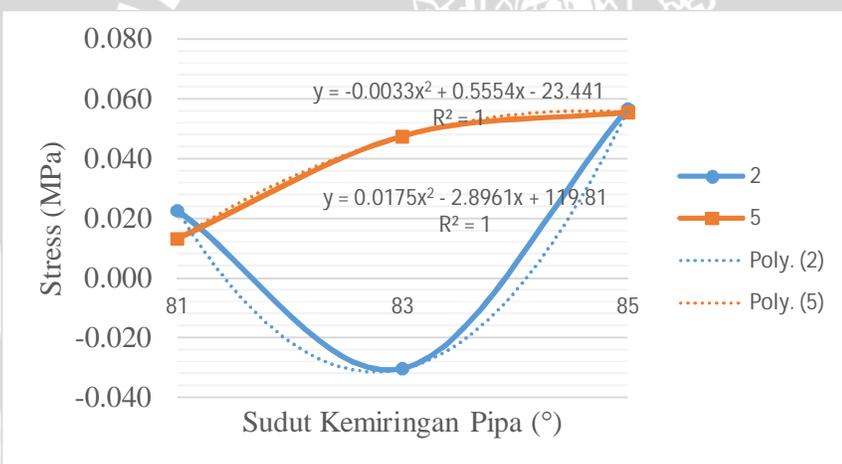
4.1.2 Hasil Pengujian Simulasi CFD dan Tegangan pada Static Structural

-Terlampir

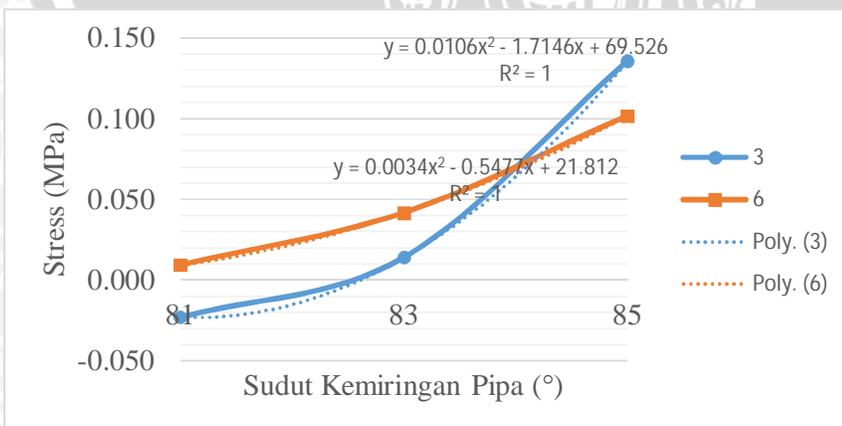
a. Grafik Perbandingan Tegangan – Sudut Kemiringan Pipa S-Lay variasi penempatan 1



(a)



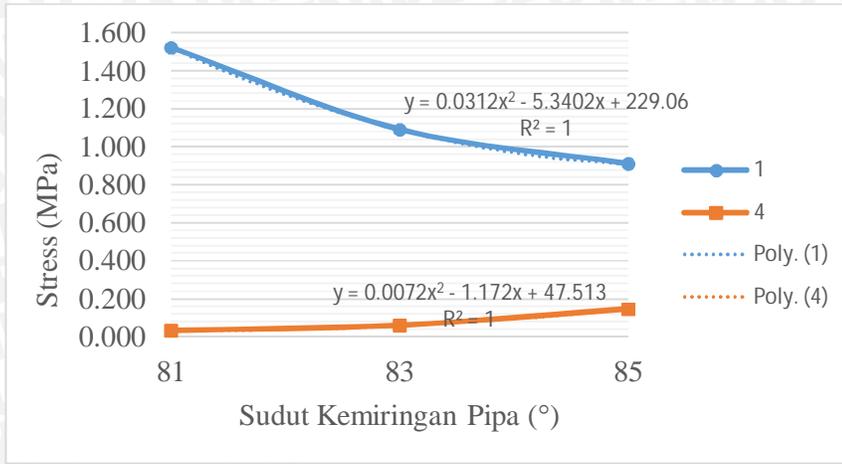
(b)



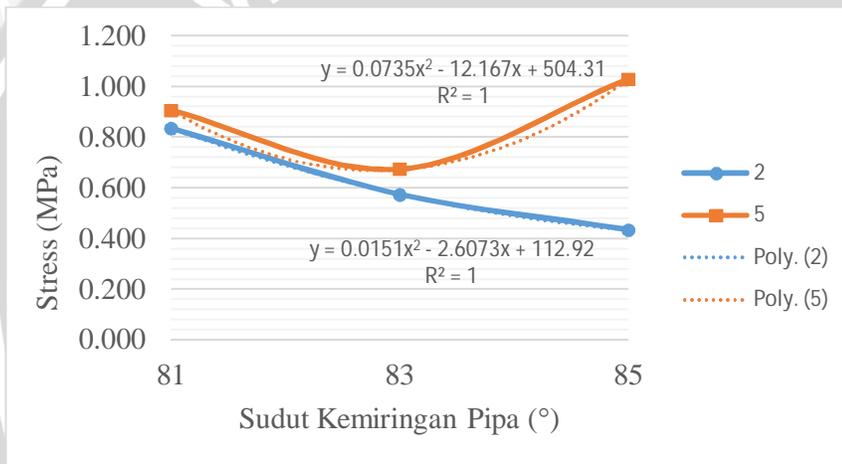
(c)

Gambar 4.8 Hubungan Tegangan terhadap Sudut Kemiringan Pipa S-Lay variasi penempatan 1 pada titik pengambilan data (a) 1 dan 4, (b) 2 dan 5, (c) 3 dan 6

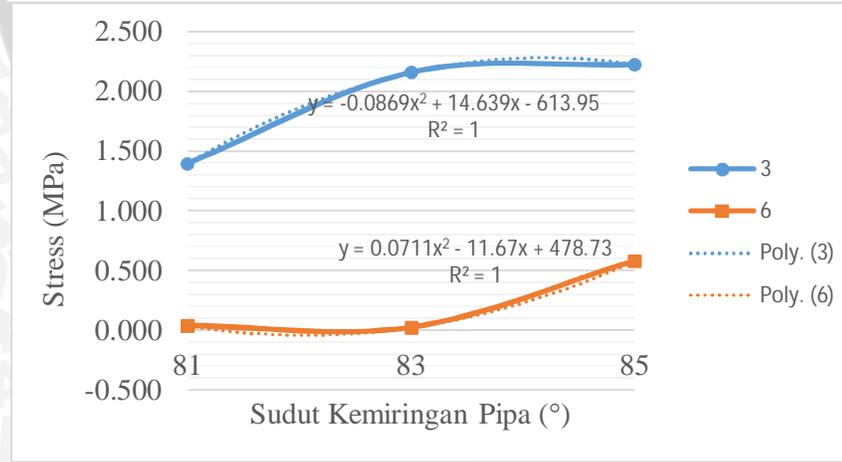
b. Grafik Perbandingan Tegangan – Sudut Kemiringan Pipa S-Lay variasi penempatan 2



(a)



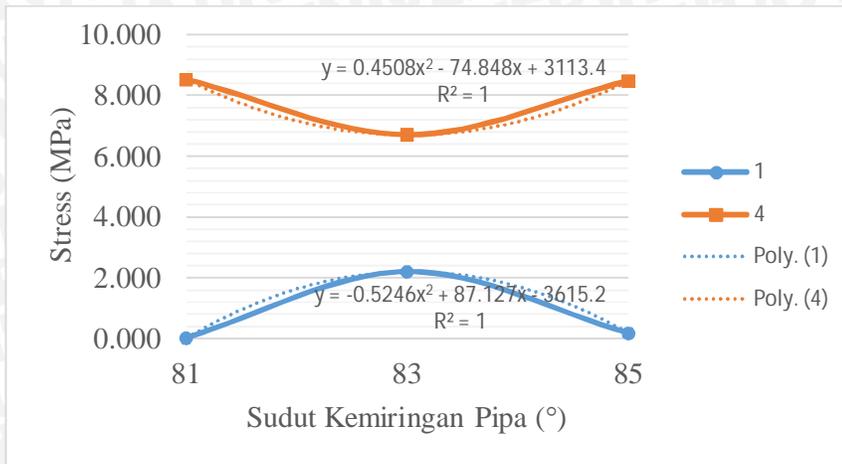
(b)



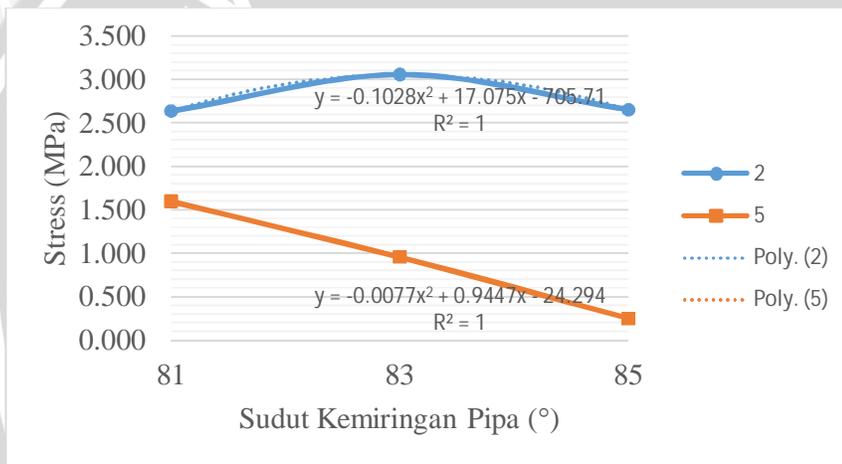
(c)

Gambar 4.9 Hubungan Tegangan terhadap Sudut Kemiringan Pipa S-Lay variasi penempatan 2 pada titik pengambilan data (a) 1 dan 4, (b) 2 dan 5, (c) 3 dan 6

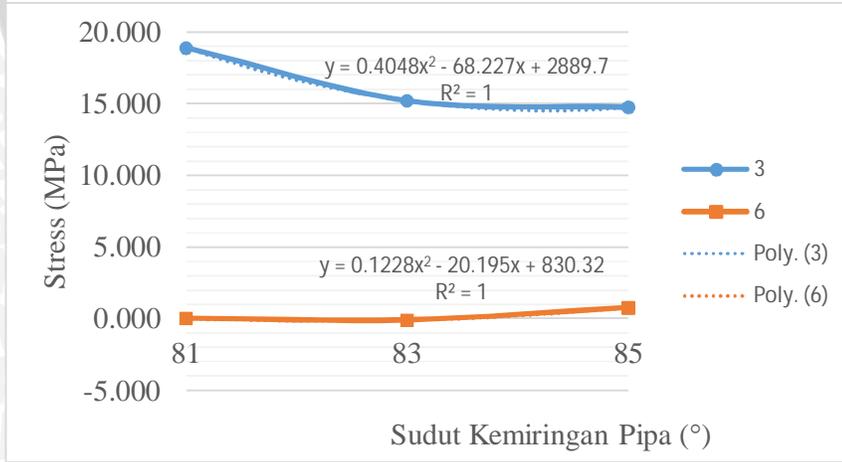
c. Grafik Perbandingan Tegangan – Sudut Kemiringan Pipa S-Lay variasi penempatan 3



(a)



(b)



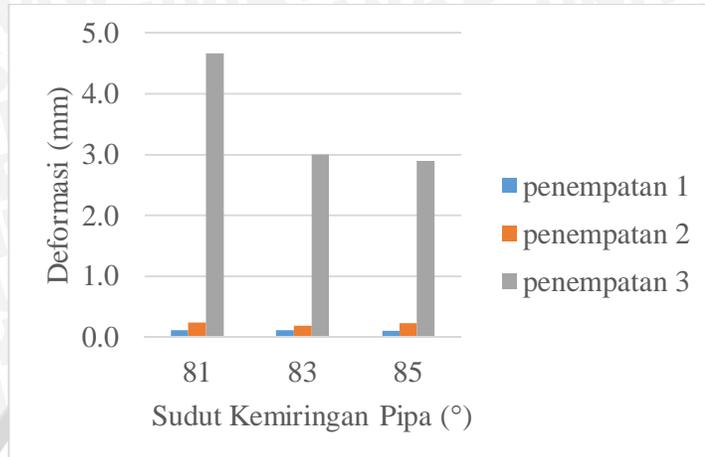
(c)

Gambar 4.10 Hubungan Tegangan terhadap Sudut Kemiringan Pipa S-Lay variasi penempatan 3 pada titik pengambilan data (a) 1 dan 4, (b) 2 dan 5, (c) 3 dan 6

4.1.3 Hasil Pengujian Simulasi *CFD* dan Deformasi pada *Static Structural*

-Terlampir

a. Grafik Perbandingan Deformasi – Sudut Kemiringan Pipa *S-Lay* pada semua variasi penempatan



Gambar 4.11 Hubungan Deformasi terhadap Perbedaan Sudut Kemiringan Pipa *S-lay* pada variasi penempatan pipa terhadap datang nya arus laut.

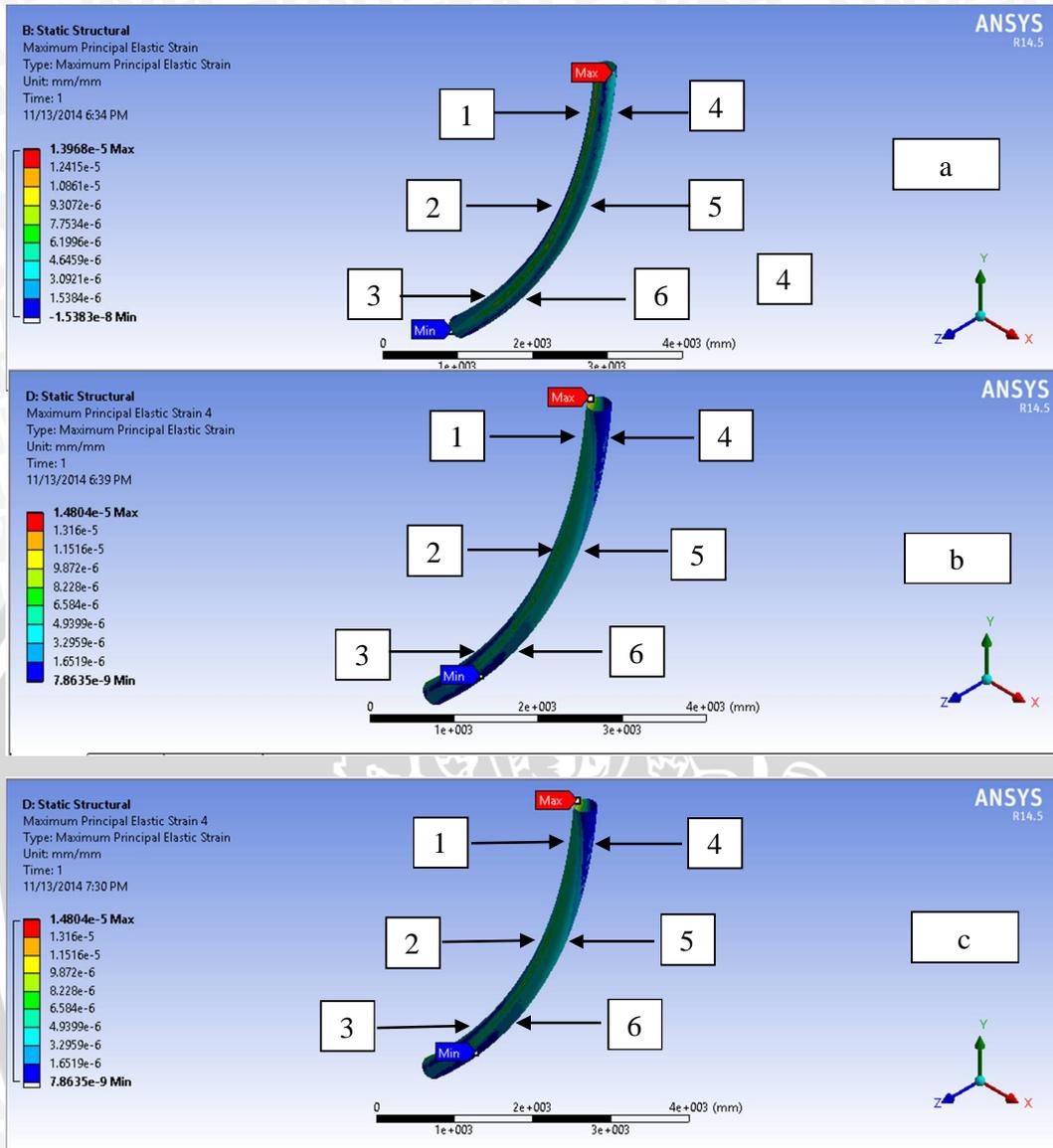
4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Regangan Untuk Semua Variasi

Berdasarkan pada Gambar 4.5, 4.6, dan 4.7 dapat dilihat regangan pada setiap titik pengambilan data. Bilangan *Reynold* di konversikan menjadi kecepatan arus laut, pada penelitian ini bilangan *Reynold* yang di gunakan sebesar 700.000 yang menghasilkan kecepatan arus laut sebesar 2.34 m/s. Arus laut yang memiliki kecepatan 2.34 m/s melewati pipa sehingga terajadi nya perbedaan tekanan pada bagian pipa yang terkena arus laut secara langsung dengan bagian pipa yang tidak terkena secara langsung. Titik 1, 2 dan 3 merupakan titik yang terletak pada sisi pipa *S-Lay* yang terkena arus laut secara langsung.

Pada gambar 4.12 a,b dan c dapat dilihat hasil simulasi menggunakan *software FEM Static Structural* untuk mengetahui regangan maksimal pada pipa dengan sudut kemiringan 81°. Untuk sudut kemiringan 83° dan 85° dapat dilihat pada lampiran 4.

Pada simulasi dengan metode *Computational Fluid Dynamic* yang telah dilakukan, hasil dari *pressure* akibat arus laut yang mengenai pipa di *load* pada *Software FEM Statistic Structural*. Kemudian dilakukan proses *running* untuk mendapatkan nilai regangan maksimal dan minimal yang terjadi. Dan juga dilakukan *running* untuk mengetahui regangan pada setiap titik pengambilan data.



Gambar 4.12 Hasil Simulasi Regangan menggunakan *software FEM Statistic Structural* pada sudut kemiringan 81° (a) penempatan 1,(b) penempatan 2,(c) penempatan 3

Dari gambar dapat dilihat regangan maksimum dan minimum. Regangan maksimum yang terjadi terletak pada daerah yang dekat dengan *displacement support*. Sedangkan regangan minimum terletak pada daerah yang dekat dengan *fixed support*. Bila di lihat pada grafik 4.1, dapat diketahui bahwa titik pengambilan data 1 dan 4 untuk semua variasi penempatan cenderung lebih besar di dibandingkan dengan titik pengambilan data 3 dan 5 serta 4 dan 6. Hal ini dikarenakan titik pengambilan data 1 dan 4 terletak dekat dengan *displacement support* sehingga regangan yang terjadi lebih besar akibat pipa dapat bergerak ke arah sumbu x dan z di dibandingkan dengan titik 4 dan 6 yang terletak dekat dengan *fixed support*.

Dari gambar 4.12 pula dapat di lihat pengaruh besar sudut kemiringan dan penempatan pipa terhadap datangnya arus laut mempengaruhi besarnya regangan. Pada grafik bisa di lihat variasi penempatan 3, dimana regangan yang terjadi lebih besar di bandingkan pada penempatan 1 dan 2. Regangan yang terjadi pada sudut kemiringan 81° lebih besar di bandingkan 83° dan 85° dengan nilai 4.41×10^{-5} (mm/mm) pada titik 1, 1.47×10^{-5} (mm/mm) pada titik 2, dan 9.30×10^{-5} (mm/mm). Hal ini disebabkan ketika dilakukan penempatan dengan variasi 3 dan sudut kemiringan 81° , memiliki kelandaian yang besar sehingga penampang pipa yang terkena arus laut juga menjadi lebih besar dibandingkan dengan penempatan variasi 1 dan 2 dengan sudut 83° dan 85° . Kecepatan aliran fluida di dalam pipa juga mempengaruhi kekakuan dari pipa itu sendiri. Dalam penelitian ini kecepatan fluida dalam pipa sebesar 10.88 m/s sehingga regangan yang di hasilkan tidak terlalu besar.

4.2.2 Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Tegangan Untuk Semua Variasi

Berdasarkan pada Grafik 4.8, 4.9, dan 4.10 dapat dilihat tegangan pada setiap titik pengambilan data. Titik 1, 2 dan 3 merupakan titik yang terletak pada sisi pipa *S-Lay* yang terkena arus laut secara langsung. Perhitungan tegangan pada *software FEM* menggunakan simulasi untuk mencari *maximum principal stress*. Berikut contoh perhitungan menggunakan rumus umum *maximum principal stress* pada data 83° variasi 1, titik pengujian 1:

$$\text{Tegangan Normal arah } y (\sigma_y) = 0.0759 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan Normal arah } x (\sigma_x) = 0.8418 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan Geser arah } xy (\tau_{xy}) = 0.10155 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \tan 2\theta_p &= \frac{\tau_{xy}}{(\sigma_x - \sigma_y)/2} \\ &= \frac{0.10155}{(0.0759 - 0.8148)/2} \end{aligned}$$

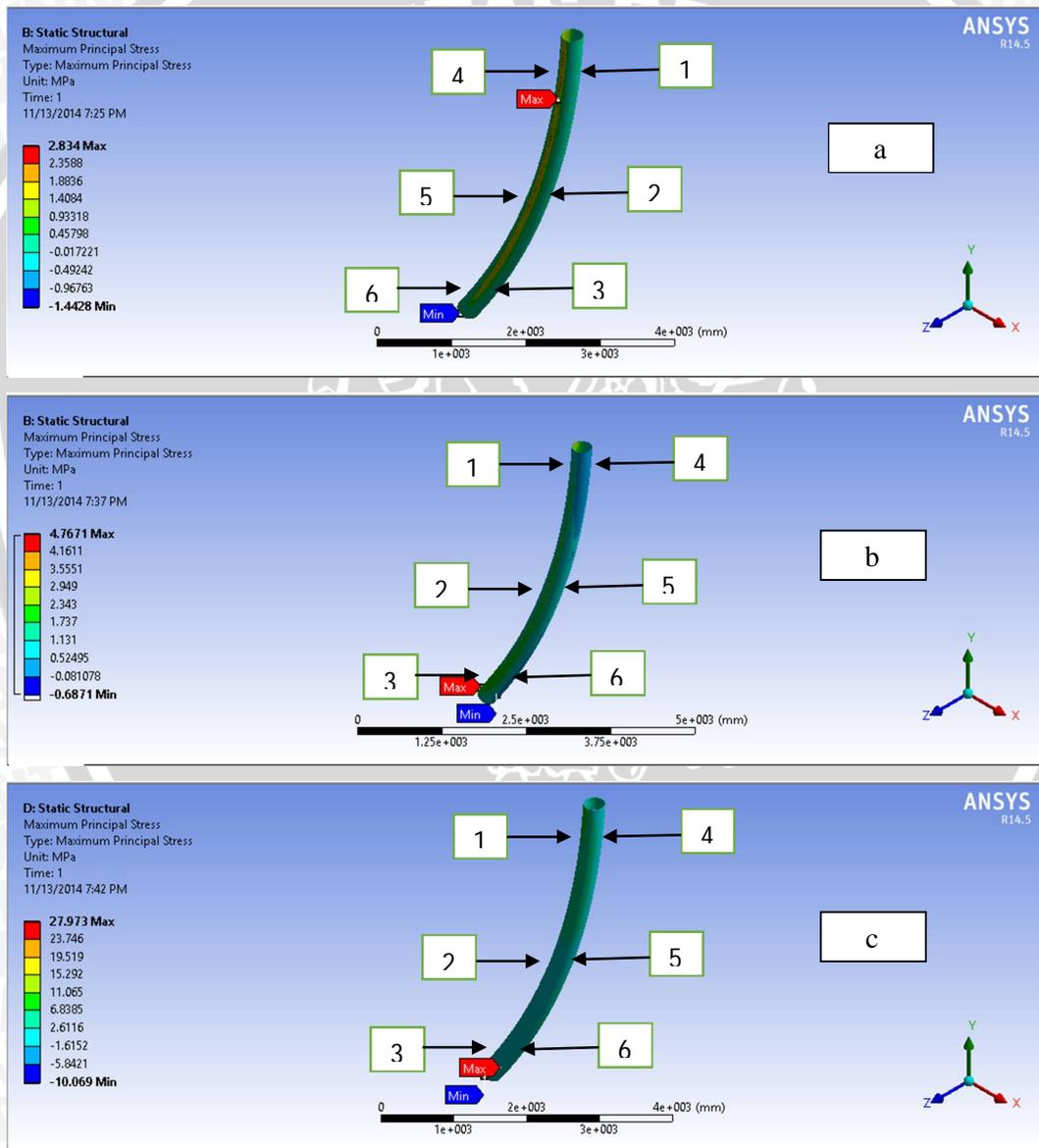
$$\tan 2\theta_p = -0.274$$

$$\begin{aligned} \theta_p &= \frac{1}{2} (\tan^{-1} -0.274) \\ &= -7.66^\circ \end{aligned}$$

Di dapatkan sudut pergeserannya sebesar 7.66° . kemudian mencari nilai tegangan pada sudut pergeseran :

$$\begin{aligned} \sigma_{1,2} &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2} \\ &= 0.449 + 0.146 + 0.0103 \\ &= \mathbf{0.606 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{1,2} &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2} \\ &= 0.449 - 0.146 + 0.0103 \\ &= \mathbf{0.3103 \text{ MPa}} \end{aligned}$$



Gambar 4.13 Hasil Simulasi Tegangan menggunakan *Software FEM Statistic Structural* pada sudut kemiringan 83° (a) penempatan 1,(b) penempatan 2,(c) penempatan 3

Pada gambar 4.13 a,b dan c dapat dilihat hasil simulasi menggunakan *software FEM Static Structural* untuk mengetahui tegangan maksimal pada pipa dengan sudut kemiringan 83° . Untuk sudut kemiringan 81° dan 85° dapat dilihat pada lampiran 4.

Pada simulasi *software FEM Fluid Dynamic* yang telah dilakukan, hasil dari *pressure* akibat arus laut yang mengenai pipa di *load* pada *software FEM Statistic Structural*. Kemudian dilakukan proses *running* untuk mendapatkan nilai tegangan maksimal dan minimal yang terjadi. Dan juga dilakukan *running* untuk mengetahui tegangan pada setiap titik pengambilan data.

Dari gambar dapat dilihat tegangan maksimum dan minimum. Tegangan maksimal yang terjadi terletak pada daerah yang dekat dengan *fixed support*. Sedangkan tegangan minimum di pengaruhi oleh letaknya pipa terhadap datang nya arus laut dimana bisa di lihat pada gambar di atas.

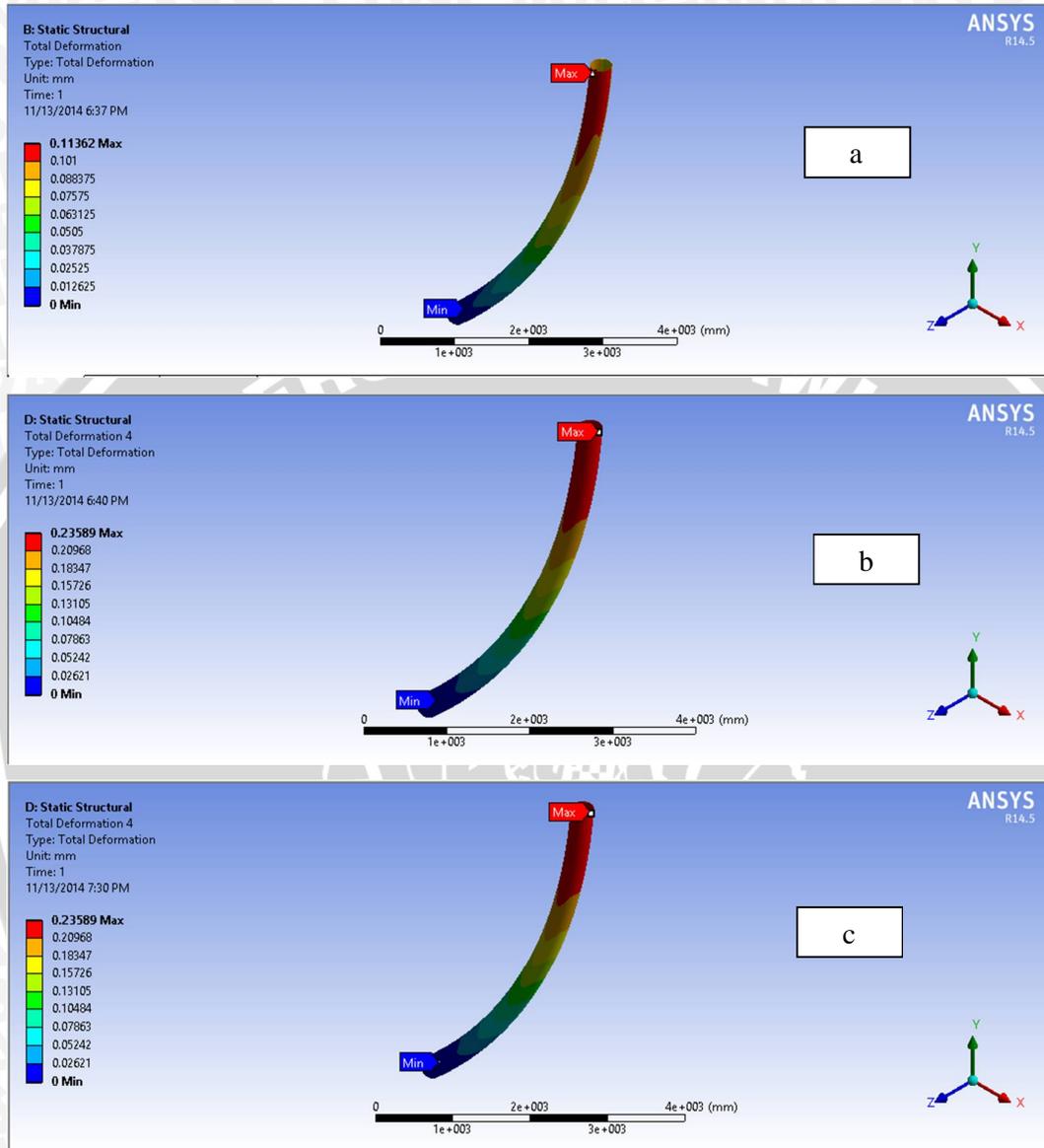
Dari grafik pula dapat dilihat bahwa nilai tegangan pada pengambilan 1 lebih kecil di bandingkan dengan 2 dan 3. Hal ini dikarenakan titik 1 berada dekat dengan *displacement support* yang dapat bergerak ke 2 arah. Sehingga tegangan yang terjadi tidak terlalu besar. Sedangkan pada titik 3 terjadi tegangan yang paling besar dikarenakan titik 3 dekat dengan *support* yang tidak dapat bergerak (*fixed*). Oleh karena itu tegangan yang terjadi lebih besar di bandingkan dengan titik 1 dan 2.

Di lihat dari penempatannya, variasi 3 memiliki tegangan yang lebih besar dari variasi 1 dan 2. Hal ini di karenakan penempatan pipa yang tegak lurus terhadap datang nya arus laut membuat penampang pipa menjadi lebih besar dibandingkan variasi 1 dan 2 dimana nilai tegangan di pengaruhi oleh besar nya luas penampang benda. Sudut 81° memiliki landaian yang lebih besar di bandingkan sudut 83° dan 85° . Hal ini yang mempengaruhi besar nya penampang pipa pada penempatan di setiap variasi. Nilai tegangan pada sudut 81° variasi 3 pada titik yang terkena arus laut secara langsung sebagai berikut 0.035 MPa pada titik pengambilan data 1, 2.64 MPa pada titik pengambilan data 2 dan 18.90 MPa pada titik pengambilan data 3.

4.2.3 Pengaruh sudut kemiringan terhadap Deformasi untuk semua variasi

Berdasarkan gambar 4.11, dapat dilihat perbandingan deformasi terhadap sudut kemiringan pipa pada 3 variasi penempatan pipa terhadap datang nya arus laut. Dapat dilihat kecenderungan dari grafik mengalami penngkatan. Hal ini di karenakan variasi penempatan pipa terhadap datang nya arus laut serta kelandaian pipa yang di pengaruhi oleh besar nya sudut kemiringan pipa.

Pada gambar 4.14 dapat dilihat hasil simulasi menggunakan *software FEM Static Structural* untuk mengetahui deformasi pada pipa dengan sudut kemiringan 81° semua variasi. Untuk sudut kemiringan 83° dan 85° dapat dilihat pada lampiran 4.



Gambar 4.14 Hasil Simulasi Deformasi menggunakan *Software FEM Statistic Structural* pada sudut kemiringan 81° (a) penempatan 1,(b) penempatan 2,(c) penempatan 3

Dari gambar dapat dilihat hasil deformasi dari simulasi menggunakan *software FEM Static Structural*. Deformasi *maximum* terjadi pada daerah yang dekat dengan *displacement support*. Sedangkan *minum* nya berada dekat dengan daerah *fixed support*. Ini disebabkan karena *fixed support* merupakan daerah yang tidak bergerak sama sekali.

Dari grafik pula dapat dilihat perbandingan nilai deformasi pada tiap variasi sudut dan penempatan pipa terhadap datangnya arus laut. Dimana penempatan serta sudut kemiringan berpengaruh terhadap besarnya deformasi yang terjadi.

Deformasi yang paling besar terjadi pada sudut 81° dengan variasi penempatan 3. Hal ini disebabkan karena penampang pipa yang lebih besar yang terkena arus laut dikarenakan penempatannya yang tegak lurus terhadap datangnya arus laut. Besarnya deformasi juga dipengaruhi oleh tegangan dan regangan. Dimana tegangan dan regangan pada variasi sudut 81° , 83° dan 85° terjadi paling besar pada sudut 81° . Pengaruh besarnya sudut mempengaruhi kelandaian dari pipa itu sendiri. Semakin kecil sudutnya maka landainya pipa semakin besar. Hal inilah yang menyebabkan penampang pipa menjadi besar.

