

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Perhitungan

Untuk mendapatkan hasil perhitungan analisa tegangan pipa pada jalur pemipaan gas. dapat diperoleh dengan menggunakan rumus-rumus di bawah ini :

➤ Perhitungan Ketebalan Pipa :

$$\begin{aligned}t_m &= \frac{P D_0}{2 S F E T} \\&= \frac{1000 \times 20}{2 \times 65.000 \times 0.72 \times 1 \times 1} \\&= \frac{20000}{93600} \\&= 0,213675 \text{ inch}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{req} &= \frac{t_m + A}{(1 - MT)} \\&= \frac{0.213675 + 0.118}{(1 - 0.125)} \\&= \frac{0.331675}{0.875} \\&= 0.379057 \text{ inch}\end{aligned}$$

$$t_{sel} > t_{req}$$

$$t_{sel} = 0,5 \text{ inch}$$

20 inch *schedule 30*

➤ Perhitungan Tegangan-Tegangan yang Terjadi :

- Tegangan Longitudinal :

Pada kondisi  $P= 1000$  psi, dan  $T= 140$  °F

$$\begin{aligned}L &= \frac{P D_0}{4t} \\ &= \frac{1000 \times 20}{4 \times 0.5} \\ &= 10000 \text{ Psi}\end{aligned}$$

Pada kondisi  $P= 1300$  psi, dan  $T= 160$  °F

$$\begin{aligned}L &= \frac{P D_0}{4t} \\ &= \frac{1300 \times 20}{4 \times 0.5} \\ &= 13000 \text{ Psi}\end{aligned}$$

- Tegangan Tangensial :

Pada kondisi  $P= 1000$  psi, dan  $T= 140$  °F

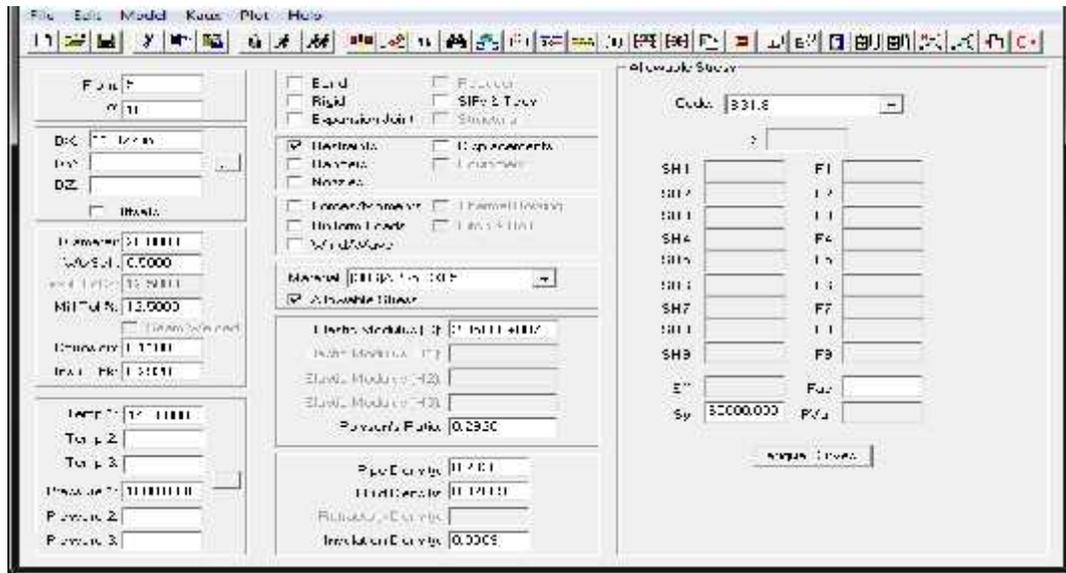
$$\begin{aligned}S_H &= \frac{P D_0}{2t} \\ &= \frac{1000 \times 20}{2 \times 0.5} \\ &= 20000 \text{ Psi}\end{aligned}$$

Pada kondisi  $P= 1300$  psi, dan  $T= 160$  °F

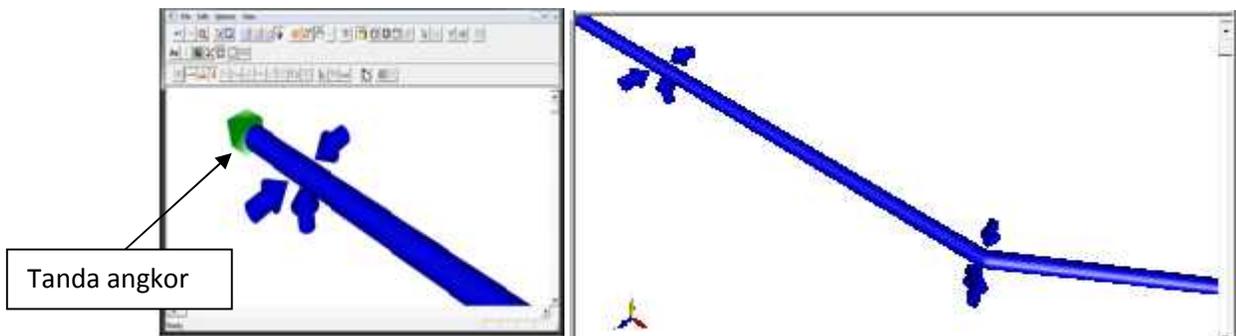
$$\begin{aligned}S_H &= \frac{P D_0}{2t} \\ &= \frac{1300 \times 20}{2 \times 0.5} \\ &= 26000 \text{ Psi}\end{aligned}$$

## 4.2 Hasil Pemodelan Pipa dengan Perangkat Lunak Metode Elemen Hingga

Pertama pipa dimodelkan sebagai pipa dibawah laut, Titik awal pipa diberi *node 5*. Pada gambar 4.2, adalah bagian pipa yang di laut diberi angkor sebagai tanda kondisi batas analisis pipa, dimana pada titik itu tidak ada perpindahan dalam arah sumbu x, y dan z :



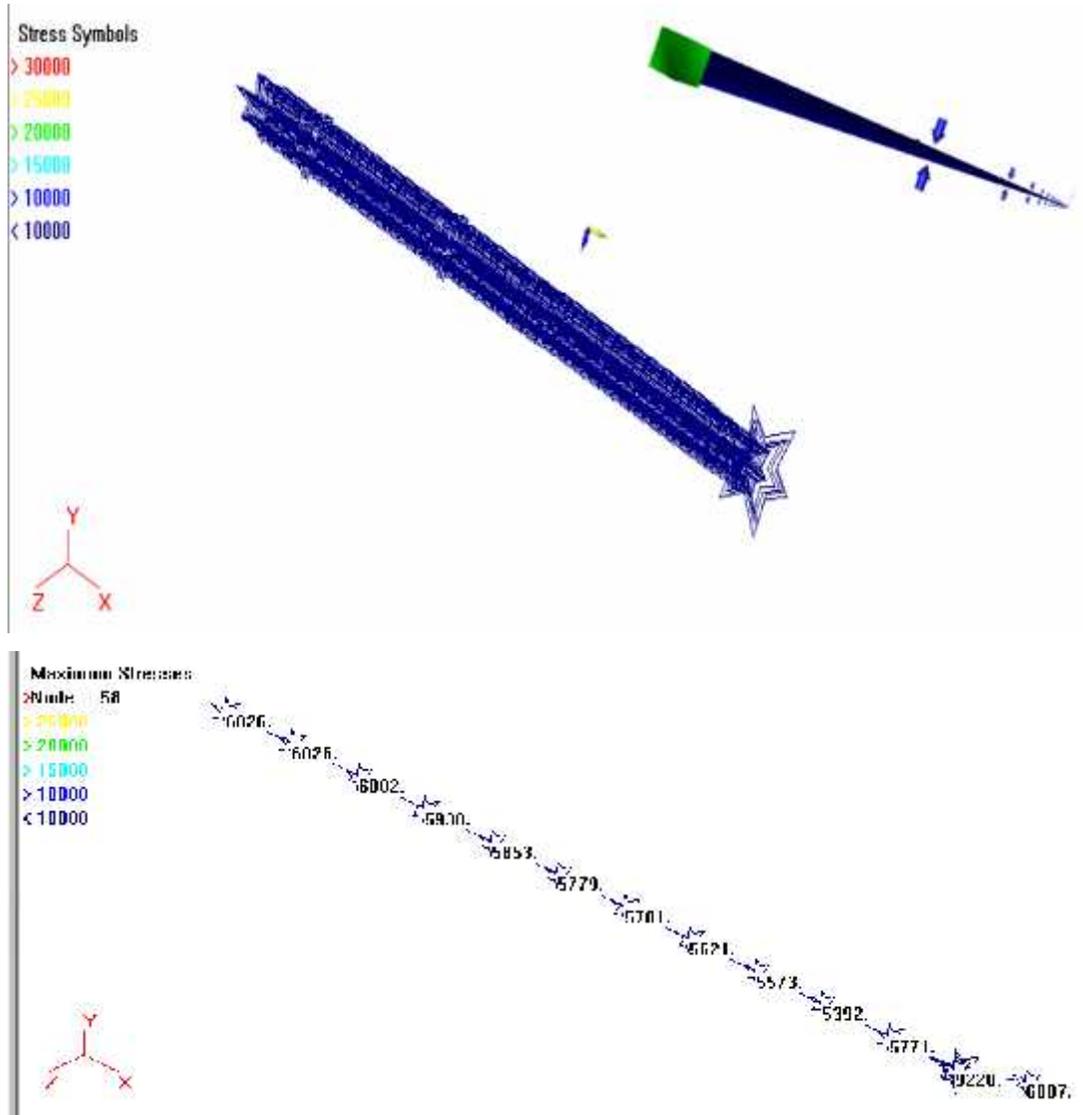
Gambar 4.1 Input data pipa



Gambar 4.2 Plot 3 dimensi pipa

Setelah pipa dimodelkan seperti gambar diatas maka kita dapat menambahkan pembebanan yang terjadi pada pipa tersebut. Variasi pembebanan dengan memodelkan pipa pada pressure dan temperature saat operasi. Setelah dilakukan

berbagai pembebanan, pipa mengalami tegangan (*stress*) pada tiap-tiap *node*-nya akibat dari beban-beban yang bekerja diluar maupun dalam pipa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar dibawah ini :

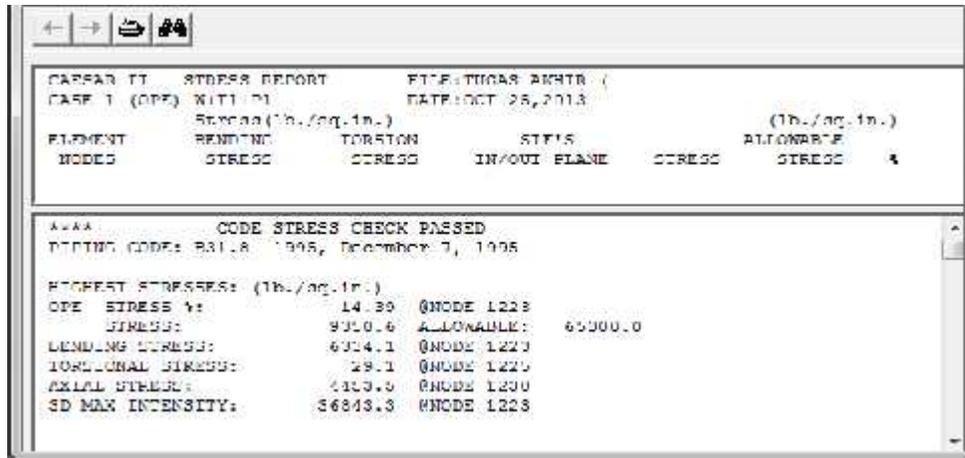


Gambar 4.3 Bagian pipa yang telah mendapatkan pembebanan tekanan dan temperatur (pada gambar ditunjukkan dengan timbulnya tegangan)

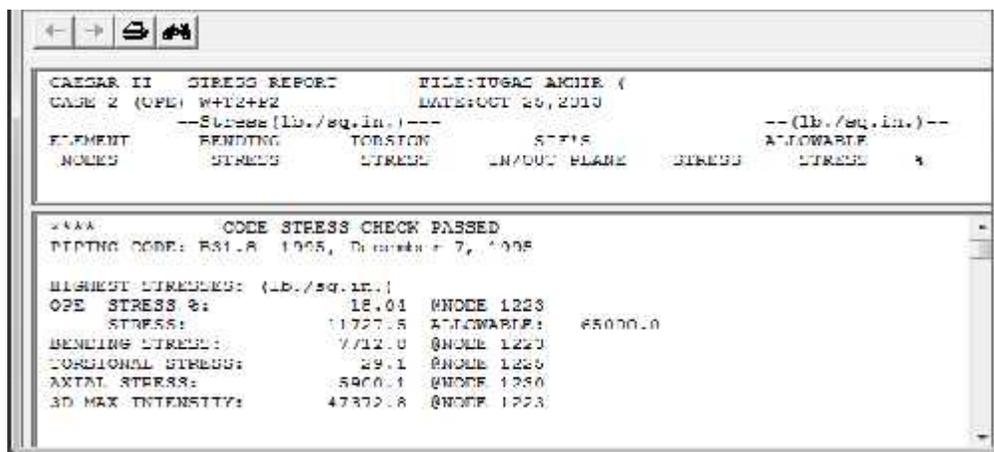
Pada gambar diatas dapat diketahui bahwa tegangan-tegangannya yang disebabkan oleh pembebanan tekanan dan temperatur terjadi disepanjang pipa dan nilainya bervariasi sesuai dengan simbol tegangannya. Semakin besar simbol tegangannya, berarti pada bagian pipa tersebut terjadi tegangan yang besar, begitu

sebaliknya. Semua tegangan yang terjadi disepanjang pipa tersebut tidak melebihi tegangan izin materialnya, sehingga pipa aman digunakan.

Dari pemodelan pipa di atas, diperoleh hasil *output* yang diinginkan dengan inputan data yang sudah ada serta ditambah dengan pembebanan yang diberikan. Maka diketahui bahwa pipa mengalami beberapa tegangan yang dapat dianalisa dan diketahui letak distribusinya sebagai berikut :



Gambar 4.4 Tampilan *output* dari tegangan yang terjadi pada pipa akibat *Temperature 140<sup>0</sup>F dan pressure 1000 psi*



Gambar 4.5 Tampilan *output* dari tegangan yang terjadi pada pipa akibat *Temperature 160<sup>0</sup>F dan pressure 1300 psi*

Dari hasil pemodelan pipa dengan perangkat lunak elemen hingga, diperoleh hasil output seperti gambar diatas. Yang mana di dapat nilai tegangan maksimum sebesar 9350,6 psi pada kondisi temperatur 140 °F dan tekanan 1000 psi dan pada

kondisi temperatur 160 °F dan tekanan 1300 psi nilai tegangan maksimum yang didapat sebesar 11727,5 psi. Nilai tegangan maksimum terjadi di belokan pipa, hal ini salah satunya dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida dalam pipa. Kecepatan/velocity fluida akan tinggi pada saat masuk belokan pipa seiring dengan panjang pipa, lalu kemudian terjadi kecepatan yang unstabil atau berubah-ubah disepanjang belokan pipa, kemudian kecepatan mulai menurun seiring air yang keluar dari belokan pipa. Sehingga pada saat mendekati belokan tegangan yang terjadi akan meningkat, dan pada saat melewati belokan pipa tegangan akan menurun kembali.

### 4.3 Pembahasan

Dari data – data lapangan yang di kumpulkan pada tabel 3.1, kita dapat melakukan perhitungan tegangan dan pemodelan dengan metode elemen hingga. Didapat nilai tegangan yang terjadi pada sistem pemipaan seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.1 Tegangan-tegangan yang terjadi pada pipa :

Temperature ( <sup>0</sup> F)	Pressure (psi)	Tegangan Longitudinal ( $\sigma_L$ ) (psi)	Tegangan Tangensial ( $\sigma_{SH}$ ) (psi)	Tegangan Torsi ( $\tau$ ) (psi)
140	1000	10787.6	20000	29.1
160	1300	13612.9	26000	29.1

Sehingga dari nilai-nilai tegangan yang telah diperoleh dari perhitungan dan pemodelan dengan metode elemen hingga di atas, dapat dianalisis tegangan yang terjadi sesuai dengan *code* ASME B31.8, yaitu :

1. Tegangan *Tangensial* ( *hoop stress* ) :

Kondisi 1 (temperatur 140<sup>0</sup> F dan tekanan 1000 psi) :

$$| \sigma_H | \leq F_1 S T$$

$$20.000 \text{ psi} \leq 0.72 \times 65.000 \text{ psi} \times 1$$

$$20.000 \text{ psi} \leq 46800 \text{ psi}$$

Kondisi 2 (temperatur 160<sup>0</sup> F dan tekanan 1300 psi):

$$| \sigma_H | \leq F_1 S T$$

$$26.000 \text{ psi} \leq 0.72 \times 65.000 \text{ psi} \times 1$$

$$26.000 \text{ psi} \leq 46800 \text{ psi}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa tegangan tangensial yang terjadi pada pipa dibawah batas izin materialnya, sehingga pipa aman digunakan.

2. Tegangan *Longitudinal* ( *longitudinal stress* ) :

Kondisi 1 (temperatur 140<sup>0</sup> F dan tekanan 1000 psi) :

$$| \sigma_L | \leq F_2 S$$

$$10787.6 \text{ psi} \leq 0.8 \times 65000 \text{ psi}$$

$$10787.6 \text{ psi} \leq 52000 \text{ psi}$$

Kondisi 2 (temperatur 160<sup>0</sup> F dan tekanan 1300 psi) :

$$| \sigma_L | \leq F_2 S$$

$$13612.9 \text{ psi} \leq 0.8 \times 65000 \text{ psi}$$

$$13612.9 \text{ psi} \leq 52000 \text{ psi}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa tegangan longitudinal yang terjadi pada pipa dibawah batas izin materialnya, sehingga pipa aman digunakan.

3. Tegangan Gabungan ( *combined stress* ):

Kondisi 1 (temperatur 140<sup>0</sup> F dan tekanan 1000 psi) :

$$\sigma_{gab} = 2 \sqrt{\frac{\sigma_L - \sigma_H}{2}}^2 + \sigma_t^2 \quad 1/2 \quad F_3 S$$

$$\begin{aligned}
&= 2 \frac{10787.6 - 20000}{2} + 29.1^2 \cdot 1/2 \cdot 0.9 \times 65000 \text{ psi} \\
&= 2 \frac{-9212.4}{2} + 846.81 \cdot 1/2 \cdot 58500 \text{ psi} \\
&= 2 \cdot 21217078.44 + 846.81 \cdot 1/2 \cdot 58500 \text{ psi} \\
&= 2 \cdot 21217925.25 \cdot 1/2 \cdot 58500 \text{ psi} \\
&= 2 \times 4606.3 \cdot 58500 \text{ psi} \\
&= 9212.6 \text{ Psi} \cdot 58500 \text{ psi}
\end{aligned}$$

Kondisi 2 (temperatur 160<sup>0</sup> F dan tekanan 1300 psi) :

$$\begin{aligned}
\sigma_{gab} &= 2 \frac{\sigma_L - \sigma_{SH}}{2} + \sigma_t^2 \cdot 1/2 \cdot F_3 S \\
&= 2 \frac{13612.9 - 26000}{2} + 29.1^2 \cdot 1/2 \cdot 0.9 \times 65000 \text{ psi} \\
&= 2 \frac{-12387.1}{2} + 846.81 \cdot 1/2 \cdot 58500 \text{ psi} \\
&= 2 \cdot 38360061.6 + 846.81 \cdot 1/2 \cdot 58500 \text{ psi} \\
&= 2 \cdot 38359214.8 \cdot 1/2 \cdot 58500 \text{ psi} \\
&= 2 \times 6193.5 \cdot 58500 \text{ psi} \\
&= 12387 \text{ Psi} \cdot 58500 \text{ psi}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas nilai tegangan gabungan yang terjadi pada pipa jauh dibawah tegangan izin materialnya, sehingga pipa aman digunakan. Nilai tegangan gabungan pada kondisi 1 sebesar 9212.6 psi dan pada kondisi 2 sebesar 12387 psi, yang mana kedua kondisi tersebut jauh dibawah tegangan izin materialnya sebesar 58500 psi.

Sehingga dari hasil perhitungan tegangan yang terjadi dan pemodelan pipa pada jalur pemipaan gas sepanjang 1497.63 m. Dengan input pembebanan berupa *pressure* dan *temperature*, yang mana pada kondisi desain *pressure* pipa sebesar 1000 psi dan temperatur operasi desain sebesar 140 °F, serta saat pipa beroperasi dengan *pressure* operasi sebesar 1300 psi dan *temperature* operasi sebesar 160 °F masih dalam kondisi aman atau belum melebihi tegangan izin maksimum materialnya. Selain itu kita dapat mengetahui bahwa ketika variabel input *pressure* dan *temperature* yang dimasukkan semakin besar, maka nilai tegangan pada pipa akan meningkat.

Dan juga dari analisa tegangan di atas dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada pipa, jauh dibawah tegangan izin materialnya. Hal ini dikarenakan setiap perancangan pipa biasanya untuk pemakaian yang lama (minimal 20 tahun). Agar dapat mengurangi biaya produksi.

Namun jika pada hasil perhitungan tegangan yang terjadi melebihi tegangan izin materialnya, berarti pipa tidak aman digunakan. Pipa akan mengalami tegangan berlebih dan dapat menyebabkan kebocoran pada pipa bahkan ledakan pipa. Dan untuk mengatasinya kita dapat mengganti material pipa yang digunakan dengan material pipa yang memiliki ketahanan yang lebih baik.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tebal dinding pipa yang didapatkan adalah 0.5 inch. Tebal ini sesuai dengan perhitungan *code* ASME B31.8.
2. Didapat nilai tegangan izin maksimum dari material API 5L X65 sebesar 46800 Psi untuk tegangan tangensial, 52000 Psi untuk tegangan longitudinal, dan 58500 Psi untuk tegangan gabungan berdasarkan *code* yang ada di ASME B31.8.
3. Didapat nilai tegangan tangensial sebesar 20000 Psi pada kondisi 1 dan 26000 Psi pada kondisi 2, nilai tegangan longitudinal sebesar 10787,6 Psi pada kondisi 1 dan 13612,9 Psi pada kondisi 2, dan nilai tegangan gabungan sebesar 9212.6 Psi pada kondisi 1 dan 12387 Psi pada kondisi 2. Semua tegangan yang terjadi pada pipa yang ada di jalur pemipaan gas tidak melebihi tegangan yang diijinkan, sehingga pipa tidak mengalami tegangan berlebih (*over stress*) dan aman digunakan.
4. Tegangan pada pipa akan meningkat jika variabel input *pressure* dan *temperature* yang dimasukkan semakin besar.
5. Dapat diketahui bahwa untuk perancangan pipa distribusi gas dengan diameter pipa 20'' yang ada di bawah laut, cocok digunakan pipa dengan material API 5L X65. Karena dari hasil analisa dan perhitungan saya, serta dari analisa dengan perangkat lunak metode elemen hingga besarnya tegangan yang terjadi disepanjang pipa dibawah tegangan izin materialnya.

## 5.2 Saran

Dari hasil pengamatan dan analisa tegangan pipa, saran yang diberikan adalah :

Dalam merancang sebuah sistem pemipaan kita tidak hanya dapat menganalisa tegangan yang terjadi pada pipa, tetapi banyak hal yang juga harus dianalisa seperti keandalan sistem pemipaan, analisa *pipe support* pada sistem pemipaan, fenomena pengaruh tekanan pada belokan pipa dan lain-lain yang semuanya mempengaruhi sistem pemipaan dalam pengoperasiannya.

## DAFTAR PUSTAKA

American Petroleum Institute. 2000. *API Spec 5L: Specification For Line Pipe 42nd Edition*.

Anonim. 2011. Definisi 'Pipa'. Jakarta.  
<http://www.artikata.com/arti-138229-pipa.html> (diakses: Agustus 2013)

ASME B31.8 Code. 2003. *Gas Transmission and Distribution piping System*.  
USA: New York.

Beer Ferdinand P. et al. 2006. *Mechanics of Materials*. Fourth Edition. McGraw-Hill.

Donny. 2009. *Sistem Pemipaan dan Perusahaan EPC*. Metode Input Trunion.

Fenn, Donna. 2012. *Pipeline*. New York.  
[www.pipeline-system.com](http://www.pipeline-system.com) (diakses: Agustus 2013)

Liu, H. 2005. *Pipeline Engineering*. Boca Raton: Lewis Publishers CRC Press  
Company.

Mohitpour, M. et al. 2000. *Pipeline Design & Construction*. Second Edition  
McGraw-Hill.

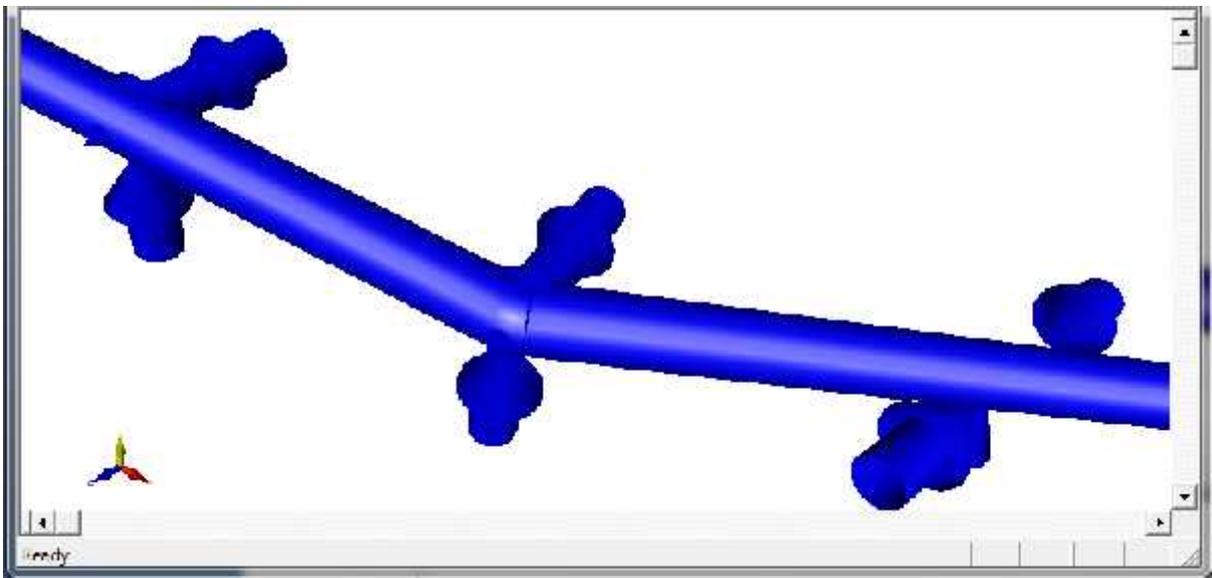
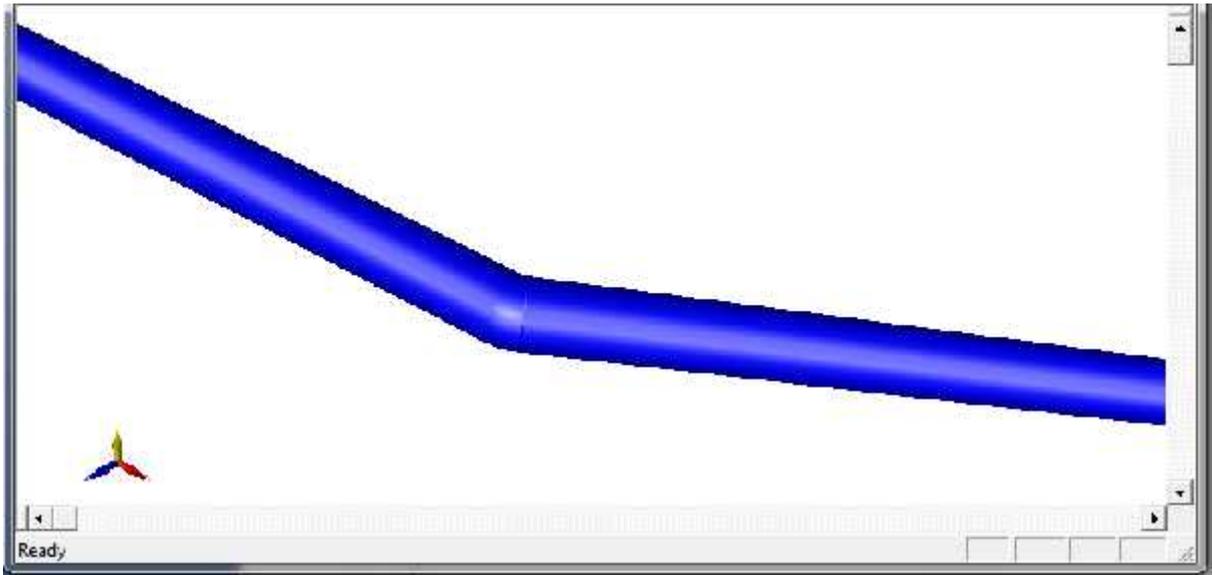
Hutagalung, Michael. 2011. *Pengantar Finite Element Method*. Jakarta.  
<http://www.toodoc.com/finite-elements-ppt.html> (diakses: Juli 2013)

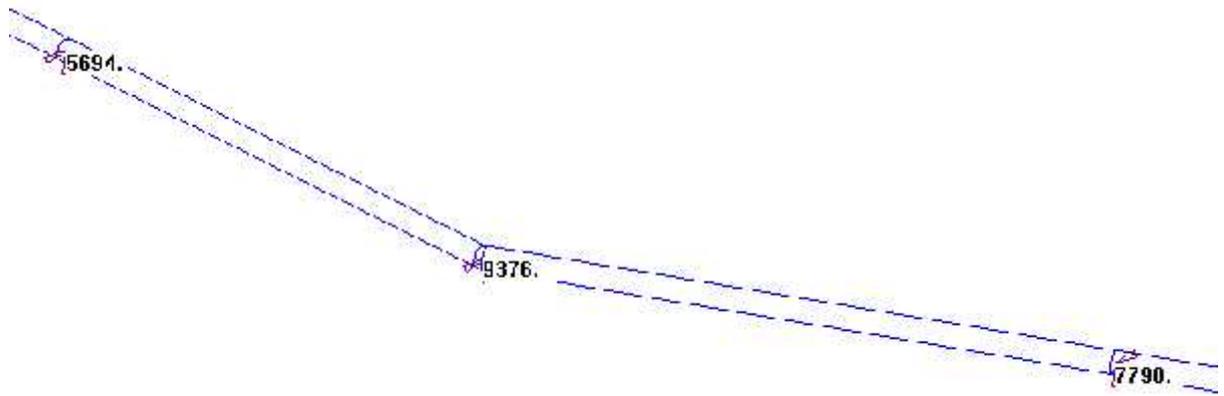
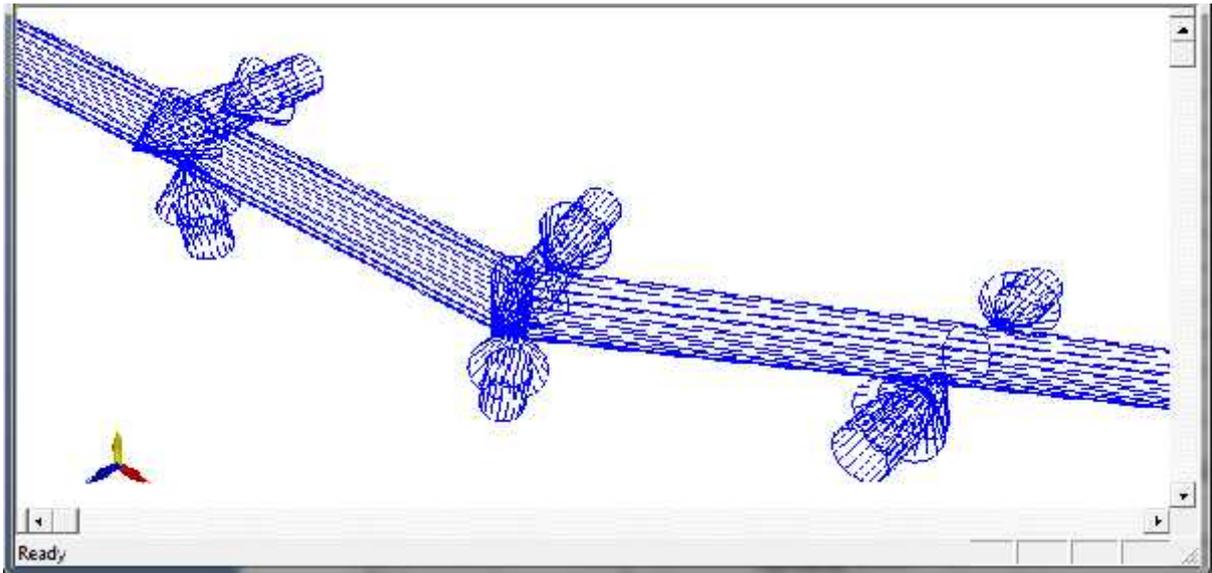
Parisher Roy A. et al. 2002. *Pipe Drafting And Design*. Second Edition  
Butterworth–Heinemann

Puja, Wiratmaja. 2011. *Perancangan & Konstruksi Sistem Perpipaan*. ITB.

Puruhita, Andrey. 2010. *Tutorial Perangkat Lunak Elemen Hingga*.

Smith, Paul R. et al. 1987. *Piping and Pipe Support Systems*. McGraw-Hill.





## BIODATA PENULIS



*Nama* : ARNO ABDILLAH  
*Jenis Kelamin* : Laki-laki  
*Tanggal lahir* : 11 Maret 1990  
*Tempat lahir* : Bengkulu  
*Anak ke* : 2 dari 4 bersaudara  
*Agama* : Islam  
*Kewarganegaraan* : Indonesia  
*Politik* : Islamic Society Of Engineers  
*Hobi* : Football  
*Alamat* : Jalan Jati VI Sawah Lebar, Bengkulu  
*No.HP* : 089604092044  
*E-mail* : [arnoabdillahgen@yahoo.co.id](mailto:arnoabdillahgen@yahoo.co.id)

### **Pendidikan Formal :**

1996– 2002 : SD Negeri 19 Bengkulu  
2002– 2005 : SMP Negeri 2 Bengkulu  
2005– 2008 : SMA Negeri 4 Bengkulu  
2008– 2014, : Program Studi Teknik, Mesin Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

### **Pengalaman Organisasi :**

Bendahara Umum BEM TEKNIK UNIB  
Kepala Bidang Kewirausahaan BEM TEKNIK UNIB

### **Pengalaman Kerja :**

Kerja Praktek di PT. Bio Nusantara Teknologi Tbk