

## ANALISA TEGANGAN PIPA PADA KEPALA SUMUR

Syamsurrijal RAMDJA

Pusat Rekayasa dan Perangkat Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional

### ABSTRAK

Makalah ini menjelaskan hasil analisa tegangan pipa yang terjadi pada kepala sumur. Analisa ini bermaksud untuk mengantisipasi beberapa tegangan lebih yang terjadi pada persiapan pemipaan sebagai salah satu bagian dari sistem aliran dan persyaratan analisa 'expansion loop' pada pemipaan.

Pemodelan pipa diawali pada kepala sumur sebagai titik tetap dan ujungnya berada di tumpuan pertama pada koridor. Jarak antara kepala sumur menuju ke koridor sepanjang 100 m. Jenis tumpuan yang digunakan sepanjang koridor adalah tumpuan 'rest', tumpuan 'guide' dan tumpuan 'guide' dengan baut U. Hasil analisa menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada jalur kepala sumur adalah aman.

Kata Kunci: kepala sumur, tegangan pipa, tumpuan

### ABSTRACT

This paper describes the result of piping stress analysis for wellhead piping. The purpose of this piping stress analysis is to anticipate any overstress on the preliminary piping is a part of the flowline system and study the requirements of expansion loop on the piping.

Pipe model starts at the wellhead as a fixed point and ends on the first guide at the corridor. Distance from wellhead to corridor is taken 100 m. Support type applied along corridor are rest support, guide support and guide support with U-bolt. Result of analysis indicate that stress that happened at wellhead is safe.

Keyword: Wellhead, pipe stress, support.

## 1. PENDAHULUAN

Di dunia perminyakan umumnya dikenal tiga macam jenis sumur: Pertama, sumur eksplorasi (sering disebut juga *wildcat*) yaitu sumur yang dibor untuk menentukan apakah terdapat minyak atau gas di suatu tempat yang sama sekali baru. Jika sumur eksplorasi menemukan minyak atau gas, maka beberapa sumur konfirmasi (*confirmation well*) akan dibor di beberapa tempat yang berbedadi sekitarnya untuk memastikan kandungan hidrokarbonnya cukup untuk dikembangkan. Ini jenis sumur yang kedua. Ketiga, sumur pengembangan (*development well*) adalah sumur yang dibor di suatu lapangan minyak yang telah eksis dengan tujuan untuk mengambil hidrokarbon semaksimal mungkin dari lapangan tersebut. Pada suatu jaringan pemipaan minyak mentah (*crude oil*)

dari sumur (*well*) yang dialirkan menuju AWT (*Automatic Well Test*), terdapat beberapa daerah kritis yang perlu dianalisa secara mendalam. Salah satunya adalah jalur pemipaan dari kepala sumur (*wellhead*) menuju koridor. Pada jalur ini, kepala sumur kita asumsikan sebagai tumpuan tetap (*fix support*) sedangkan pada jalur pipa yang menuju koridor kita asumsikan sebagai tumpuan pengarah (*guide support*). Jarak antara tumpuan ditentukan berdasarkan tabel dari literatur [3] halaman 47, yaitu untuk pipa pelayanan cair dengan ukuran pipa nominal 3" adalah berjarak 12 ft sedangkan 4" adalah berjarak 14 ft. Adapun jarak dari kepala sumur menuju ke koridor adalah sejauh 100 meter. Karena akumulasi penjaralan panas dandesaikan tekanan, jalur dari kepala sumur menuju koridor perlu di analisa.



Gambar 1. Kepala Sumur

## 2. DASAR TEORI

Analisa tegangan pipa pada kepala sumur (*wellhead*), dilakukan pada dua daerah / kawasan jalur sistem pemipaan yang berbeda yaitu kawasan A dan kawasan B. Analisa dilakukan pada jalur sistem pemipaan yang dianggap kritis. Apabila dari analisa yang dilakukan didapatkan hasil yang sesuai dengan yang disyaratkan, maka jalur sistem pemipaan tersebut dapat diterima untuk kondisi operasi *'plant'*.

Kondisi operasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Untuk kawasan A :
  - Tekanan desain = 655 psig
  - Suhu desain = 300° F
  - Kode desain = ASME B31.3
  - Dia. Pipa = 3"
  - Material = API 5L B
- Untuk kawasan B :
  - Tekanan desain = 655 psig
  - Suhu desain = 300° F
  - Kode desain = ASME B31.3
  - Dia. Pipa = 4"
  - Material = API 5L B

Kondisi desain yang disyaratkan terhadap tegangan pipa pada kepala sumur ini meliputi :

- Berat desain (*W*), yang merupakan jumlah berat diri sendiri dari pipa ditambah dengan berat fluida yang ada didalam pipa.- Tekanan

(*P*), merupakan beban yang disebabkan oleh tekanan dalam pipa. Suhu (*T*), ialah beda maksimum antara suhu ambien dengan suhu desain yang digunakan pada perhitungan muai panas pipa.

Untuk kasus - kasus pembebanan pada analisa ini, hanya menganalisa kasus pembebanan dasar (*basic load case*.) Analisa kasus pembebanan dasar terdiri dari :

- Kasus beban operasi (*OPE*), adalah beban yang terjadi pada pipa selama operasi panas, yang meliputi beban berat dan tekanan serta beban panas. Kasus beban operasi digunakan untuk mendapatkan pemuaian panas pada pemeriksaan kelayakan dan pembebanan pada peralatan (*equipment*).

$$(OPE) = W + P + T \dots \dots \dots [1]$$

Stress (tegangan) yang terjadi (*actual*) pada beban *sustain* (tekanan, berat dan beban mekanik *sustain* yang lain) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\left( \frac{PD_o}{4t_n} \right) + \left( \frac{0.75 iMa}{Z} \right) \leq 1.0 S_h$$

(USCS unit) ... [2]

$$\left( \frac{PD_o}{4t_n} \right) + 1000 \left( \frac{0.75 iMa}{Z} \right) \leq 1.0 S_h$$

(SI unit) ..... [2]

- Kasus beban *sustain* (*SUS*), beban dimana disebabkan oleh berat pipa dan tekanan, digunakan untuk memenuhi persyaratan tegangan.
- (*SUS*) = *W* + *P* ..... [1]

Stress actual yang diakibatkan oleh adanya kombinasi tekanan, berat, beban *sustain* yang lain, dan beban occasional termasuk gempa dapat dilukiskan sebagaimana persamaan di bawah ini.

$$\left(\frac{PD_o}{4t_n}\right) + \left(\frac{0.75iMa}{Z}\right) + \left(\frac{0.75iM_b}{Z}\right) \leq KS_h$$

(USCS unit)...[2]

$$\left(\frac{PD_o}{4t_n}\right) + 1000\left(\frac{0.75iMa}{Z}\right) + 1000\left(\frac{0.75iM_b}{Z}\right) \leq KS_h$$

(SI unit) ..... [2]

- Kasus beban ekspansi (EXP), menampilkan selisih jarak antara kasus operasi dan kasus sustain. Kasus beban ekspansi digunakan untuk memenuhi persyaratan tegangan ekspansi.

$$(EXP) = DS1 - DS2 \dots\dots\dots[1]$$

Stress actual yang diakibatkan oleh adanya *thermal expansion* (penjalaran termal) atau kombinasi displacement pada equipment nozzle dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$S_e = \left(\frac{iM_o}{Z}\right) \leq S_a + f(S_h - S_l)$$

(USCS unit) .....[2]

$$S_e = 1000\left(\frac{iM_o}{Z}\right) \leq S_a + f(S_h - S_l)$$

(SI unit) ..... [2]

Untuk meyakinkan bahwa actual stress yang terjadi adalah acceptable, maka diperlukan conservative values of stress check sebagai katalisator. Katalisator ini merupakan tegangan akibat gabungan beban sustain dan beban ekspansi termal,  $S_{is}+S_e$ , yang lukiskan dalam persamaan di bawah ini :

$$S_{is} + S_e = \left(\frac{PD_o}{4t_n}\right) + \left(\frac{0.75iMa}{Z}\right) + \left(\frac{iM_c}{Z}\right) \leq (S_h + S_a)$$

(USCS unit) ...[2]

$$S_{is} + S_e = \left(\frac{PD_o}{4t_n}\right) + 1000\left(\frac{0.75iMa}{Z}\right) + 1000\left(\frac{iM_c}{Z}\right) \leq (S_h + S_a)$$

(SI unit) ... [2]

Dimana :

i = Faktor intensifikasi tegangan

Z = Section modulus pipa, in<sup>3</sup>.

Z =  $r_m^2 t_n \pi$  (mm<sup>3</sup>)

r<sub>m</sub> = Jari-jari rata-rata, in (mm)

D<sub>o</sub> = Diameter luar, in (mm)

t<sub>n</sub> = Tebal dinding nominal, in (mm)

P = Tekanan internal rancang, psi (kPa)

M<sub>a</sub> = Resultan beban momen akibat beban sustain, in-lbs (N.m)

M<sub>b</sub> = Jumlah beban momen akibat beban occasional, termasuk beban gempa, *trusts from relief/safety valve loads*, in-lbs (N.m)

M<sub>c</sub> = Range dari jumlah momen akibat *Thermal expansion/contraksion*, in-lbs (N.m)

K = 1.15 untuk beban *occasional* yang bekerja kurang dari 10% periode operasi

K = 1.20 untuk beban *occasional* yang bekerja kurang dari 1% periode operasi.

S<sub>is</sub> = Tegangan longitudinal akibat beban *sustain*, psi (kPa)

S<sub>e</sub> = Teg. ekspansi termal akibat ekspansi termal dan pergerakan *anchor*, psi (kPa)

S<sub>is</sub>+S<sub>e</sub> = Teg. Longitudinal akibat beban *sustain* dan tegangan ekspansi termal, psi (kPa)

S<sub>a</sub> = *Allowable stress range* untuk

expansion stress, psi (kPa)

$$S_a = f(1.25 S_c + 0.25 S_h)$$

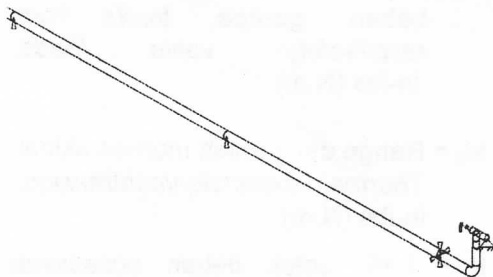
$S_c$  = Basic material allowable stress pada temperatur minimum, psi (kPa)

$S_h$  = Basic material allowable stress pada temperatur maksimum, psi (kPa)

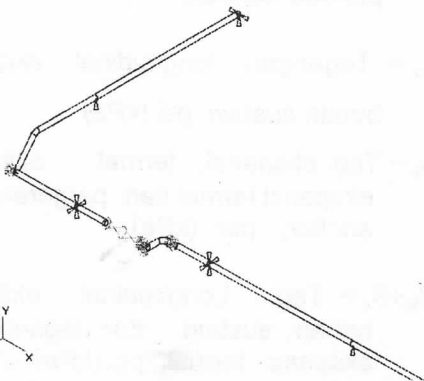
f = Faktor pengurangan stress

### 3. PEMODELAN

Analisa dan pemodelan adalah dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak CAESAR II ver. 4.40. Dibuat dua macam analisa pemodelan yaitu analisa pemodelan kawasan A (untuk pipa dengan ukuran diameter 3") dan kawasan B untuk pipa dengan ukuran diameter 4".



Gambar 2. Model Kepala Sumur



Gambar 3. Model Koridor

Pemodelan analisa tegangan pipa mempunyai jalur yang di mulai dari kepala sumur menuju koridor. Dari koridor ini jalur pipa akan menuju keAWT (*Automatic Well Test*). Masing-masing pemodelan ukuran pipa terdiri atas model pipa kawasan A dan kawasan B. Dari hasil analisa, dievaluasi tegangan maksimum dan jarak pergeseran yang diizinkan (*safe*).

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

- Tegangan Maksimum.

Berikut ditampilkan tabel hasil analisa tegangan maksimum yang terjadi pada nodal-nodal.

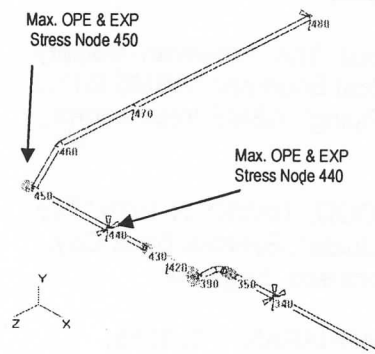
Tabel 1. Nodal Tegangan Maksimum

No.	Case	Node	Max Code Stress	Allowable Code Stress	%
Kawasan A (Design Code ASME B31.3)					
1.	OPE (W + P1 + T1)	450	22206.8	N/A	-
2.	SUS (W + P1)	440	6903.5	20000.0	34.52
3.	EXP (L3 = L1 - L2)	450	19984.1	46630.2	42.86
Kawasan B (Design Code ASME B31.3)					
1.	OPE (W + P1 + T1)	450	28664.4	N/A	-
2.	SUS (W + P1)	440	6380.2	20000.0	31.90
3.	EXP (L3 = L1 - L2)	450	26015.0	46146.2	56.38

Dari tabel 1. diatas, untuk kawasan A dapat dilihat untuk kasus OPE tegangan maksimum yang terjadi adalah 22206,8 pada nodal 450.

Untuk kasus SUS tegangan yang terjadi adalah 6903,5 atau baru mencapai 34,52% dari tegangan yang diizinkan, yang terletak pada nodal 440, sehingga masih aman.

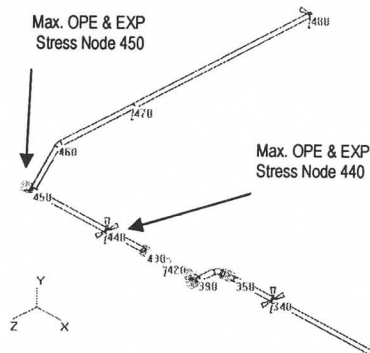
Untuk kasus EXP tegangan yang terjadi adalah 6903,5 atau baru mencapai 34,52% dari tegangan yang diizinkan, yang terletak pada nodal 440, sehingga masih aman



Gambar 4. Lokasi Tegangan Maks. Kawasan A.

Demikian juga untuk kawasan B dapat dilihat untuk kasus OPE tegangan maksimum yang terjadi adalah 28664,4 pada nodal 450. Untuk kasus SUS tegangan yang terjadi adalah 6380,2 atau baru mencapai 31,90% dari tegangan yang diizinkan, yang terletak pada nodal 440, sehingga masih aman.

Untuk kasus EXP tegangan yang terjadi adalah 26015,0 atau baru mencapai 56,38% dari tegangan yang diizinkan, yang terletak pada nodal 450, sehingga masih aman.

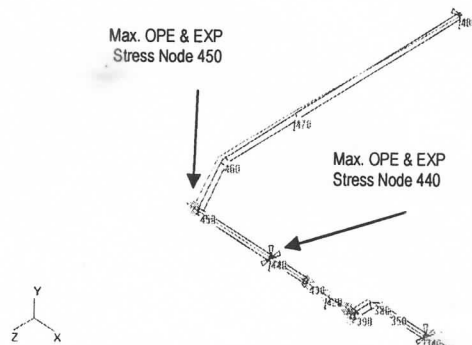


Gambar 5. Lokasi Tegangan Maks. Kawasan B.

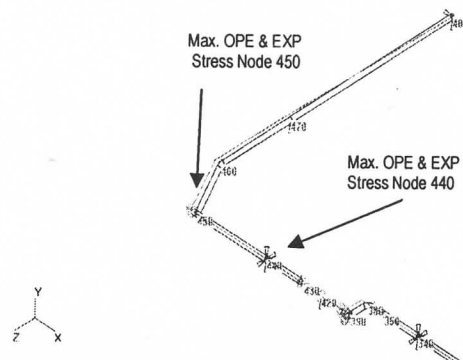
Tabel 2. Nodal Pergeseran Maksimum

No.	Case	Node	Direction	Displacement (in)
<b>Kawasan A (Design Code ASME B31.3)</b>				
1.	OPE (W + P1 + T1)	452	X	-5.897
2.	SUS (W + P1)	452	Y	-0.171
3.	EXP (L3 = L1 - L2)	452	X	-5.897
<b>Kawasan B (Design Code ASME B31.3)</b>				
1.	OPE (W + P1 + T1)	452	X	-5.897
2.	SUS (W + P1)	452	Y	-0.096
3.	EXP (L3 = L1 - L2)	452	X	-5.897

Dari tabel 2. diatas dapat dilihat bahwa pergeseran (*displacement*) maksimum pada kawasan A terjadi pada kasus OPE dan kasus EXP pada nodal 452 sebesar -5,897 in. Demikian juga untuk kawasan B pergeseran maksimum terjadi pada kasus dan nodal yang sama.



Gambar 6. Lokasi Pergeseran Maks. Kawasan A.



Gambar 7. Lokasi Pergeseran Maks. Kawasan B.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil pemodelan dan analisa diatas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Tegangan maksimum yang terjadi pada sistem pemipaan kawasan A dan B masih dibawah batas kondisi desain yang diizinkan.
- Pergeseran maksimum baik untuk kawasan A maupun kawasan B untuk kasus OPE, SUS dan EXP terjadi pada nodal 452.

## REFERENCES

1. Anonymous. The American Society of echanical Engineer. "ASME B13.3. process Piping". ASME International. 2002.
2. SHERWOOD, DAVID R.1976."The Piping Guide". Syentek Book Coy, San Fransisco. Engineer.
3. SAM KANNAPAN. P E.1985. "Introduction to PIPE STRESS ANALYSIS", J ohn Wiley & Sons, New York.