

## ANALISIS TEGANGAN PIPA GAS

Kadarusman  
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

*Analisis pada pipa gas yang dilaksanakan bertujuan untuk menghitung tegangan (stress) yang terjadi pada pipa, menentukan jenis support dan thermal displacement yang terjadi pada pipa gas dari metering station E 622,439.009 N 9,344,225.55 yang mana adalah pipa sambungan dari laut yang tersambung kemetering sistem menuju ke Boiler. Metode yang digunakan adalah dengan metode analisis dengan menggunakan software Caesar II, yang mana software Caesar II ini telah mengadopsi variabel-variabel yang dibutuhkan untuk perhitungan analisis apabila dibandingkan dengan cara manual ketelitiannya lebih tinggi. Hasil yang diharapkan adalah kondisi pipa aman dari kondisi tegangan (stress), aman terhadap gaya dan moment yang terjadi serta thermal displacement.*

### 1. PENDAHULUAN

PLN bekerja sama dengan kontraktor dalam negeri dan perusahaan luar negeri membangun suatu pembangkit tenaga listrik (Power Plant) di daerah Cilegon Bojonegoro dengan kapasitas 740 MW yang diberi nama Cilegon Combined Cycle Power Plant, Associated 150KV Transmission Line & Substation. Pelaksana dari project ini adalah PT. Mitsubishi Heavy Industrial Ltd, PT. Cnooc Power plant, PT. Trubajurong Engineering serta owner PT. PLN. Bahan bakar yang digunakan untuk pembangkit adalah gas yang dialirkan dengan pipa ke Boiler agar sistem perpipaan aman dalam beroperasi dan tidak membahayakan jiwa manusia maka diperlukan analisis yang sesuai dengan standard code yang berlaku sebagai persyaratan disain dimana pipa yang dialiri oleh gas pada temperatur dan tekanan tertentu perlu dianalisis tegangan yang terjadi agar tidak melebihi dari yang diizinkan begitu juga dengan gaya moment harus aman mengacu pada ASME B.31.1. Pekerjaan piping adalah seluruh pipa yang berhubungan dengan plant serta pipa yang menghubungkan gas dari metering station ke TPI Boiler. Dalam

analisa ini saya membatasi analisis khusus pipa gas utama yang menyuplai gas ke Boiler. Analisis dilakukan dengan menggunakan software Caesar II dengan analisis fleksibilitas statik. Hasil yang diharapkan adalah tegangan yang terjadi dibawah tegangan yang diizinkan begitu juga analisis gaya dan moment dibawah nilai maximum yang diizinkan.

### 2. DASAR TEORI

Analisis tegangan pipa adalah perlakuan yang harus dilakukan untuk menentukan suatu sistem pipa pada plant dapat diterima atau tidak, dalam suatu analisis, apabila terdapat kurang dapat diterima maka dibuat suatu rekomendasi pemakaian penyangga dan penempatan maupun jenis penyangganya agar sistem pemipaan dapat beroperasi secara optimum. Dalam kenyataan tegangan pipa dapat terjadi karena adanya pembebanan baik secara statik, dinamis maupun kombinasi keduanya hal ini akan dianalisis menggunakan perangkat lunak program Caesar. Beban statik adalah beban yang diberikan konstan sepanjang perubahan waktu dan ruang atau diakibatkan oleh adanya faktor internal, misal faktor suhu, faktor

tekanan, faktor berat material, faktor pergeseran peralatan. Beban dinamik suatu beban yang dipengaruhi adanya perubahan ruang/tempat dan waktu

dalam hal ini tidak terjadi terus menerus melainkan pada waktu sesaat seperti pengaruh gempa, angin dll. Sebelum dilakukan analisis sistem pemipaan perlu dibuat model atau simulasi terlebih dahulu, yang meliputi dimensi, berat, orientasi, kondisi operasi, desain angin gempa dll. Apabila pada sistem pemipaan yang sudah dirancang dilakukan analisis ditemukan hasil yang tidak memenuhi standar/persyaratan maka harus dilakukan routing/mengarahkan jalur pipa. Persyaratan yang harus dipenuhi adalah beban nozzle peralatan harus lebih kecil dari beban maksimum yang telah ditentukan peralatan data vendor dan code standar.

### 2.1 Data masukan dan analisis

Batasan perpipaan yang akan dianalisis fleksibilitas static adalah system perpipaan gas yang menjuplai untuk pembangkit Boiler dengan metode analisis software Caesar II yang mana perlu dipersiapkan diantaranya.

-Menyiapkan data spesifikasi (material schedule, diameter, jenis fluida, corrosi, berat flange).

-Menyiapkan software Caesar II untuk memulai kalkulasi.

-Menyiapkan ASME/ANSI B31.1 Power Piping dimana power Piping adalah suatu code sering digunakan untuk power plant.

### 2.2 Beban berat (Sustain)

Stress yang terjadi pada beban sustain (tekanan, berat mekanik ) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut: (Ref. 1)

$$(PDo/4tn) + (1000(0.75i)M_A/Z) \leq 1.0 \text{ SH} \\ (\text{SI unit}) \dots \dots \dots (1)$$

### 2.3 Beban Occasional

Stress yang terjadi diakibatkan oleh adanya pengaruh gempa, angin dan water hammer dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{(Ref.1)} \\ (PDo/4tn) + (1000(0.75i)M_A/Z) \\ + (1000(0.75i)M_B/Z) \leq 1.33 \text{ SH}$$

$$(\text{SI unit}) \dots \dots \dots (2)$$

### 2.4 Beban Thermal (expansion)

Beban thermal adalah beban akibat adanya temperatur operasi system pipa yang dikombinasi dengan displacement equipment yang terjadi yang dapat dilukiskan sebagai berikut:

$$\text{(Ref.1)} \\ SE = 1000iMc/Z < S_A + f(\text{Sh} - \text{SL}) \\ (\text{SI unit}) \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

P = Tekanan disain internal, psi (kg/cm<sup>2</sup>)

Do = diameter luar pipa, in (mm)

tn = Tebal dinding pipa nominal, in

M<sub>A</sub> = Resultan beban momen yang terjadi akibat berat dan sustain yang -lb (kg-cm)

M<sub>B</sub> = Resultan beban momen yang terjadi akibat beban occasional

M<sub>B</sub> = Resultan beban momen yang terjadi akibat beban occasional in-lb(kg-cm)

Mc = Resultan beban momen yang terjadi akibat thermal, in-lb (kg-cm)

Z = Section modulus pipa, in<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

Sh = Allowable stress bahan pada temperature maksimum, psi(kg/cm<sup>2</sup>)

S<sub>A</sub> = Allowable stress untuk thermal expansion, psi (kg/cm<sup>2</sup>)

f = factor pengurangan stress

SL = Stress sustain yang terhitung, psi (kg/cm<sup>2</sup>)

Kondisi desian

-Thermal+Pressure + Weight (OPE)

- Pressure + Weight (SUS)

Kondisi Operating

- Thermal+Pressure+Weight (OPE)
- Pressure + Weight (SUS)
- Thermal (EXP)

1 mm pada node 60,70, 80, 90 support yang digunakan type sleeper dengan guide kearah -Z sedangkan point 90, 95 guide kearah X.

Perhitungan teggangan

Thermal stress range adalah mempertimbangkan beberapa thermal stresses atas kondisi maximum design dan kondisi minimum. Perhitungan dan analisa meliputi (Result) :

1. Input
2. Stress (SUS + EXP)
3. Restrai Summary (OPE +SUS)
4. Displacement (SUS+OPE+EXP)
5. Report

Pemodelan dilakukan dengan sofaware Caesar II versi 4.2

Pemodelan pipeline ini dengan asumsi desain tidak banyak pemakaian material dan bahan pipa, maka disain tidak dilakukan penambahan expansi loop dan special tumpuan, akan dihitung dengan kondisi pipa lurus dengan panjang 211 m dilakukan dengan mengambil jarak tiap tumpuan 6000 mm untuk pipa lurus dengan jenis tumpuan U-bolt sedangkan pada belokan/elbow dengan jarak 1000 mm dengan jenis support sleeper dan guide

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kondisi desain sesuai dengan scope of work conceptually drawing No. 1216-00-54VBC-001-00, No. 1216-00-C-61VBG-002 dan No.1216-00-C-61UBV-003-00.

Data input.

- Diameter pipe = 14",
- Tebal = 19.05 mm,
- Corrosi = 1.6 mm
- Tekanan = 70 kg/sq.cm,
- Density fluid = 0.804 kg/m<sup>3</sup>
- Flange rating class = 300 lb,
- wind drag coef = 0.7

Dilakukan pemodelan dan analisa dengan beberapa perubahan lokasi support dan guide pada jalur pipa agar didapat kondisi aman atau tegangan yang terjadi lebih rendah dari tegangan yang diizinkan.

Tegangan yang diizinkan untuk bahan carbon steel code B.31.1

B.31.1 (1998) Sc = 1054 kg/sq.cm.  
Sh1 = 1054 kg/sq.cm

Tabel 1. Kondisi pipa yang di analisis

NO	Description line	Ambient	Operating		Fluid density (Kg/m <sup>3</sup> )	Design		Pipe Material
		Temp (°C)	Temp (°C)	Press (Kg/Cm <sup>2</sup> )		Temp (°C)	Press. (Kg/Cm <sup>2</sup> )	
1.	14"-PL-101-D2 (D-T3102-55-L1-003)	21	30	50	0.804	50	70	A-106Gr.B
2	Hydro-tes	21	30	50	1000 (water)	50	84	A-106Gr.B

Tabel 2. Batasan tegangan izin bahan (kg/cm<sup>2</sup>)

Allowable Stress (kg/cm <sup>2</sup> )		Young Modulus (Kg/cm <sup>2</sup> )
Sc = 1054.5	Sh = 1054.5	

Keluaran hasil yang terjadi setelah dianalisa dapat dilihat tabel berikut :

Tabel 3. Beban actual dan Moment yang terjadi di fix

Point .Name Type ANC	Loads	Forces (kg)			Moment (kg.m)		
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Node 15	OPE	-602	-366	-6	-534	-548	-216
	SUS	0	-362	0	-534	-1	-213

Tabel 4. Beban actual dan Moment yang terjadi posisi di fix

Point .Name Type ANC	Loads	Forces (kg)			Moment (kg.m)		
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Node 340	OPE	0	-207	694	310	-4	-47
	SUS	0	-207	0	310	0	-47

Analisa Stress maximum untuk Sustain dan Expansion

```

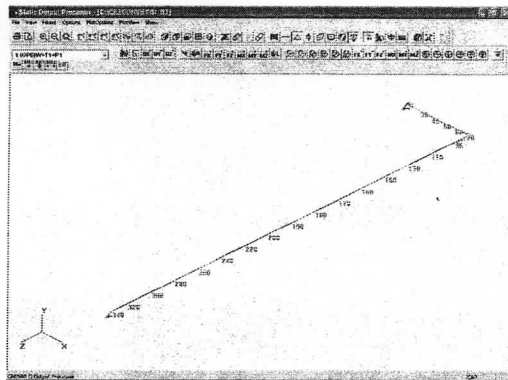
Static Output Processing
-----
CAESAR II STRESS REPORT      FILE:REVISI B2
CASE 2 (SUS) W+P1           DATE:NOV 22,2006
--Stress(Kg./sq.cm.)---
ELEMENT  BENDING  TORSION  SIF'S  CODE  ALLOWABLE
NODES    STRESS    STRESS  IN/OUT PLANE  STRESS  STRESS  %
-----
****      CODE STRESS CHECK PASSED
PIPING CODE: B31.1 -1998, November 30, 1999 Addendum

HIGHEST STRESSES: (Kg./sq.cm.)
CODE STRESS %:      60.99 @NODE 40
STRESS:            643.1 ALLOWABLE: 1054.5
BENDING STRESS:    367.4 @NODE 40
TORSIONAL STRESS:  17.3 @NODE 19
AXIAL STRESS:      275.2 @NODE 40
3D MAX INTENSITY:  753.3 @NODE 40
    
```

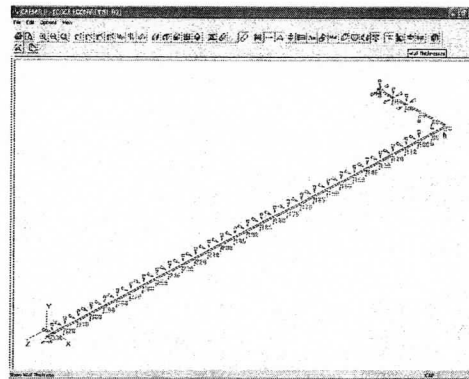
```

Static Output Processing
-----
CAESAR II STRESS REPORT      FILE:REVISI B2
CASE 3 (EXP) DS3-DS1-DS2    DATE:NOV 22,2006
--Stress(Kg./sq.cm.)---
ELEMENT  BENDING  TORSION  SIF'S  CODE  ALLOWABLE
NODES    STRESS    STRESS  IN/OUT PLANE  STRESS  STRESS  %
-----
****      CODE STRESS CHECK PASSED
PIPING CODE: B31.1 -1998, November 30, 1999 Addendum

HIGHEST STRESSES: (Kg./sq.cm.)
CODE STRESS %:      28.97 @NODE 79
STRESS:            458.2 ALLOWABLE: 1581.8
BENDING STRESS:    458.2 @NODE 79
TORSIONAL STRESS:  0.2 @NODE 21
AXIAL STRESS:      3.8 @NODE 79
3D MAX INTENSITY:  497.5 @NODE 79
    
```



Gambar.1.Pemodelan tanpa support



Gambar.2.Pemodelan dengan support – anchor

2. Hydrotest

Tabel 5. Beban actual dan Moment Hydrotest

Point .Name Type ANC	Loads	Forces (kg)			Moment (kg.m)		
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Node 15	OPE	-602	-436	-6	-588	-548	-202
	SUS	0	-432	0	-522	-1	-29

Tabel 6. Beban actual dan Moment Hydrotest

Point .Name Type ANC	Loads	Forces (kg)			Moment (kg.m)		
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Node 340	OPE	0	-432	0	592	-1	-199
	SUS	0	-246	0	400	5	-29

Perhitungan 1.

- a. Defleksi maximum vertikal adalah - 1.537 mm pada point 399 kondisi beban operi (OPE)
- b. Maximum tegangan pada line pipa perhitungan 1

Tabel 7 Maximum stress yang terjadi

Line No.	SUS (kg/Cm <sup>2</sup> )	Point	Exp (kg/Cm <sup>2</sup> )	Point
D-T3102-55-I1-003	645.1	40	450.2	79

Perhitungan 2

- a. Defleksi maximum vertikal adalah - 1.988 mm pada point 399 karena kondisi Hydro-tes (ope)
- b. Maximum tegangan pada pipa perhitungan 2

Tabel 8 Tegangan maximum kondisi Hydro-tes

Line No.	SUS (kg/Cm <sup>2</sup> )	Point	Exp (kg/Cm <sup>2</sup> )	Point
D-T3102-55- I1-003	475.6	660	626.1	79

Analisis kondisi aman sesuai dengan code B. 31.1

Dari perhitungan diatas dapat dipakai jenis support U-Bolt dan jenis support sleeper dengan guide pada bagian dekat elbow pemilihan ini disebabkan terjadinya displacement yang cukup besar kearah -Z dan begitu juga terhadap kearah X terjadi displacement untuk mengatasinya di buat guide yang sesuai dengan displacement yang terjadi. Perhitungan menggunakan tambahan 3 buah expansi loops hasilnya lebih baik dari pada tanpa menggunakan expansi loops tetapi untuk efesiensi material dan kemudahan pekerjaan maka perhitungan tanpa menggunakan loop dapat dipakai dan hasil ini telah disetujui oleh PT PLN sebagai owner dan PT Mitshubishi LTD review engineering.

#### 4. KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Setelah dilakukan perubahan jenis support pada daerah belokan dan penambahan guide hasil yang didapat dapat memenuhi persyaratan disain menurut ASME B.31.1 dan beban dan moment

yang terjadi dapat diterima dibawah tegangan izin.

2. Anchor Bolt dipasang pada node 15 dan node 340 dengan asumsi pipa fix tidak terjadi pergeseran/pergerakan pada titik tersebut, sedangkan support U-Bolt diberi guide 1mm dan displacement pada elbow diberi guide maximum 95 mm kearah -Z dan 32 mm kearah X sesuai dengan hasil analisis dengan program Caesar II analisis dapat diterima sesuai Referensi 1.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

1. PAUL, SMITH, THOMAS J.VANCAAN, "Piping And Pipe Support Systems", MCGraw-Hill Book Company New York,
2. Caesar II Applications Guide Version 4.2, Coade Engineering Software April 1999.
3. Piping Part Dimension & Weight, JGC ORPORATION, Edition II, 1998
4. Pipe Support, Binder Eng PTJ LTD 6, Duffy Street, assendean WA 6054, Australia, Dec 1995.
5. ACHMAD CHAMSUDI, Diklat Analisis Tegangan Pipa , Agustus 2005, Pusdiklat BATAN.