

Analisis Desain *Line Break Control Valve* dengan Variasi Sudut *Bending* pada KP 79,011 Project Gresem

Novita Akhiri Wijayanti ^{1*}, Heroe Poernomo ², Subagio So' im ³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: akhirinovita@gmail.com^{1*}; heroep@poltera.ac.id^{2*}; bagiosoin@gmail.com^{3*};

Abstract – Gas transmission pipeline project as far as 267 km will distribute gas from Gresik to Semarang. There is a pipeline with some supporting components. One of them is Line Break Control Valve (LBCV) as an automatic control to detect leakage along the pipe. Based on the condition, bending pipe would be designed to link under and above ground pipe. It was designed with some variation i.e. 30 °, 45 °, 60 °, 90 ° to know the magnitude of stress due to hydrostatic, operating, sustain, occasional and expansion load using CAESAR II software. Pipeline must meet minimum pipeline thickness criteria based on ASME B31.8 with a value of 0.469 inch. The design of LBCV bending area model uses 34 load case with high value of load i.e. 26994,1 psi due to hydrostatic load, 23526 psi due to operating load, 21568 psi due to sustained load, 22461 psi due to occasional load, and 17353 psi due to expansion load. The analysis of CAESAR II software shows that the stress value smaller than allowable stress. Its result also shows that recommended are all variation with small angle IDR 91,728,000 and big angle IDR 189,408,000, in cost and stress under the allowable stress.

Keyword: bending, CAESAR II, LBCV, pipeline, angle

Nomenclature

σ_h	Tegangan hoop (psi)
σ_L	Tegangan longitudinal (psi)
σ_E	Tegangan von mises (psi)
F_1	Design factor hoop stress
F_3	Design factor von mises
S_y	Specified minimum yield strength (psi)
T	Temperatur (°F)

1. PENDAHULUAN

Project pipeline gas transmisi Gresik – Semarang sejauh 267 km yang nantinya akan menyalurkan secara dua tahap yang pertama yaitu menyalurkan gas dari Gresik menuju Tambak Lorok, Semarang sebesar 30 MMSCFD, kemudian untuk gas dari Lapangan Jambaran Tiung Biru (JTB) Cepu akan disalurkan berbeda yaitu dari Gresik 66 MMSCFD dan menuju Tambak Lorok Semarang sebesar 155 MMSCFD. Pada pipeline, terdapat komponen Line Break Control Valve (LBCV) sebagai fungsi kontrol otomatis apabila terjadi kebocoran pipa. Dari 17 LBCV sepanjang jalur pipeline terdapat satu yang perlu dilakukan re-desain karena keterbatasan lahan sebagai sarana penunjang seperti selter dan LBCV itu sendiri.

Bertempat di KP 79,011 yang tepat berada di Bojonegoro dimana lahan tempat untuk LBCV

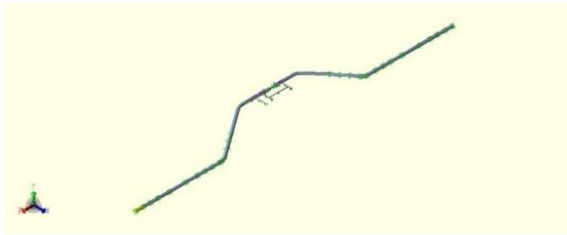
terbatas karena berada diantara jalur kereta api dan jalan raya. Oleh sebab itu re-desain dilakukan dengan memvariasi sudut menggunakan metode *induction hot bending* yang dipesan ke vendor dengan ukuran panjang yang menyesuaikan radius 5D pipa. Selain hasil studi teknis, penelitian ini juga ditujukan untuk perhitungan ekonomis dari penggunaan pipa dan bending pipa masing – masing variasi sudut *above* dan *underground* yaitu 30°, 45°, 60°, 90° yang berjumlah 16 variasi . Pada analisa pipa penyalur tipe API 5L X52 diameter 28 inch dengan produk yang berupa gas menggunakan software CAESAR II. Permodelan dilakukan untuk memperoleh besar nilai tegangan akibat beban *hydrostatic*, *operating*, *sustain*, *occasional*, dan *expansion load*.

2. METODOLOGI

2.1 Studi Literatur

LBCV divariasi menggunakan 2 dan 4 long radius elbow 5D. Pada penelitian tersebut bending pipa menggunakan metode *hot bending* mempunyai biaya yang sangat besar, oleh sebab itu maka terdapat peluang untuk melakukan optimasi desain bending area LBCV 4 elbows 45° radius 5D menjadi 2 elbow 45° radius 5D. Pada pipeline ini material yang digunakan tipe API 5L X52 dengan produk berupa gas yang

dimodelkan menggunakan software CAESAR II. [2]



Gambar 1 Line Break Control Valve

2.2 Analisa Ketebalan Pipeline

Pipeline harus ditentukan ketebalan minimum yang dibutuhkan agar mampu bekerja sesuai kondisi operasi. Selain itu, ketebalan pipeline dimaksudkan untuk meningkatkan faktor keamanan terhadap internal load. [1]

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S_y \cdot F \cdot E \cdot T} \quad (1)$$

2.3 Analisa Tegangan Pipeline

Selama pipeline beroperasi, pipeline akan menerima tegangan-tegangan yang bermacam-macam. Tegangan yang bekerja pada pipeline menghasilkan beban yang harus ditanggung oleh pipeline tersebut. Oleh karena itu, tegangan-tegangan tersebut harus dianalisa untuk memastikan agar pipeline masih bekerja pada tegangan yang diijinkan. Sehingga, pipeline tersebut tidak mengalami kegagalan berupa deformasi plastis.

2.3.1 Tegangan Hoop

Tegangan Hoop adalah tegangan yang dihasilkan dari tekanan fluida dalam pipa dan bekerja ke arah circumferential. Nilai tegangan hoop menyesuaikan nilai ketebalan dinding suatu pipeline yang mempengaruhi tekanan internal. [3]

$$\sigma_H = P_i \cdot \frac{D_o}{2t} \quad (2)$$

$$\sigma_H \leq F_1 S_y T \quad (3)$$

2.3.2 Tegangan Longitudinal

Pipeline yang ditanam di dalam tanah dikatakan dalam kondisi restrained. Hal ini berarti pipeline tidak mengalami elongation atau ekspansi termal ke arah longitudinal. [2]

$$\sigma_T = -E\alpha(T_2 - T_1) \quad (4)$$

$$\sigma_{Lnet} \leq 0,9 S_y T \quad (5)$$

2.3.3 Tegangan Von Mises

Tegangan-tegangan yang bekerja pada arah yang berbeda-beda pada pipeline dapat dihubungkan dengan persamaan ekuivalen Von Mises. [1]

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_H^2 + \sigma_L^2 - (\sigma_H \times \sigma_L)} \quad (6)$$

$$\sigma_E \leq F_3 S_y \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Data Pipeline

Berikut ini adalah data material Line Break Control Valve jalur pipeline Gresik – Semarang.

Tabel 1 Analisa Data Pipeline

Line Pipe Grade	API 5L X52 PSL 2
Outside Diameter (Inch/mm)	28/711.2
Inside Diameter (Inch/mm)	26.6/676.2
Wall thickness (Inch/mm)	0.469/11.9
Ext Coating Type	3LPE
Ext Coating Thickness (mm)	2
SMYS (psi)	52000-76900 (min-max)
SMTS (psi)	66700-110200 (min-max)
Design Factor	ASME B31.8
Location Class	3
Corrosion Allowance (mm)	3
Mill Tolerance	12.5
Design Life (years)	20
Density Pipe (kg/m ³)	7833.44
Density Fluid (kg/m ³)	33.59070

3.2 Analisa Data Tanah

Pipeline Project Gresem melewati jalan raya, tanah warga dan perkebunan dan pertanian. Jenis tanah yang dominan yaitu tanah liat (clay) dengan berat jenis yang bervariasi. Pipeline khususnya area Line Break Control Valve pada KP 79.011 pada kedalaman 3 meter jenis tanahnya yaitu tanah liat.

3.3 Analisa Perhitungan Properti Pipeline

Hasil perhitungan ketebalan minimum pipeline pada hitungan berikut adalah 0,3554 inch. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai ketebalan aktual pipeline yaitu 0,469 inch. Sehingga, ketebalan pipeline memenuhi kriteria ASME B31.8

Tabel 2 Analisa Data Pipeline

Parameter	Properti Pipeline	Nilai	Satuan
Luas Penampang Dalam Pipa (Ai)	$A_i = \frac{1}{4} \pi ID^2$	555.716	in ²
Luas Penampang Pipa (A)	$A = \frac{1}{4} \pi OD^2 - ID^2$	15.009	in ²
Luas Penampang Luar Pipa (Ao)	$A_o = \frac{1}{4} \pi OD^2$	615.752	in ²

Tabel 2 Analisa Data Pipeline (Lanjutan)

Parameter	Properti Pipeline	Nilai	Satuan
Luas Penampang Per Segmen Pipa (Ac)	$Ac = \pi OD$	87.9646	in ²
Momen Inersia Pipa (I)	$I = \frac{\pi}{64} OD^4$	5596.691	in ²
Massa Pipa	$Mp = A \cdot \rho_{steel}$	158.2662	lbm/in
Massa Fluida	$Mf = Ai \cdot \rho_{fluid}$	18666.889	lbm/in
Massa Total	$M_{tot} = Mp + Mf$	18825.156	lbm/in
Ketebalan Minimum Pipa	$t = \frac{P \cdot Do}{2 \cdot Sy \cdot F \cdot E \cdot T}$	0.3554	In

3.4 Analisa Perhitungan Tegangan Pipeline

Pipeline yang dipendam akan membentuk tegangan-tegangan akibat operasional dari pipeline itu sendiri. Jika tegangan-tegangan tersebut melebihi tegangan ijinnya maka pipeline akan mengalami kegagalan berupa deformasi plastis. Tabel berikut menjelaskan hasil perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pipeline dan membandingkan tegangan-tegangan tersebut dengan tegangan ijinnya.

Tabel 3 Analisa Perhitungan Tegangan Pipeline

Tegangan	Nilai	Tegangan Ijin	Nilai	Satuan
Hoop Stress	20140.18	$\sigma_H \leq F_1 S_y T$	26000	Psi
Von Mises Stress	26579.52	$\sigma_E \leq F_3 S_y$	46800	Psi
Longitudinal Stress	344.460	$\sigma_{Lnet} \leq 0,9 Sy \cdot T$	46800	Psi

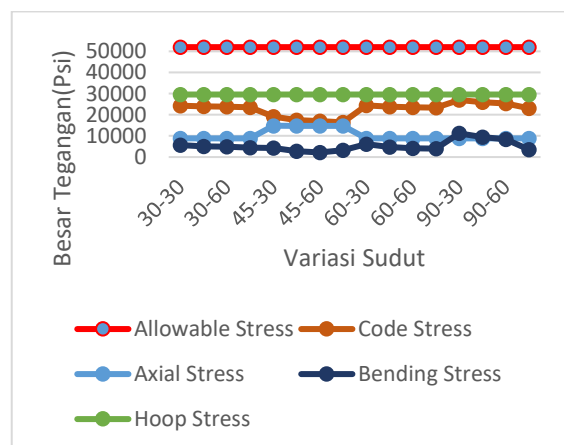
Tegangan izin ini dibuat untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi pada sistem perpipaan. Pada Tabel 4 berikut ini merupakan nilai tegangan ijin pada pipeline berdasarkan ASME B31.8, paragraf 841.1.4A allowable stress untuk pipeline.

Tabel 4 Allowable Stresses

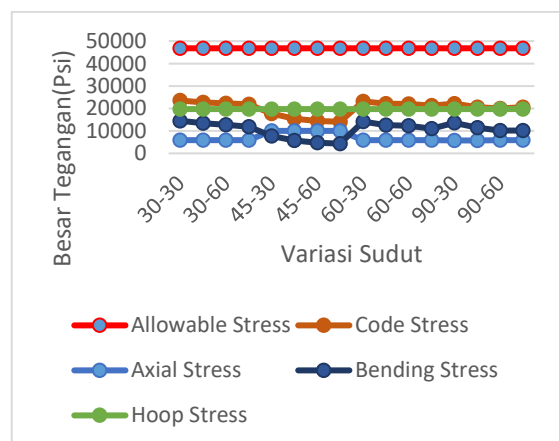
Load	Allowable Code Stress	Nilai Allowable Code Stress	Satuan
Operating	90 SMYS	46800	Psi
Occasional	90 SMYS	46800	Psi
Hydro test	100 SMYS	52000	psi
ustained	90 SMYS	46800	Psi

3.5 Analisa Tegangan Pipeline di CAESAR II

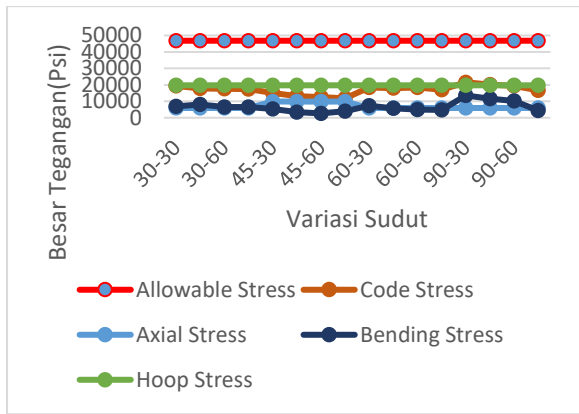
Pipeline dimodelkan menggunakan software CAESAR II dengan 34 load case yang diimplementasikan terhadap pipa untuk mengetahui nilai tegangan akibat beban hydrostatic, operating sustain, occasional dan expansion. Hasil keseluruhan variasi desain masih berada dibawah nilai allowable [4]. Hal ini bisa dilihat dari hasil grafik berikut ini :



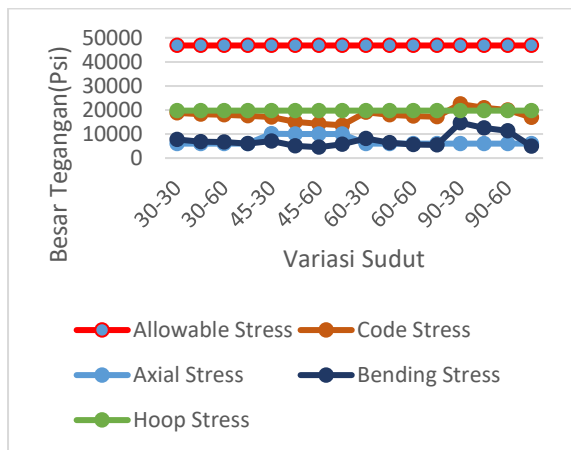
Gambar 2 Grafik Nilai Tegangan Akibat Beban Hydrostatic



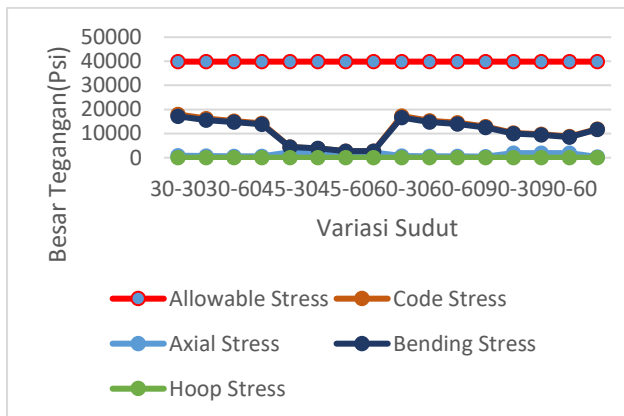
Gambar 3 Grafik Nilai Tegangan Akibat Beban Operating



Gambar 4 Grafik Nilai Tegangan Akibat Beban Sustain



Gambar 5 Grafik Nilai Tegangan Akibat Beban Occasional



Gambar 6 Grafik Nilai Tegangan Akibat Beban Expansion

Berdasarkan gambar 2-6 menunjukkan bahwa nilai tegangan akibat beban *hydrostatic*, *operating*, *sustain*, *occasional* expansion masih berada jauh di bawah nilai *allowable stress*.

3.6 Analisa Rencana Anggaran Biaya

Biaya yang di hitung pada tugas akhir ini yakni biaya pipa bending ukuran 28 inch yang digunakan pada pembuatan LBCV, dengan total biaya untuk variasi yang direkomendasikan yaitu 30-30° dan 45-45° dengan biaya sebesar Rp 91.728.000,- dan 116.184.000,-.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan desain dan analisis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. *Pipeline area Line Break Control Valve* memiliki ketebalan sebesar 0,469 inch. Sedangkan, ketebalan minimum yang dibutuhkan *pipeline* tersebut adalah 0,3554 inch. *Pipeline* tersebut dapat dikategorikan layak digunakan. Hal ini dikarenakan nilai ketebalan aktual lebih besar dibandingkan nilai ketebalan minimum *pipeline* tersebut.
2. Desain permodelan *bending* pipa menuju area *Line Break Control Valve* menggunakan 34 *load case* dimana terdapat kombinasi tegangan *sustain*, *expansion*, *occasional*, *hydrostatic* dan *operating*.
3. Desain sudut *bending* menuju area *Line Break Control Valve* masih di bawah *allowable stress* pada *code* ASME B31.8 dengan nilai tegangan sebagai berikut :
 - a. Kondisi *hydrostatic*, nilai *stress* tertinggi sebesar 26994,1 psi yaitu pada variasi sudut *bending underground* 90° dan *above ground* 30° dengan *allowable stress* sebesar 46800 psi.
 - b. Kondisi *Operating*, nilai *stress* tertinggi sebesar 23526 psi yaitu pada *bending underground* 30° dan *above ground* 30° dengan *allowable stress* sebesar 46800 psi.
 - c. Kondisi *sustain*, nilai *stress* tertinggi sebesar 21568 psi yaitu pada variasi sudut *bending underground* 90° dan *above ground* 30° dengan *allowable stress* sebesar 46800 psi.
 - d. Kondisi *Occasional*, nilai *stress* tertinggi sebesar 22461 psi yaitu pada *bending underground* 90° dan *above ground* 30° dengan *allowable stress* sebesar 46800 psi.
 - e. Kondisi *Expansion*, nilai *stress* tertinggi sebesar 17353 psi yaitu pada *bending underground* 60° dan *above ground* 30° dengan *allowable stress* sebesar 39860,2 psi.

Dari hasil *stress* diatas menunjukkan bahwa *above ground pipe* 30° pada setiap variasi sudut mempunyai nilai *stress* yang tinggi meskipun masih di bawah *allowable stress*,
4. Biaya *hot bend* pada 16 desain *Line Break Control Valve* yaitu Rp 22.9332.000 untuk *bending* ukuran 30°, Rp 29.046.000 untuk *bending* ukuran 45°, Rp 35.142.000 untuk *bending* ukuran 60° dan Rp 47.352.000 untuk *bending* pipa ukuran 90° dengan biaya terendah yaitu variasi 3 sudut 0-30° Rp 91.728.000,- dan biaya tertinggi variasi sudut 90-90° Rp 189.408.000,-.
5. Variasi dengan kombinasi sudut *underground* dan *above ground* berbanding lurus dengan harga, sehingga semua variasi

bisa direkomendasikan kepada perusahaan yang bersangkutan karena sudah memenuhi kriteria teknik yaitu memiliki nilai tegangan di bawah *allowable stress* yang selanjutnya diperhitungkan secara ekonomi bahwa sudut yang rendah memiliki *cost* yang rendah.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pembuatan penelitian ini. Pihak yang dimaksud adalah:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik moril ataupun materil.
2. Bapak Heroe Poernomo, selaku dosen pembimbing I yang selalu memberi pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan jurnal tugas akhir ini.
3. Bapak Subagio So'im, selaku dosen pembimbing II yang selalu memberi pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan jurnal tugas akhir ini.
4. Pembimbing dari KWRK yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu.
5. Keluarga besar program studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

6. PUSTAKA

- [1] ASME B31.8. (2016). *Gas Transmission and Distribution Piping Systems*. New York: American Society of Mechanical Engineers.
- [2] Hanafi, F. (2017). *Optimasi Desain Pipeline Area Line Break Control Valve (LBCV) pada Proyek Pipa Transmisi dari Gresik - Semarang*. Jakarta Barat: Digilib Mercu Buana.
- [3] Pratama, T. (2004). *Latihan Dasar Analisa Tegangan Pipa*. Jakarta.
- [4] Tijjara. (2004). *Pelatihan Dasar Analisa Tegangan Pipa Menggunakan Software Caesar II*. Jakarta.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)