

Evaluasi Desain *Expansion Loop* pada *New Critical Line Boiler Feed Water Unit Steam & Power Generation Return Condensate System* di RDMP RU-V Balikpapan

Muhammad Eros Bagaskara^{1*}, Heroe Poernomo^{2*}, Mahasin Maulana Ahmad^{3*}

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

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{2*}

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{3*}

Email : kbagas810@gmail.com^{1*}, hero_e_p@poltera.ac.id^{2*}, mahasinmaulana@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - RDMP RU-V Balikpapan is a project of improvement and addition of production capacity to 360 thousand barrels per day from the previous 260 thousand barrels per day. One of the units built about Steam & Power generation return condensate system. There is a pipeline design from an outlet deaerator to suction pump boiler feed water and pipeline from the header discharge pump boiler feed water to steam turbine generators that need to be done design evaluation because the line belongs to the category of critical line. This evaluation starts by calculating the wall thickness, minimum allowable span, selection of insulation materials and determining the thickness of the insulation and calculation of the voltage value that occurs using the software of CAESAR II. Calculation of the voltage value is based on ASME B 31.3 standard. The result of voltage analysis on the pipe line design of the discharge pump boiler feed water to the steam turbine generator indicates the value of voltage meets the standard permit of ASME B 31.3. Based on the results of the evaluation, the expansion loop design in the pipe of the discharge pump boiler feed water to the steam turbine generator is safe and acceptable.

Keyword: design evaluation, Critical line, stress analysis, Nozzle load, CAESAR II

Nomenclature

OD	= Outside diameter (inch)
ID	= Inside diameter (inch)
L	= Panjang pipa (inch)
ρ pipe	= Density pipa (lb/inch ³)
ρ fluid	= Density fluida (lb/inch ³)
T	= Thickness pipe (inch)
L	= allowable pipe span (in)
Z	= section modulus (in ³)
Sh	= Allowable tensile stress pada temperatur tinggi (lb/in ²)
W	= berat total pipa (lb/in)
E	= Modulus Elastisitas (lb/in ²)
Δ	= Allowable deflection (in)
I	= Moment inersia (in ⁴)
P	= Internal design pressure (lb/in ²)
SE	= Stress value for material from table A-1 (lb/in ²)
y	= Coefficient from table 304.1.1 ASME B31.3
tm	= Minimum wall thickness (in)
C	= Corrosion allowances (in)
Δl	= Pemuai yang harus diserap pipa (mm)
L	= Panjang semua pipa antara dua anchor (m)
U	= Jarak langsung antara dua anchor (m)
K1	= 208.3

1. PENDAHULUAN

Bertambahnya kapasitas produksi kilang minyak Balikpapan menjadi 360 ribu barel per hari. Salah satu unit baru yang dibangun untuk meningkatkan kapasitas kilang minyak Balikpapan menjadi 360 ribu barel per hari dari sebelumnya 260 ribu barel per hari yaitu unit 331. Unit 331 merupakan unit tentang Steam & Power generation return condensate system. Dalam Tahap engineering desain sistem perpipaan perlu dilakukan perhitungan yang kompleks untuk menjaga dan menjamin desain sistem perpipaan tersebut aman saat di operasikan. Salah satu perhitungan yang vital dalam engineering adalah perhitungan Analisa tegangan (Stress analysis) dan penentuan dan peletakan support.

Proyek RDMP RU-V Balikpapan memiliki desain sistem perpipaan yang sangat kompleks dan memiliki beberapa *line* yang termasuk dalam kategori critical line. *Critical line* yang dievaluasi pada penelitian ini adalah jalur perpipaan baru yang menyalurkan *boiler feed water* dari *deaerator* menuju ke *header suction pump* untuk dialirkan menuju *boiler feed water pump* dan dari *header discharge boiler feed water pump* untuk dialirkan menuju Steam turbin generator packages. *Feed water* tersebut digunakan untuk bahan baku boiler untuk dipanaskan menjadi steam dan untuk digunakan di steam turbin generator.

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur Penelitian

Pengerjaan tugas akhir ini dimulai dengan menghitung minimum wall thickness pada pipa. Setelah mendapatkan nilai ketebalan pipa minimum. Menentukan material insulasi yang digunakan dan ketebalan insulasi. Perhitungan *pipe span* / jarak antar support dan peletakan support. Mengingat *line* tersebut dalam kategori *critical line* maka perlu dilakukan perhitungan Analisa tegangan untuk mengetahui nilai tegangan yang terjadi untuk memenuhi kriteria keamanan dari *critical line* yang dianalisa. Standar yang akan digunakan sebagai acuan dalam perhitungan analisa tegangan adalah ASME B31.3 2016.

Proses evaluasi desain *expansion loop* pada *new critical boiler feed water* adalah dengan tahapan sebagai berikut :

- 1) Perhitungan minimum wall thickness pipa.
- 2) Pemilihan material insulasi dan penentuan ketebalan insulasi.
- 3) Perhitungan *pipe span*
- 4) Pemodelan *line* yang terdapat *expansion loop*
- 5) Analisa tegangan akibat beban sustain.
- 6) Analisa tegangan akibat beban thermal.

2.2 Ketebalan Minimum Pipa

Penentuan ketebalan material dalam desain sangatlah penting, karena ketebalan material yang dibutuhkan untuk sebuah desain dipengaruhi oleh besar kecilnya tekanan dan allowable stress material yang digunakan. Perhitungan thickness dilakukan untuk mengetahui berapa besar ketebalan pipa yang dibutuhkan agar dapat bekerja sesuai dengan operating condition. Perhitungan untuk menentukan ketebalan biasanya diatur di dalam *Code and standard* [1].

$$t = \frac{PD}{2(SEW+PY)} \quad \text{wall thickness pipa} \quad (1)$$

$$tm = t + C \quad \text{Tebal minimum pipa} \quad (2)$$

2.3 Insulasi

Bahan isolasi termal harus memiliki konduktivitas termal yang rendah. Seringkali, hal ini dicapai dengan cara merangkap udara atau gas lainnya dalam rongga kecil pada padatan. Kadang-kadang efek tersebut diperoleh dengan mengisi ruang, dimana panas akan mengalir, dengan partikel padat kecil dan udara. Jenis bahan isolasi termal menggunakan konduktivitas inheren rendah gas untuk menghambat aliran panas.

Pemilihan material insulasi berdasarkan *Specification for hot insulation*.

- A. *Cellular glass* : material insulasi Cellular glass digunakan untuk permukaan pipa yang beroperasi dibawah 160 °C (320°F) untuk yang berkode fungsi PP, HC, HF, ST, PS, ET, or ET.

Cellular glass harus memenuhi persyaratan dalam ASTM C-552. Untuk temperatur operasi diatas 85°C.

- B. *Mineral fiber* : material insulasi Mineral fiber digunakan untuk permukaan pipa yang beroperasi sampai 610 °C (1030°F) untuk yang berkode fungsi HAC,PS,HC,ET.

Penentuan ketebalan insulasi berdasarkan suhu desain yang digunakan dan diameter pipa yang digunakan. Penentuan ketebalan insulasi terdapat pada data *specification for hot insulation*.

Tabel 2.1 Tabel Ketebalan Insulasi berdasarkan *specification for hot insulation*.

	Maximum Operating Temperature of Process Fluid					
	°C	60 - 110	110 - 160	160 - 210	210 - 260	260 - 310
	°F	140 - 230	230 - 320	320 - 410	410 - 500	500 - 590
1 Inch	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm
4 Inch	26 mm	30 mm	25 mm	26 mm	26 mm	26 mm
8 Inch	25 mm	40 mm	65 mm	65 mm	65 mm	65 mm
10 Inch	25 mm	40 mm	65 mm	65 mm	65 mm	65 mm
20 Inch	40 mm	65 mm	65 mm	65 mm	75 mm	75 mm
24 Inch	40 mm	65 mm	65 mm	65 mm	75 mm	75 mm

2.4 Perhitungan Pipe Span

Allowable span pada support digunakan untuk mengetahui jarak maksimal penempatan support pada desain baru. Perhitungan ini diambil dari nilai terkecil hasil perhitungan *limitation of stress, limitation of deflection*, dan *specification for piping support* [2].

$$L = \sqrt{\frac{0,4 \times Z \times x \times Sh}{W}} \quad \text{Based on limitation of stress} \quad (3)$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13,5 w}} \quad \text{Based on limitation of deflection} \quad (4)$$

Tabel 2.2 Allowable Pipe Span berdasarkan *specification for piping support*

NPS	UN - INSLULATED CS PIPE		INSLULATED CS PIPE	
	VAPOR	WATER FILLED	VAPOR	WATER FILLED
[Inch]	[m]	[m]	[m]	[m]
1"	4	4	3	3
2"	7	6	6	6
3"	9	8	7	7
10"	16	12	14	12
12"	17	13	15	12
16"	19	15	18	14
20"	22	17	20	16
24"	24	18	22	17

2.5 Pemodelan pada CAESAR II

Line number yang dimodelkan dalam pengerjaan tugas akhir ini merupakan *line number* yang termasuk dalam kategori *critical line*. Jalur perpipaan ini dari *header discharge boiler feed water pump* untuk dialirkan menuju *Steam turbin generator packages*. Dengan diameter pipa 24" dengan design temperature sebesar 284° F, dengan

demikian beban dan ekspansi panas yang diterima pipa sangat besar sehingga perlu adanya perhitungan dan simulasi yang tepat, antara lain perhitungan peletakan support dan tegangan pipa yang berpengaruh penting terhadap keberhasilan sistem perpipaan. [3].

2.6 Tegangan akibat Beban Sustain

ASME B31.3 dalam ketentuan 302.3.5 (a) menyebutkan bahwa jumlah dari tegangan longitudinal (SL) pada semua komponen dalam sistem perpipaan yang disebabkan oleh tekanan berat pipa, dan pembebanan sustain yang lain harus tidak boleh lebih dari tegangan izin pada desain temperatur (Sh). Sehingga dapat dikatakan istilah sustain load adalah longitudinal stress, jenis tegangan dari longitudinal stress meliputi axial stress, pressure stress dan bending stress. Dimana Sh Appendix A table A-1 pada ASME B31.3 ketebalan pipa yang digunakan untuk menghitung SL. Harus ketebalan nominal dikurangi korosi dan erosi yang diizinkan. [4].

2.7 Tegangan akibat Beban Thermal

Akibat dari temperatur fluida dan sifat material pipa, dapat menyebabkan terjadinya perpanjangan pada pipa (ekspansi). Untuk pipa lurus analisa thermal load ekspansi berdasarkan metode guided cantilever, guided cantilever adalah cantilever beam yang ditahan pada salah satu ujungnya, untuk pipa lurus dibawah beban thermal load ekspansi perlakuan metode guided cantilever. Tegangan ekspansi sering kali menimbulkan kegagalan yang membahayakan setelah menggunakan sejumlah beban. Untuk tegangan izin pada kondisi expansion load suatu batasan tegangan yang terjadi pada suatu material pipa dan komponennya akibat beban thermal berulang seperti beban akibat ekspansi maupun kontakksi. Nilai tegangan izin untuk expansion load untuk material ditentukan ASME B31.3 Paragraf 302.2.5 (d) dengan persamaan sebagai berikut (ASME B31.3, 2016) [4].

Untuk kondisi ekspansi termal nilai tegangan ijin material ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$S \text{ due to thermal expansion load } \leq Sa = f(1.25 Sc + 0.25 Sh) \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Minimum Wall Thickness

Perhitungan minimum wall thickness pada pipa 24” sebagai berikut.

Minimum wall thickness pipa

$$t = \frac{PD}{2(SEW+PY)}$$

$$= 0,416''$$

$$tm = t + C$$

$$tm = 0,536''.$$

Nilai minimum req thickness untuk NPS 24” yaitu sebesar 0,536". Sedangkan schedule yang digunakan

pada pipa dengan NPS 24” tersebut adalah schedule 80. Maka pipa tersebut memiliki ketebalan nominal untuk NPS 24” sebesar 1,219”.

3.2 Penentuan Material dan Ketebalan Insulasi

Pemilihan material insulasi berdasarkan suhu yang bekerja pada sistem tersebut dan pemilihan material insulasi terdapat pada standar proyek RDMP RU-V Balikpapan pada dokumen standar *Specification For Hot Insulation*.

A. Pemilihan material insulasi :

- *Cellular glass* : material insulasi Cellular glass digunakan untuk permukaan pipa yang beroperasi dibawah 160 °C (320°F) untuk yang berkode fungsi PP, HC, HF, ST, PS, ET, or ET. Cellular glass harus memenuhi persyaratan dalam ASTM C-552. Untuk temperatur operasi diatas 85°C.
- *Mineral fiber* : material insulasi Mineral fiber digunakan untuk permukaan pipa yang beroperasi sampai 610 °C (1030°F) untuk yang berkode fungsi HAC,PS,HC,ET.
- *Ceramic fiber blanket* : material insulasi Ceramic fiber blanket digunakan untuk permukaan pipa yang beroperasi antara 610 °C (1030°F) 1310 °C (2390°F) untuk yang berkode fungsi PP, HC, PS dan HF.

Berdasarkan data diatas dapat dipilih material yang digunakan pada sistem boiler feed water menggunakan bahan material insulasi cellular glass. Karena suhu operasi pada sistem boiler feed water memiliki suhu operasi dibawah 160°C.

B. Penentuan Ketebalan Insulasi

Penentuan ketebalan insulasi berdasarkan suhu desain dan diameter pipa. Penentuan ketebalan insulasi terdapat pada standar proyek RDMP RU-V Balikpapan pada dokumen standar *Specification For Hot Insulation*. Pada pengerjaan ini menggunakan Ketebalan Insulasi Berdasarkan *Specification for hot insulation*.

Tabel 3.1 Ketebalan Insulasi Pipa 24”

	Maximum Operating Temperature of Process Fluid					
	°C	60 - 110	110 - 160	160 - 210	210 - 260	260 - 310
	°F	140 - 230	230 - 320	320 - 410	410 - 500	500 - 590
1 Inch	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm
4 Inch	26 mm	30 mm	25 mm	26 mm	26 mm	26 mm
8 Inch	25 mm	40 mm	65 mm	65 mm	65 mm	65 mm
10 Inch	25 mm	40 mm	65 mm	65 mm	65 mm	65 mm
20 Inch	40 mm	65 mm	65 mm	65 mm	75 mm	75 mm
24 Inch	40 mm	65 mm	65 mm	65 mm	75 mm	75 mm

Berdasarkan tabel 3.1 tersebut untuk pipa NPS 24” dengan suhu desain 140°C memiliki nilai ketebalan insulasi sebesar 65 mm.

3.3 Jarak Antar Penyangga (Support)

Dengan mengasumsikan sebagai *simply supported beam* maka persamaan yang digunakan berdasarkan *limitation of stress, limitation of deflection, specification for piping support*. Dalam pengerjaan ini digunakan persamaan (3) dan (4) dan *specification for piping support*.

Tabel 3.2 Penentuan *Pipe Span NPS 24"*.

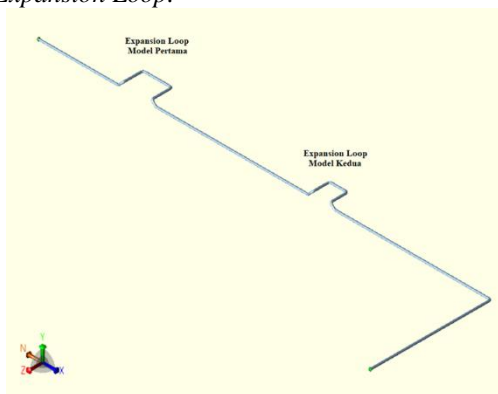
NPS Pipe (Inch)	SCH	Parameter	Value (m)	Allowable Span (m)
24"	80	Limit of Stress	23,909	17
		Limit of Deflection	19,277	
		Specification for pipe support	17	

Dari Tabel 3.2 perhitungan dapat dipilih hasil terkecil antara 23,909 m, 19,277 m, dan 17m. Jadi jarak span yang diijinkan maksimal 17 m.

3.4 Pemodelan Line yang Terdapat Expansion Loop

Evaluasi desain yang dilakukan pada penelitian ini yaitu perhitungan analisa tegangan pada sistem perpipaan. Pemodelan dan perhitungan analisa tegangan ini dibantu dengan *software CAESAR II*. *Line* yang dianalisa merupakan *line* yang menuju *steam turbine generator packages*. *Line* tersebut termasuk dalam kategori *critical line* dan *line* tersebut terdapat dua model desain *expansion loop*. Perhitungan analisa tegangan yang dilakukan yaitu perhitungan analisa tegangan akibat *sustain load*, perhitungan analisa tegangan akibat *thermal load*. Hasil pemodelan pada *line* yang terdapat desain *expansion loop* dibagi dalam 55 segmen dan 550 node.

Gambar Pemodelan *Line* yang terdapat Desain *Expansion Loop*.

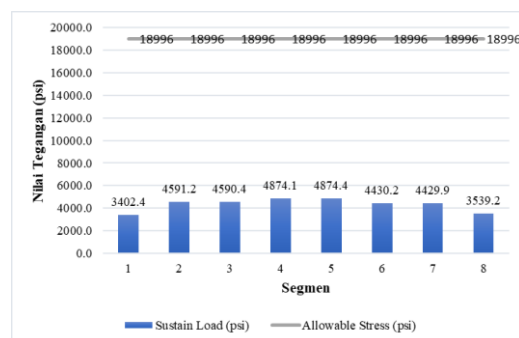


Gambar 3.1 Pemodelan CAESAR II

Berdasarkan gambar 3.1 pemodelan pada *line* yang terdapat Desain *Expansion Loop*. *Line* tersebut memiliki 2 model desain *expansion loop* dengan tipe yang sama, yaitu tipe *three dimensional loop*.

3.5 Analisa Tegangan Akibat Beban Sustain.

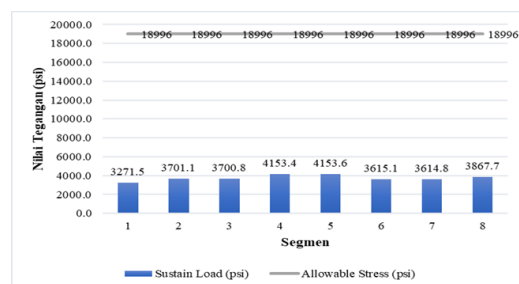
Beban *sustain* dialami oleh pipa secara terus menerus. Beban ini merupakan kombinasi beban yang diakibatkan oleh tekanan internal fluida yang dialirkan dan beban berat pipa tersebut. Tekanan yang digunakan adalah tekanan desain. Desain dapat diterima atau digunakan ketika nilai tegangan berada dibawah *allowable stress*. *Allowable stress* didapat dari *software CAESAR II* yang mengacu pada standar ASME B31.3. Hasil perhitungan tegangan yang terjadi pada kondisi *pembebanan sustain* dengan tekanan desain pada desain *expansion loop* model pertama ditunjukkan pada gambar grafik Tegangan akibat beban *sustain* pada Desain *Expansion loop* Model Pertama.



Gambar 3.2 Grafik Nilai Tegangan Beban Sustain Model *Expansion Loop* Pertama.

Berdasarkan gambar 3.2 terdapat grafik nilai tegangan akibat pembebanan *sustain* untuk *expansion loop* model pertama. Berdasarkan grafik tersebut nilai tegangan maksimal pada segmen 5 dengan nilai tegangan sebesar 4.874,4 psi. dan nilai tegangan minimal pada segmen 1 dengan nilai tegangan sebesar 3.402,4 psi. Untuk nilai tegangan yang terjadi untuk setiap segmen masih dibawah dari nilai *allowable stress*.

Nilai tegangan yang terjadi pada setiap segmen tersebut masih dibawah nilai dari *allowable stress* sehingga desain dapat diterima karena tegangan yang terjadi akibat *sustain load* kondisi desain yang terjadi pada desain *expansion loop* model pertama tergolong aman dan memenuhi kriteria ASME B31.3 Sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan ulang *expansion loop* dan desain ulang *expansion loop*.



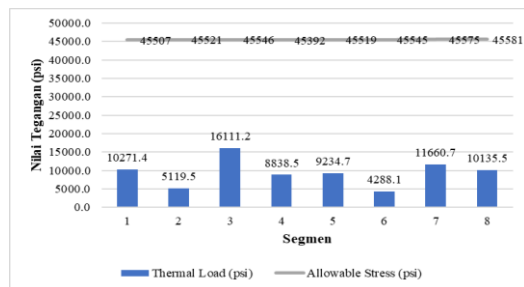
Gambar 3.3 Grafik Nilai Tegangan Beban Sustain Model *Expansion Loop* Kedua

Pada Gambar 3.3 grafik nilai tegangan pada beban sustain dengan tekanan desain pada desain expansion loop model kedua menunjukkan nilai tegangan yang bervariasi dan memiliki rentang nilai yang tidak terlalu tinggi dan nilai tegangan terbesar terjadi pada segmen 5 dengan nilai tegangan yang terjadi sebesar 4.153,6 psi. Dan untuk nilai tegangan terkecil pada segmen 1 dengan nilai tegangan yang terjadi sebesar 3.271,5 psi.

nilai tegangan yang terjadi pada setiap segmen tersebut masih dibawah nilai dari allowable stress sehingga desain dapat diterima karena tegangan yang terjadi akibat sustain load kondisi desain yang terjadi pada desain expansion loop model kedua tergolong aman dan memenuhi kriteria ASME B31.3 Sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan ulang expansion loop dan desain ulang expansion loop.

3.6 Analisa Tegangan Akibat Beban Thermal.

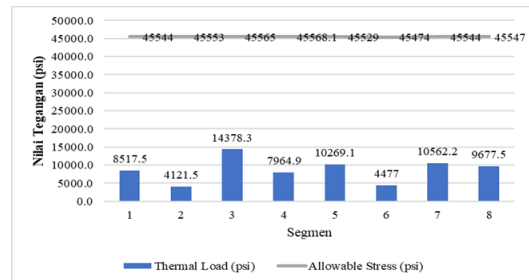
Beban termal adalah beban yang terjadi akibat dari temperatur fluida alir dan sifat material pipa, dapat menyebabkan terjadinya perpanjangan pada pipa (ekspansi). Temperatur yang digunakan adalah temperatur desain. Desain dapat diterima atau digunakan ketika nilai tegangan berada dibawah allowable stress. Allowable stress didapat dari software CAESAR II yang mengacu pada standar ASME B31.3.



Gambar 3.4 Grafik Nilai Tegangan Beban Thermal Model Expansion Loop Pertama

Pada Gambar 3.4 grafik nilai tegangan pada beban thermal dengan temperatur desain pada desain expansion loop model pertama menunjukkan nilai tegangan terbesar terjadi pada segmen 3 dengan nilai tegangan yang terjadi sebesar 16.111,2 psi. Dan untuk nilai tegangan terkecil pada segmen 6 dengan nilai tegangan yang terjadi sebesar 4.288,1 psi.

Nilai tegangan yang terjadi pada setiap segmen tersebut masih dibawah nilai dari allowable stress sehingga desain dapat diterima karena nilai tegangan akibat thermal load kondisi desain yang terjadi pada desain expansion loop model pertama tergolong aman dan memenuhi kriteria ASME B31.3 Sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan ulang expansion loop dan desain ulang expansion loop.



Gambar 3.5 Grafik Nilai Tegangan Beban Thermal Model Expansion Loop Kedua.

Pada Gambar 3.5 grafik nilai tegangan pada beban thermal dengan temperatur desain pada desain expansion loop model kedua menunjukkan nilai tegangan yang bervariasi dan nilai tegangan terbesar terjadi pada segmen 3 dengan nilai tegangan yang terjadi sebesar 14.378,3 psi. Dan untuk nilai tegangan terkecil pada segmen 2 dengan nilai tegangan yang terjadi sebesar 4.121,5 psi.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini yang berjudul “Evaluasi Desain Expansion Loop pada New Critical Line Boiler Feed Water Unit Steam & Power Generation Return Condensate System di RDMP RU-V Balikpapan”. Untuk Nilai minimum req thickness untuk NPS 24” yaitu sebesar 0,536”. Sedangkan schedule yang digunakan pada pipa dengan NPS 24” tersebut adalah schedule 80. Maka pipa tersebut memiliki ketebalan nominal untuk NPS 24” sebesar 1,219”. Nilai minimum req thickness untuk NPS 30” yaitu sebesar 0,639”. Dan material insulasi yang digunakan berdasarkan specification for hot insulation menggunakan bahan material insulasi cellular glass dengan nilai ketebalan insulasi untuk pipa NPS 24” sebesar 65 mm. Sedangkan dari perhitungan didapatkan batas maksimal span yang diperbolehkan dipilih dari hasil yang terkecil berdasarkan limitation of stress, limitation of deflection dan specification for pipe support. Masing-masing untuk pipe span pipa NPS 24” sch 80 memiliki nilai span masing-masing sebesar 78,442 ft (23,909 m), 63,244 ft (19,277 m), dan 55,774 ft (17 m), jadi jarak span yang diijinkan maksimal untuk pipa NPS 24” sch 80 sebesar 55,774 ft (17 m). Untuk nilai tegangan yang terjadi akibat pembebanan sustain dan thermal telah memenuhi allowable stress berdasarkan ASME B31.3. Sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan ulang expansion loop dan desain ulang expansion loop.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASME B31.3. (2016). *Process Piping*. U.S.A.: ASME Code for Pressure Piping, B31.3.
- [2] Sam Kannappan, P. E. (1986). *Introduction to Pipe Stress Analysis*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [3] Pratama, T. (2004). *Pelatihan Dasar Analisa Tegangan Pipa*. Jakarta: PT. Tijara Pratama.
- [4] Chamsudi, A. (2005). *Piping Stress Analysis*. Serpong: Badan Tenaga Nuklir Nasional PUSPITEK
- [5] Muhammad, Rukman Guyen, Poernomo Heroe, and Mahardhika Pekik. "Analisa Tegangan New Critical Line Pipe dari Discharge Compressor Scrubber Train menuju Tie In Point Existing MP Gas Scrubber Pipe pada Sistem CO2 Removal Di Fasilitas Produksi Cilamaya Utara." *Proceedings Conference on Piping Engineering and its Application*. Vol. 3. No. 1. 2018.
- [6] Ardenza, Dicha Iswara. "Desain Expansion Loop pada Line AFC/AEI/-LND/C-18.0217/004 Untuk Proses Molecular Sieve Adsorber Di Perusahaan Gas."