

Pengaruh Penempatan Reducer Terhadap Laju Erosi dan *Life Time* Jalur Pipa *Crude Palm Oil* 8"-PL-039-A01A di Perusahaan Penyedia *Storage Tank* Tanjung Perak

Nikko Andreyono^{1*}, Priyo Agus Setiawan², Ekky Nur Budiyo³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1,2}

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

Email: nikkoandreyv@gmail.com^{1*}; aguspriyo@gmail.com^{2*}; ekkyurbudiyo@gmail.com^{3*}

Abstract - Line 8"-PL-039-A01A is a pipeline from the storage tank at the filling station where this pipeline has an 8" elbow, 8" pipe, 8x6 reducer, 6" and 6" pipe elbow. In the initial design, the 8x6 silencer had a distance of 1700 mm against the elbow 6" but there was an improvement in the design of the pipeline route and equipment related to pipe 8"-PL-039-A01A had to be re-routed, distance reducer 8x6 to elbow 6" getting closer is 1010 mm. The analysis was performed by calculating the erosion rate and the life time manually and the software of 5 pipeline designs used to establish the varying reducers. Where the maximum life time of an elbow is 8" is 24.17 years and the minimum life time is 13.74 years. As for elbow 6" has a maximum life time of 25.54 years and a minimum life time of 8.74 years. The most ideal reducer placement is 710.5 mm from 8" elbow or the reducer is shifted as far as 342.5 mm from the initial design.

Keywords: Computational Fluid Dynamics, DPM, Erosion rate, Life time, Reducer.

Nomenclature

ER	Erosion rate (mm/year)
U	Kecepatan fluida (m/s)
\dot{m}_p	Laju massa partikel (kg/s)
ID	Diameter pipa (m)
EL	Laju aliran mas per satuan luas yang hilang (kg/m ² s)
Pt	Density of material (kg/m ³)
Tm	Minimum required thickness (mm)
P	Design pressure (Psi)
OD	Outside diameter (mm)
S	Stress value for
E	Quality factor
W	Weld joint strange
Y	Coefisien from tabel
CA	Corrosion allowance (-)
Tr	Remant lifetime (years)
Tacc	Thickness actual (mm)
Tm	Thickness minimum (mm)
El	Erosion rate (mm/years)

1. PENDAHULUAN

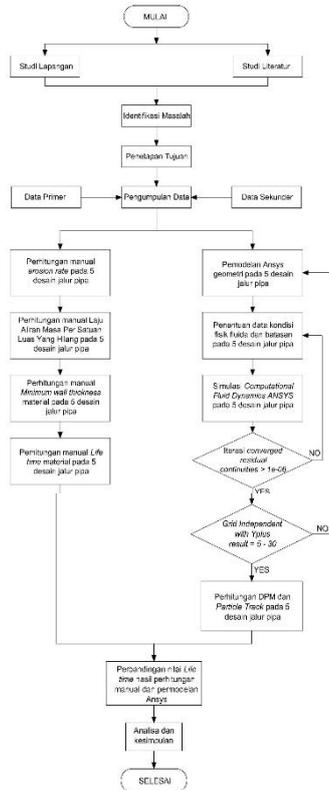
Jalur pipa 8"-PL-039-A01A di perusahaan yang menyediakan *storage tank* ini merupakan jalur distribusi *Crude Palm Oil* dari tanki penyimpanan menuju *Filling Station*. Fluida *Crude Palm Oil* pada jalur tersebut mengandung partikel padat berupa butiran pasir dan belum dalam keadaan bersih sempurna. Jalur pipa 8"-

PL-039-A01A ini memiliki *elbow* 8", pipa 8", *reducer* 8x6", pipa 6" dan *elbow* 6". Pada desain awalnya, *reducer* 8x6" memiliki jarak 1700 mm terhadap *elbow* 6", namun ketika tahap instalasi terdapat kendala pada tahap *routing* jalur pipa dan *equipment* yang mengakibatkan desain aktual pada jalur pipa 8"-PL-039-A01A harus dilakukan *routing* ulang sehingga nantinya akan menjadikan jarak *reducer* 8x6" terhadap *elbow* 6" semakin dekat yaitu 1010 mm. Berdasarkan jurnal penelitian yang pernah ditulis oleh Abrorul Fuady 2014 dijelaskan bahwa jarak penempatan antar *fitting* terkadang mempengaruhi laju erosi yang terjadi. Sehingga dengan mengacu pada jurnal tersebut, analisa pengaruh penempatan *reducer* pada jalur pipa 8"-PL-039-A01A juga perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh serta dampaknya terhadap *life time* material. Analisa dilakukan dengan membuat 5 variasi penempatan *reducer* untuk menghitung *erosion rate* dan *life time* dari masing-masing desain, sehingga hasil dari analisa tersebut bisa sebagai bahan pertimbangan perusahaan untuk menghindari resiko kebocoran akibat erosi serta untuk meningkatkan efisiensi dengan memperhatikan letak posisi penempatan *reducer*. Penentuan letak penempatan *reducer* yang paling ideal didasarkan atas 2 parameter yaitu nilai *erosion rate* yang rendah namun memiliki *life time* yang paling tinggi. Perhitungan dibantu *software* ANSYS dan mengacu pada standard DNV RP O501.

2. METODOLOGI

2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melaksanakan perhitungan secara manual dan dengan bantuan *software ANSYS* pada kelima desain variasi penempatan reducer. Berikut Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2 Formula Matematika

Formula yang digunakan dalam perhitungan – perhitungan pada penelitian ini meliputi:

2.2.1 Erosion rate

1. Menghitung *erosion rate* pada pipa menggunakan rumus sebagaimana persamaan 2.1 berikut (DNVGL-RP-O501, 2015) [4]:

$$ER = 2.5 \times 10^{-5} \times U^{2.6} \times \dot{m}_p \times ID^{-2} \quad (2.1)$$

Dimana,

- ER = *erosion rate* (mm/year)
- U = kecepatan fluida (m/s)
- \dot{m}_p = laju massa partikel (kg/s)
- ID = diameter pipa (m)

2. Menghitung *erosion rate* pada elbow menggunakan rumus sebagaimana persamaan 2.2 berikut (DNVGL-RP-O501, 2015) [4]:

$$E_L = \frac{K \cdot F(\alpha) \cdot \sin(\alpha) \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C_1 \cdot GF \cdot \dot{m}_p \cdot C_{unit}$$

Dimana,

- E_L = *erosion rate* (mm/year)
- K = material konstanta [(m/s)⁻ⁿ]
- α = sudut tumbukan (°)
- U_p = kecepatan tumbukan partikel (m/s)
- n = *velocity exponent* pada tabel 1 (-)
- ρ_t = *density material* (kg/m³)
- A_t = luasan yang terkena erosi (m²)
- G = *the particle size correction* (-)
- C_1 = *model/geometry factor* (-)
- GF = faktor geometri (-)
- \dot{m}_p = laju massa partikel (kg/s)
- C_{unit} = unit faktor konversi (-)

3. Menghitung *erosion rate* pada reducer menggunakan rumus sebagaimana persamaan 2.3 berikut (DNVGL-RP-O501, 2015) [4]:

$$E_L = \frac{\dot{m}_p \cdot K \cdot F(\alpha) \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot A_{ratio} \cdot C_2 \cdot C_{unit} \quad (2.3)$$

Dimana,

- E_L = *erosion rate* (mm/year)
- \dot{m}_p = laju massa partikel (kg/s)
- α = sudut tumbukan (°)
- K = material konstanta [(m/s)⁻ⁿ]
- U_p = kecepatan tumbukan partikel (m/s)
- n = *velocity exponent* pada tabel 1 (-)
- ρ_t = *density dari material target* (kg/m³)
- A_t = luasan yang terkena erosi (m²)
- A_{ratio} = rasio luasan antara *cross sectional area*

reduction dan *upstream area of flow reducer* (-)

- C_2 = factor koreksi dari ukuran partikel (-)

- C_{unit} = unit faktor konversi (-)

2.2.2 Laju aliran masa yang hilang

Perhitungan nilai aliran masa yang hilang per satuan luas pada material terinstall digunakan untuk mengetahui besar masa yang hilang per satuan luas akibat erosi. Perhitungan untuk menentukan nilai tersebut menggunakan rumus persamaan yang mengacu pada terbitan Jurnal Internasional hasil konferensi NACE Internasional Conference : *Shanghai Section yang berjudul Evaluation of Different Modeling Methods Used for Erosion Prediction* (Mohyalidin, 2012) [5], oleh Mysara Eissa Mohyalidin. Pada tahap ini tidak membedakan jenis *fitting*, apapun jenis *fitting* yang digunakan tetap menggunakan persamaan sebagai berikut

$$E_L \left(\frac{kg}{m^2 \cdot s} \right) = \frac{E_L \left(\frac{mm}{year} \right) \cdot \rho_t \left(\frac{kg}{m^3} \right)}{1000 \left(\frac{mm}{m} \right) \cdot 3600 \left(\frac{s}{hr} \right) \cdot 24 \left(\frac{hr}{day} \right) \cdot 365 \left(\frac{day}{year} \right)} \quad (2.4)$$

Dimana :

- EL = erosion rate (mm/year)
- EL = laju aliran mas per satuan luas yang hilang (kg/m²s)
- Pt = Density of material (kg/m³)

2.2.3 Minimum Wall Thickness

Penentuan ketebalan pada komponen perpipaan dalam desain sangat penting, hal itu dikarenakan ketebalan komponen perpipaan minimal harus mampu menahan tekanan fluida yang mengalir. Besar atau kecilnya nilai ketebalan komponen perpipaan dipengaruhi oleh tekanan fluida dan juga *allowable stress* yang dimiliki oleh tiap material tersebut. Perhitungan *thickness* dilakukan untuk mengetahui besarnya ketebalan minimal komponen perpipaan yang dibutuhkan untuk kondisi operasi dan kondisi kerja. Perhitungan minimal ketebalan komponen perpipaan telah diatur oleh Code dan Standart ASME B31.3.

1. Menghitung *minimum wall thickness* pada pipa dan *reducer* menggunakan rumus sebagaimana persamaan 2.5 berikut (ASME, B 31.3 Process Piping, 2016):

$$T_m = \frac{P \cdot D}{2(SEW + PY)} + CA \quad (2.5)$$

Dimana,

- T_m = minimum required thickness (mm)
- P = design pressure (Psi)
- OD = outside diameter (mm)
- S = stress value for
- E = quality factor
- W = weld joint strange (-)
- Y = coefisien from tabel
- CA = corrosion allowance (-)

2. Menghitung *minimum wall thickness* pada elbow menggunakan rumus sebagaimana persamaan 2.8 berikut (ASME B31.3) [3]:

$$I_{intra} = \frac{4 \left(\frac{R_1}{D}\right) - 1}{4 \left(\frac{R_1}{D}\right) - 2} \quad (2.6)$$

$$I_{extra} = \frac{4 \left(\frac{R_1}{D}\right) + 1}{4 \left(\frac{R_1}{D}\right) + 2} \quad (2.7)$$

$$t = \frac{PD}{2 \left[\left(\frac{SEW}{I} \right) + PY \right]} \quad (2.8)$$

Dimana,

- P = internal design pressure (psi)
- D = outside diameter (inch)
- S = stress value for material from Table A-1/A-1M ASME B31.3
- E = quality factor from Tabel A-1A/B ASME B31.3
- W = weld joint strength reduction factor for

carbon steel W=1 for all temperature

Y = Coefficient Y (Tabel 304.1.1, ASME B31.3)

2.2.4 Life Time

Penentuan *life time* untuk semua jenis *fitting* menggunakan persamaan yang sama sebagaimana persamaan 2.9 sebagai berikut (API570, 2016) [1] :

$$Tr = (t_{acc} - t_m) / E_L \quad (2.9)$$

Dimana,

- Tr = remant lifetime (years)
- T_{acc} = thickness actual (mm)
- T_m = thickness minimum (mm)
- E_l = erosion rate (mm/years)

2.2.5 Computational Fluid Dynamic

Computational Fluid Dynamic (CFD) adalah metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan penghitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Pada tahap ini akan dilakukan dari membuat geometri, *meshing*, setup data hingga solution data menggunakan *software ANSYS*. (Pratama, 2017)

1. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Penelitian

Data proses pada line number 8"-PL-039-A01A yang digunakan untuk perhitungan nilai *erosion rate*, perhitungan laju aliran masa yang hilang per satuan luas dan perhitungan life time ditunjukkan pada Tabel 1 berikut

Tabel 1 : Data Desain

Data Fluida	Besaran	Satuan
Material Fluida	CPO	
Debit	295	m3/jam
Density material	7850	Kg/m3
Pressure	5.2	Bar
Mass Flow	71.1	kg/s
Density	867.8	kg/m3
Viscosity of fluid	0.01461	kg/m.s
Pp	1918	kg/m3
ṁp	2.1	kg/s
K	2.00E-09	
Particle Diameter	5.70.E-05	M

3.2 Perhitungan Erosion Rate

Berdasarkan persamaan *erosion rate* dan data desain di atas, maka didapatkan hasil

perhitungan *erosion rate* setiap *fitting* pada setiap variasi desain sebagaimana ditunjukkan oleh tabel 2 berikut

Tabel 2 : Hasil perhitungan *Erosion Rate*

Erosion Rate (mm/year)					
Desain	Ell 8	Pipa 8	Red	Pipa 6	Ell 6
A	0.217	0.014	0.3005	0.103	0.911
B	0.217	0.014	0.3005	0.103	0.911
C	0.217	0.014	0.3005	0.103	1.094
D	0.217	0.014	0.3005	0.103	1.094
E	0.108	0.014	0.3005	0.103	1.094

3.3 Perhitungan Laju Aliran Masa Yang Hilang Per Satuan Luas

Berdasarkan persamaan dan data desain di atas, maka didapatkan hasil perhitungan laju aliran masa yang hilang per satuan luas setiap *fitting* pada setiap variasi desain sebagaimana ditunjukkan oleh tabel 3 berikut

Tabel 3 : Hasil perhitungan Laju aliran masa yang hilang per satuan luas

Laju Aliran Masa Yang Hilang per Satuan Luas (kg/m ² s)					
Desain	Elbow 8"	Pipa 8"	Reducer 8x6"	Pipa 6"	Elbow 6"
A	5.41E-08	3.59E-09	7.00E-08	2.58E-08	2.27E-07
B	5.41E-08	3.59E-09	7.00E-08	2.58E-08	2.27E-07
C	5.41E-08	3.59E-09	7.00E-08	2.58E-08	4.54E-07
D	5.41E-08	3.59E-09	7.00E-08	2.58E-08	4.54E-07
E	2.70E-08	3.59E-09	7.00E-08	2.58E-08	4.54E-07

3.4 Perhitungan *minimum wall thickness*

Berdasarkan persamaan dan data desain di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *minimum wall thickness* pada setiap *fitting* sebagaimana ditunjukkan table 4 berikut

Tabel 4 : Hasil perhitungan *minimum wall thickness*

Minimum Wall Thickness (mm)					
	Elbow 8"	Pipa 8"	Reduce r 8x6"	Pipa 6"	Elbow 6"
M W T	5.35E+00	2.87E+00	2.87E+00	2.80E+00	2.75E+00

3.5 Perhitungan *life time*

Berdasarkan persamaan dan data desain di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *life time* setiap *fitting* pada setiap 5 variasi desain sebagaimana ditunjukkan table 5 berikut

Tabel 5 : Hasil perhitungan *life time*

Life Time (year)					
Desain	Elbow 8"	Pipa 8"	Reducer 8x6"	Pipa 6"	Elbow 6"
A	12,76	364,08	17,5	41,7	4,78
B	12,76	364,08	17,5	41,7	4,78

C	12,76	364,08	17,5	41,7	3,98
D	12,76	364,08	17,5	41,7	3,98
E	25,5	364,08	17,5	41,7	3,98

3.6 Computational Fluid Dynamic

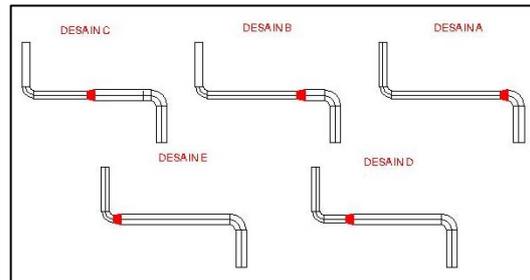
Pada tahap ini dilakukan simulasi menggunakan *software ANSYS 14.5* untuk mengetahui output hasil analisa berupa *life time* untuk kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan manual.

1. Gometri

Pada tahap ini dilakukan pemodelan geometri 5 variasi desain penempatan *reducer* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1 dan dengan variasi jarak penempatan *reducer* ditunjukkan oleh tabel 6 sebagai berikut

Tabel 6 : Jarak penempatan *reducer*

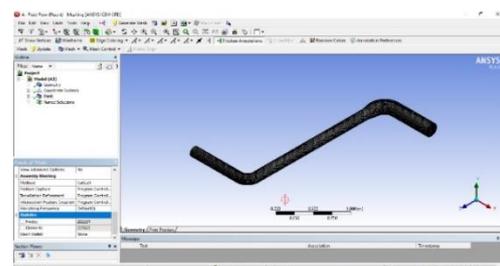
No	Desain	Jarak <i>reducer</i> terhadap elbow 8"
1	A	0 mm
2	B	364 mm
3	C	1057 mm
4	D	1648 mm
5	E	2063 mm



Gambar 1 Kelima desain variasi penempatan *reducer*

2. Meshing

Pada tahap ini dilakukan *meshing* geometri 5 variasi jalur pipa. Untuk *mesh* dari kelima desain penempatan *reducer* menggunakan metode *cutcell method* dengan pengecilan ukuran *mesh* pada beberapa bagian serta penambahan *layer* dengan tipe *First Layer Thickness* sebesar 7,8e-004m di setiap dinding jalur pipadesain penempatan *reducer* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2



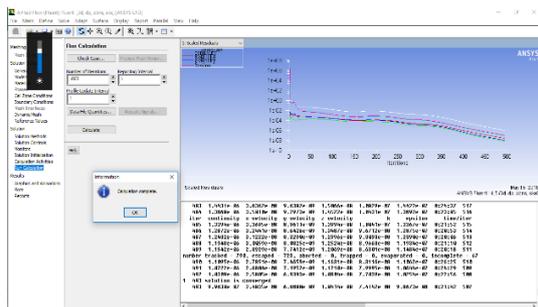
Gambar 2 Tahap *meshing* jalur pipa

3. Setup Data

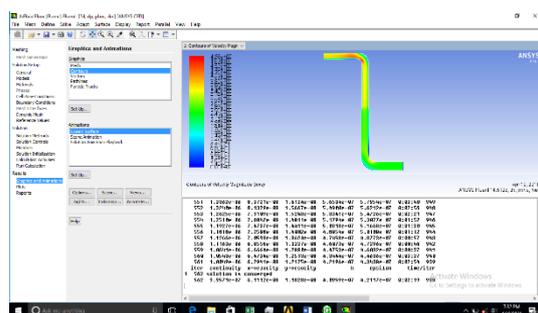
Tabel 7 : Hasil *life time software Ansys*

No	Desain	<i>Life time elbow 6"ansys (year)</i>	<i>Life time elbow 8"ansys (year)</i>
1	A	25.54	13.74
2	B	18.89	15.88
3	C	16.21	19.18
4	D	12.44	22.28
5	E	8.74	24.17

Pada tahap ini dilakukan input data proses dan data material, software ANSYS akan menganalisa dan mengolah data tersebut hingga data sudah dianggap valid (*converged*). Pada perhitungan ini, syarat minimum solver akan *converged* yaitu apabila nilai Residual Continuous mencapai $1e-06$. Model yang digunakan adalah Viscous standard k-e dengan Discrete Phase On untuk melihat nilai DPM. Berikut pengaturan general untuk Setup Data ditunjukkan pada tabel 7 dan hasil iterasi serta *contour* kecepatan sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3 dan gambar 4



Gambar 3 Tahap iterasi

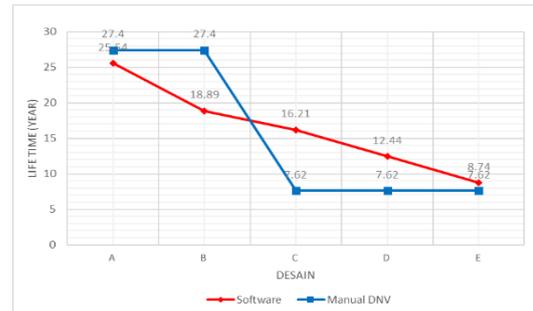


Gambar 4 Contour velocity

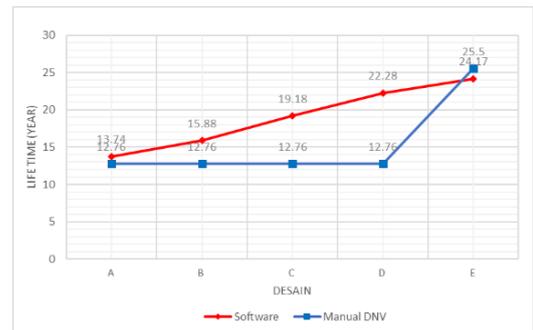
4. DPM Erosion Rate

Tahap ini dibutuhkan untuk membuktikan pengaruh penempatan *reducer* terhadap *life time* lebih detail lagi dimana perhitungan tersebut tidak bisa dilakukan oleh formula DNV secara detail dan spesifik. Tahap ini dilakukan dengan *probing contour* erosi yang ingin diketahui nilainya. Pada tahap ini *fitting* yang dijadikan acuan analisa DPM adalah *elbow 6"*

dan *elbow 8"*. Dari nilai DPM tersebut akan dikonversikan menggunakan persamaan Laju aliran masa yang hilang per satuan luas menjadi nilai *erosion rate* untuk kemudian bisa dilakukan analisa perbandingan nilai *life time* dengan hasil perhitungan manual. Hasil analisa maximum DPM *erosion rate* dan *life time elbow 6"* dan *elbow 8"* pada 5 desain jalur pipa didapatkan nilai sebagaimana pada table 7 berikut dan grafik perbandingan *life time* antara perhitungan manual dan *software* ditunjukkan pada gambar 5 dan gambar 6 berikut

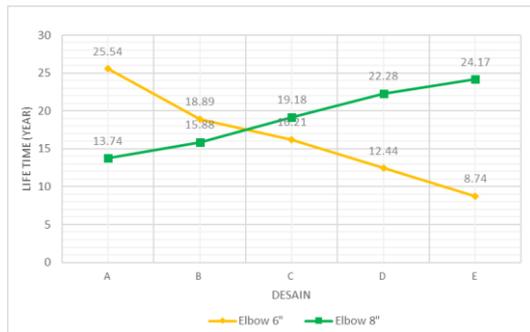


Gambar 5 Grafik hubungan *life time manual dan software pada elbow 6"*



Gambar 6 Grafik hubungan *life time manual dan software pada elbow 8"*

Setelah didapatkan nilai DPM dan *life time* dari *elbow 8"* dan *elbow 6"* beserta tren grafiknya perbandingannya, maka pada tahap ini akan dilakukan analisa penempatan *reducer* yang paling efisien dengan mencari *life time* yang paling rendah dari kedua fitting tersebut yang ditunjukkan oleh gambar 7 berikut



Gambar 7 Grafik untuk menentukan posisi ideal penempatan reducer

Berdasarkan grafik di atas, grafik *life time elbow 6"* dan *elbow 8"* memiliki tren yang saling berlawanan sehingga ketika grafik tersebut disatukan maka akan terjadi titik potong dimana titik potong tersebut berarti titik nilai *life time* paling rendah di antara keduanya terhadap jarak penempatan reducer yang sama. Pada grafik tersebut diketahui bahwa titik potongnya berada diantara desain B dan desain C, titik tersebut sama dengan desain B ditambah dengan setengah dari jarak desain B ke C, atau dengan kata lain bahwa jarak penempatan reducer paling ideal agar mendapatkan nilai *life time* paling rendah dari *elbow 6"* dan *elbow 8"* adalah 710,5 mm dari *elbow 8"* atau *reducer* digeser sejauh 342,5 mm dari desain awal.

4.KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa pada hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil analisa secara keseluruhan baik dengan perhitungan manual maupun simulasi *software* terhadap variasi penempatan *reducer* membuktikan bahwa perubahan penempatan *reducer* berpengaruh terhadap *life time* dari *fitting* pada jalur pipa tersebut.
2. Pada jalur pipa yang di analisa hanya *elbow 6"* dan *elbow 8"* yang mendapat dampak dari perubahan penempatan *reducer* dengan dibuktikan adanya perubahan *life time* yang cukup signifikan, namun bagi pipa 8", pipa 6" dan *reducer* tidak terpengaruh secara signifikan terhadap variasi perubahan penempatan *reducer*.
3. *Output* berupa *lifetime* yang dihasilkan oleh *software ANSYS* jauh lebih akurat dan halus jika dibandingkan dengan perhitungan manual DNV. Penempatan *reducer* yang paling ideal adalah adalah 710,5 mm dari *elbow 8"* atau *reducer* digeser sejauh 342,5 mm dari desain awal.

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 materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Bapak Priyo Agus Setiawan, selaku dosen pembimbing I yang selalu memberi pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan jurnal tugas akhir.
3. Bapak Ekky Nur Budiyanto, selaku dosen pembimbing II yang selalu memberi pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan jurnal tugas akhir.
4. Pembimbing dari PT Weltes Energi Indonesia yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu.
5. Keluarga besar program studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

6.DAFTAR PUSTAKA

- [1] API570. (2016). *Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair and Alteration of Piping System*. Washington: American Petroleum Institute.
- [2] ASME. (2016). *ASME Code for Pressure Piping B31.3*. New York: The American Society of mechanical Engineers.
- [3] ASME. (2016). *B 31.3 Process Piping*. . New York: The American Society of Mechanical Engineering.
- [4] DNVGL-RP-O501. (2015). *Managing sand production and erosion*. USA.
- [5] Mohyaldin, M. E. (2012). Shanghai Section yang berjudul Evaluation of Different Modeling Methods Used for Erosion Prediction. *International Jurnal by NACE*.
- [6] Pratama, Y. (2017). *Analisa pengaruh erosi terhadap life time jalur pipa avtur terminal ISG Tanjung Perak-DPPU Bandara Juanda Pada Line Number PRK-04-10"-#150 – PRK-05-8"-#600*. Surabaya