

Analisa Pengaruh Kecepatan dan Jarak Antara *Blinded Tee* dan *Pipe Bend* Terhadap Laju Erosi Pada Jalur *Rig Standpipe* Dengan Fluida *Water Based Mud*

Reza Allivian Firmanda^{1*}, Priyo Agus Setiawan², Arie Indartono³

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

Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{2,3}

Email: reza.allivian@student.ppns.ac.id^{*}, priyo.as@ppns.ac.id^{2*}, arie.indartono@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - This research focuses on standpipe line, this standpipe is possible for dangerous and and inhibit drilling activities. In this study flowing water based mud type drilling fluid. In addition to the main content in the form of water as a base for mud, it also has a solid content that serves to provide specific gravity and to make mud have a viscosity. Because of the existence of this solid content, if not done good handling it will cause damage to the pump and can also cause erosion on the standpipe line. This study will calculate the erosion rate and lifetime of the existing standpipe using the DNV RP O501 standard and API 570. As well as a Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation which is then varied to find the effect of the erosion rate with the flow velocity and the distance between the blinded tee and pipe bend. Simulation variations include flow velocity of 8.3 m / s, 10.5 m / s, 12.5 m / s and the distance between blinded tee and pipe bend of 0.486 m, 0.957 m, 1,271 m. The results of this study indicate that there is a change due to changes in the speed at which the faster the fluid flow make the greater value of erosion rate and shorter lifetime. While the longer distance between blinded tee and pipe bend results in smaller erosion rate and longer lifetime..

Keyword: Erosion, Lifetime, DPM, Computational Fluid Dynamics (CFD), Standpipe

Nomenclature

\dot{E}_L	= erosion rete (mm/year)
U	= kecepatan fluida (m/s)
\dot{m}_p	= laju massa partikel (kg/s)
D	= diameter pipa (m)
K	= material constant ((m/s) ⁻ⁿ)
U_p	= particle impact velocity (m/s)
ρ_t	= density of target material (kg/m ³)
A_t	= area exposed to erosion (m ²)
G	= particle size correction
C1	= model geometry factor
C_{unit}	= unit konversi faktor
GF	= geometry correction factor
α	= sudut tumbukan (°)
n	= velocity exponent pada tabel 1 (-)
ρ_p	= density dari partikel (kg/m ³)
A_{pipe}	= cross sectional area of pipe (m ²)
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 (-)
T_r	= remant lifetime (years)
T_{acc}	= thickness actual (mm)
T_m	= thickness minimum (mm)

EL = laju aliran mas per satuan luas yang hilang (kg/m²s)

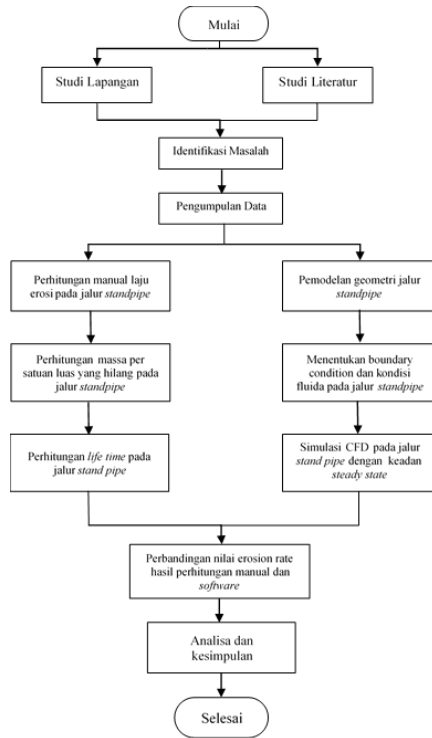
1. PENDAHULUAN

Jalur *standpipe* ini salah satu yang harus diperhatikan dalam kegiatan operasi pengeboran, karena memiliki tekanan yang sangat tinggi dan dimungkinkan terjadi kebocoran yang diakibatkan erosi dari lumpur pengeboran. Erosi ini mengakibatkan permukaan dinding pipa mengalami gesekan atau benturan dengan fluida dan partikel – partikel solid dalam lumpur pengeboran yang dapat merusak dan mengikis dinding pipa. Oleh sebab itu diperlukan perhitungan akan laju erosi dan prediksi *lifetime* standpipe untuk meningkatkan keamanan dan kelancaran proses pengeboran. Sehingga dilakukan analisa untuk mengetahui laju erosi dari jalur standpipe yang diakibatkan perubahan kecepatan aliran dan jarak antara *blinded tee* dan *pipe bend*, dengan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) serta sebagai standard acuan perhitungan manual menggunakan DNVGL RP O501 dalam perhitungan *erosion rate*, dan perhitungan *lifetime* mengacu pada standard API 570.

2. METODOLOGI

2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan perhitungan secara manual dan simulasi penggunaan software ANSYS pada variasi desain dan variasi kecepatan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2 Formula Matematika

Formula yang digunakan dalam perhitungan pada penelitian ini sebagai berikut:

2.2.1 Erosion Rate

Perhitungan erosion rate mengacu pada standard (DNVGL-RP-O501 2015) untuk pipa lurus, pipe bends dan blinded tee :

1. Erosion rate pada pipa lurus

$$\dot{E}_L = 2.5 \times 10^{-5} \times U^{2.6} \times \dot{m}_p \times D^{-2} \quad (1)$$

Keterangan:

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

2. Erosion rate pada pipe bend

$$\dot{E}_L = \frac{\dot{m}_p \cdot K \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C_1 \cdot C_{unit} \cdot GF \cdot \dot{m}_p \quad (2)$$

Keterangan:

- \dot{E}_L = erosion rate (mm/year)
- \dot{m}_p = mass flow of sand (kg/s)
- K = material constant ((m/s)⁻ⁿ)
- U_p = particle impact velocity (m/s)
- ρ_t = density of target material (kg/m³)
- A_t = area oxposed to erosion (m²)

- G = particle size correction
- C1 = model geometry factor
- C_{unit} = unit konversi faktor
- GF = geometry correction factor

3. Erosion rate pada blinded tee

$$\dot{E}_L = \frac{\dot{m}_p \cdot K \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C_1 \cdot GF \cdot \dot{m}_p \cdot C_{unit} \quad (3)$$

Keterangan:

- 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_p = density dari partikel (kg/m³)
- A_{pipe} = cross sectional area of pipe (m²)
- G = the particle size correction (-)
- C1 = model geometry factor (-)
- GF = geometry correction factor
- C_{unit} = unit faktor konversi (-)

2.2.2 Minimum Wall Thickness

Perhitungan minimum wall thickness dilakukan untuk mengetahui besarnya ketebalan minimal komponen perpipaan yang dibutuhkan untuk kondisi operasi dan kondisi kerja. Yang selanjutnya dibutuhkan untuk perhitungan lifetime dari komponen perpipaan. Perhitungan minimal ketebalan komponen perpipaan telah diatur oleh Code dan Standard (ASME B31.3 2016).

1. Menghitung minimum wall thickness pada pipa dan blinded tee menggunakan rumus berikut:

$$T_m = \frac{P \cdot D}{2(SEW + PY)} + CA \quad (4)$$

Keterangan:

- 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 pipe bend menggunakan rumus berikut:

$$I_{intra} = \frac{4 \left(\frac{R_1}{D} \right) - 1}{4 \left(\frac{R_1}{D} \right) - 2} \quad (5)$$

$$I_{extra} = \frac{4 \left(\frac{R_1}{D} \right) + 1}{4 \left(\frac{R_1}{D} \right) + 2} \quad (6)$$

$$t = \frac{PD}{2 \left[\left(\frac{SEW}{I} \right) + PY \right]} \quad (7)$$

2.2.3 Lifetime

Nilai *Lifetime* dari semua komponen perpipaan mengacu pada *Code* dan *Standard* (API-570 2016).

$$Tr = (t_{acc}-t_m)/ EL \tag{8}$$

Keterangan:

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

2.2.3 Laju Aliran Massa Yang Hilang

Nilai aliran masa yang hilang per satuan luas pada material terinstall digunakan untuk mengetahui besar masa yang hilang per satuan luas akibat erosi. Perhitungan laju aliran massa yang hilang mengacu pada *Jurnal International* hasil konferensi *NACE International Conference* yang berjudul *Evaluation of Different Modeling Methods Used for Erosion Prediction* [4].

$$EL \left(\frac{kg}{m^2s} \right) = \frac{EL \left(\frac{mm}{year} \right) \cdot pt \left(\frac{kg}{m^3} \right)}{1000 \left(\frac{mm}{m} \right) \cdot 3600 \left(\frac{s}{hr} \right) \cdot 24 \left(\frac{hr}{day} \right) \cdot 365 \left(\frac{day}{year} \right)} \tag{9}$$

Keterangan:

- EL = *erosion rate* (mm/year)
- EL = laju aliran mas per satuan luas yang hilang (kg/m²s)
- pt = *density of material* (kg/m³)
- Cunit = *unit conversion factor* (m/s ~ mm/year)

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Penelitian

Pada perhitungan dan analisa laju erosi, laju aliran massa yang hilang, dan nilai *Lifetime* yang terjadi pada, dibutuhkan data operasi aliran fluida yang mengalir pada jalur *Rig Standpipe* tersebut. Data tersebut dapat dilihat Tabel 1 berikut:

Tabel 1: Data Operasi Fluida

Parameter	Notasi	Besaran	Satuan
Presssure	Po	2644	psi
Temperature	To	48	°C
Fluid Density	ρ _m	1161.6	kg/m ³
Fluid Viscosity	μ _m	0.0225	kg/ms
Debit	Q _m	0.062	m/s
		0.053	
		0.041	
Fluid Mass Flow	ṁ _m	66.123	kg/s
		61.565	
		51.094	
Solid Particle Mass Flow	ṁ _p	8.985	kg/s
		7.681	
		5.942	
Particle Diameter	D _p	7.00E-05	m

3.2 Variasi Data Penelitian

Terdapat 3 desain variasi jarak antara *blinded tee* dengan *pipe bend* yaitu desain 1, desain 3, dan desain 5. Desain 1 merupakan jarak *blinded tee* dan *pipe bend existing* dengan jarak 0.486 m, desain 2 merupakan jarak pipa *existing* ditambah

3D dengan jarak 0.957 m, dan desain 3 merupakan jarak pipa *existing* ditambah 5D dengan jarak 1.271 m, untuk D merupakan *outside diameter* pipa sebesar 0.157 m. Serta divariasikan dengan 3 kecepatan yaitu 12.5 m/s, 10.5 m/s, dan 8.2 m/s, sehingga didapat total 9 hasil variasi dalam penelitian ini.

Tabel 2: Total Variasi Penelitian

Jarak <i>blinded tee</i> dengan <i>pipe bend</i> (m)	Kecepatan aliran (m/s)
Desain 1	8.3
Desain 1	10.5
Desain 1	12.5
Desain 2	8.3
Desain 2	10.5
Desain 2	12.5
Desain 3	8.3
Desain 3	10.5
Desain 3	12.5

3.3 Perhitungan Erosion Rate

Untuk menghitung nilai *erosion rate* yang terjadi pada jalur *Rig Standpipe*, berdasarkan formula pada DNVGL-RP-O501, setiap komponen memiliki formula tersendiri. Untuk desain 1, desain 2 dan desain 3 dengan besar kecepatan yang sama untuk masing-masing komponen memiliki nilai yang sama dikarenakan dari semua desain memilik jarak *blinded tee* dengan *pipe bend* dibawah 10 *outside diameter* pipa. Dimana untuk nilai *geometry factors* (GF) sebagai nilai jarak mengacu pada *standard* memiliki nilai yang sama sebesar 2. Maka didapatkan hasil perhitungan *erosion rate* setiap komponen pada setiap variasi desain sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 3 berikut:

Tabel 3: Hasil Perhitungan Pengaruh Kecepatan terhadap *Erosion Rate*

Kecepatan (m/s)	Pipe (mm/year)	Pipe Bend (mm/year)	Blinded Tee (mm/year)
8.2	5.720743094	22.78146116	1.563826048
10.5	13.62804614	56.78309296	4.903858477
12.5	25.08552944	107.9521062	10.69704156

3.4 Perhitungan Minimum Wall Thickness

Berdasarkan persamaan dan data desain, didapatkan nilai *minimum wall thickness* seperti pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4: Hasil Perhitungan *Minimum Wall Thickness*

Minimum Wall Thickness (mm)		
Pipa 4"	Pipe Bend 4"	Blinded Tee 4"
4.285014356	4.467129005	4.285014356

3.5 Perhitungan Lifetime

Berdasarkan persamaan dan data desain, didapatkan nilai *lifetime* seperti pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5: Hasil Perhitungan Pengaruh Kecepatan terhadap Lifetime

Kecepatan (m/s)	Pipe (year)	Pipe Bend (year)	Blinded Tee (year)
8.2	6.101872609	1.498274002	21.94296846
10.5	2.561427018	0.601109753	6.997548116
12.5	1.391529155	0.316185318	3.207894954

3.6 Perhitungan Laju Aliran Massa Yang Hilang Per Satuan Luas

Berdasarkan persamaan dan data desain, didapatkan nilai laju aliran massa yang hilang per satuan luas seperti pada Tabel 6 berikut:

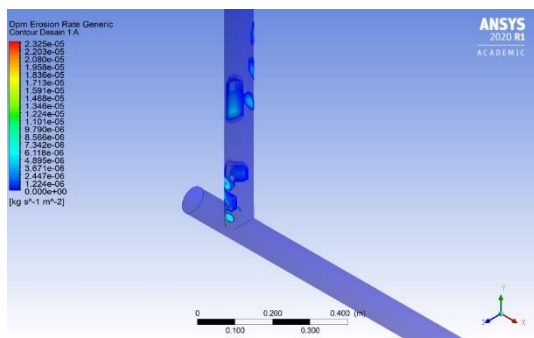
Tabel 6: Hasil Perhitungan Pengaruh Kecepatan terhadap Laju Aliran Massa Yang Hilang Per Satuan Luas

Kecepatan (m/s)	Pipe (kg/m ² s)	Pipe Bend ((kg/m ² s)	Blinded Tee ((kg/m ² s)
8.2	1.41495E-06	5.63468E-06	3.86791E-07
10.5	3.37071E-06	1.40445E-05	1.21290E-06
12.5	6.20456E-06	2.67005E-05	2.64577E-06

3.7 Computational Fluid Dynamic

Pada tahap ini dilakukan pembuatan geometri, *meshing*, dan *running* simulasi *Discrete Phase Model Erosion Rate* menggunakan software ANSYS 2020 R1 dengan variasi jarak dan kecepatan.

Pada hasil *running* dengan desain 1 dengan kecepatan 12 m/s memiliki nilai *mass loss* terbesar yaitu sebesar 4.328E-05 kg/m²s yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan untuk hasil variasi lainnya termuat dalam Tabel 7.



Gambar 2. Running Ansys Desain 1 dengan Kecepatan 12.5 m/s

Tabel 7: Maximum DPM Hasil Running

Kecepatan (m/s)	Desain 1 (kg/m ² s)	Desain 2 (kg/m ² s)	Desain 3 (kg/m ² s)
8.3	2.325E-05	1.569E-05	5.480E-06
10.5	4.035E-05	3.048E-05	1.127E-05
12.5	4.328E-05	3.274E-05	1.804E-05

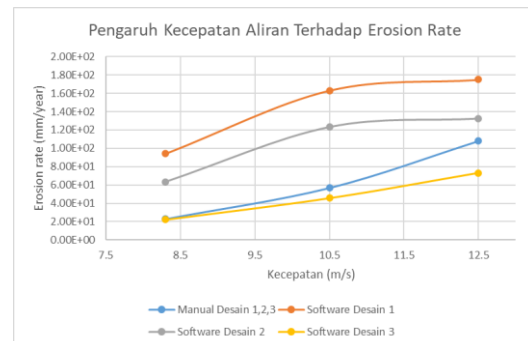
3.7 Pembahasan

Hasil maksimum DPM dalam *mass loss* (kg/m²s) kemudian dikonversi menjadi *erosion rate* (mm/year) dengan rumus *blinded tee* dalam DNV RP O501 sehingga didapatkan nilai *lifetime* komponen *blinded tee* seperti Tabel 8 berikut:

Tabel 8: Erosion Rate dan Lifetime Hasil CFD

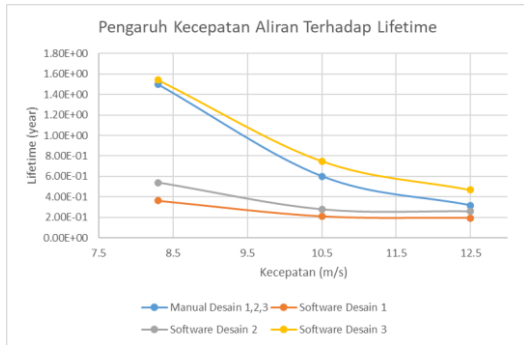
Desain 1		
Kecepatan	Erosion Rate	Lifetime
m/s	mm/ year	year
8.3	9.40E+01	3.63E-01
10.5	1.63E+02	2.09E-01
12.5	1.75E+02	1.95E-01
Desain 2		
Kecepatan	Erosion Rate	Lifetime
m/s	mm/ year	year
8.3	6.34E+01	5.38E-01
10.5	1.23E+02	2.77E-01
12.5	1.32E+02	2.58E-01
Desain 3		
Kecepatan	Erosion Rate	Lifetime
m/s	mm/ year	year
8.3	2.22E+01	1.54E+00
10.5	4.56E+01	7.49E-01
12.5	7.29E+01	4.68E-01

Dari hasil perhitungan manual dan *running ansys* kemudian dibandingkan dengan bentuk grafik untuk memudahkan memahami perubahan *erosion rate* yang terjadi.



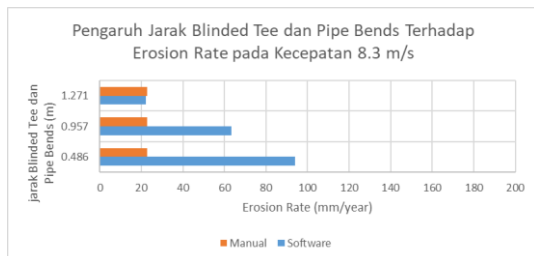
Gambar 3. Pengaruh Kecepatan Aliran terhadap Erosion Rate

Berdasarkan grafik diatas, diketahui semakin tinggi kecepatan aliran semakin besar juga nilai *erosion rate* yang terjadi. Baik untuk desain 1, 2, 3 perhitungan manual maupun menggunakan pemodelan CFD dan maksimum *erosion rate* terbesar dalam perhitungan manual terdapat pada *pipe bends* sementara nilai terbesar untuk *running software* terdapat pada *blinded tee* pada jalur *standpipe* ini.

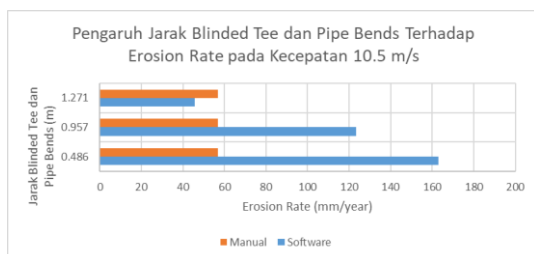


Gambar 4. Pengaruh Kecepatan Aliran terhadap Lifetime

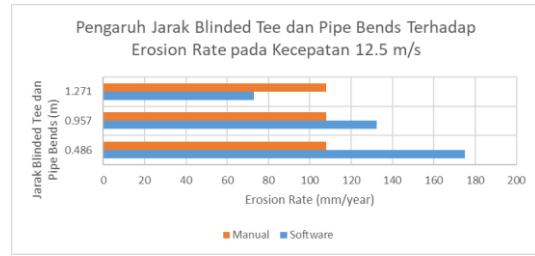
Berdasarkan grafik diatas, diketahui semakin tinggi kecepatan aliran maka semakin kecil nilai *lifetime*. Baik untuk desain 1, 2, 3 perhitungan manual maupun menggunakan pemodelan CFD. Dimana nilai *lifetime* terkecil dalam perhitungan manual terdapat pada *pipe bends* sementara nilai terkecil untuk *running software* terdapat pada *blinded tee* pada jalur *standpipe*. Ini menunjukkan dalam setiap operasi pemboran perlu dilakukan inspeksi komponen *standpipe* terutama pada bagian *blinded tee* dan *pipe bend*.



Gambar 5. Pengaruh Jarak Blinded Tee dan Pipe Bend terhadap Erosion Rate pada Kecepatan 8.3 m/s



Gambar 6. Pengaruh Jarak Blinded Tee dan Pipe Bend terhadap Erosion Rate pada Kecepatan 10.5 m/s



Gambar 7. Pengaruh Jarak Blinded Tee dan Pipe Bend terhadap Erosion Rate pada Kecepatan 12.5 m/s

Berdasarkan 3 grafik pengaruh jarak *blinded tee* terhadap *Pipe Bend*, diketahui ada perubahan nilai *erosion rate* dari ketiga desain dalam satu kecepatan aliran yang sama dalam *running* menggunakan *ansys*. Yang tidak terlihat ada perubahan nilai *erosion rate* apabila hanya melakukan perhitungan manual saja, dikarenakan dalam perhitungan manual jarak dalam perhitungan diwakili nilai *Geometry Factor* (GF) dimana untuk nilai jarak komponen dibawah 10 *Outside Diameter* memiliki nilai GF=2.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perhitungan manual dan *running* menggunakan *software ANSYS 2020 R1 Fluent* adalah sebagai berikut

1. Berdasarkan Tabel 3 hasil perhitungan pengaruh kecepatan terhadap *erosion rate*, nilai laju erosi tertinggi terjadi pada komponen *pipe bend* sebesar 107.952 mm/year pada kecepatan aliran 12.5 m/s. Dan nilai laju erosi terkecil terjadi pada komponen *blinded tee* sebesar 1.564 mm/year pada kecepatan aliran 8.2 m/s.
2. Merujuk pada Tabel 6 hasil pengaruh kecepatan terhadap laju aliran massa yang hilang per satuan luas, perhitungan nilai masa per satuan luas yang hilang tertinggi terjadi pada komponen *pipe bend* sebesar 2.670E-05 kg/m²s pada kecepatan aliran 12.5 m/s. Dan nilai masa per satuan luas yang hilang terkecil terjadi pada komponen *blinded tee* sebesar 3.868E-07 kg/m²s pada kecepatan aliran 8.2 m/s.
3. Berdasarkan simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) didapatkan pengaruh kecepatan aliran terhadap nilai laju erosi, dimana semakin tinggi kecepatan aliran yang melewati *standpipe* maka semakin tinggi nilai laju erosi yang terjadi.
4. Berdasarkan simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) didapatkan pengaruh jarak *blinded tee* dan *pipe bend* terhadap nilai laju erosi, dimana semakin panjang jarak antara *blinded tee* dan *pipe bend*, maka nilai laju erosi yang terjadi semakin kecil
5. Berdasarkan perhitungan nilai *lifetime* merujuk pada Tabel 5, nilai *lifetime* terkecil terjadi pada komponen *pipe bends* sebesar

0.316 year pada kecepatan 12.5 m/s. Sedangkan untuk hasil simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) nilai *lifetime* terkecil terjadi pada komponen *blinded tee* sebesar 0.195 year pada kecepatan 12.5 m/s dengan jarak antara *blinded tee* 0.486 m seperti pada Tabel 8.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam terselesaikannya penelitian ini sebagaiberikut:

1. Ibu yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Bapak Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Arie Indartono, M.MT.. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir.
4. Teman-teman seperjuangan Teknik Perpipaan angkatan 2016 yang telah memberikan motivasi, saling membantu dan berbagi ilmu. senantiasa ada baik suka dan duka, selama penulis menuntut ilmu di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

6. PUSTAKA

- [1] Andreyono, Nikko, Priyo Agus Setiawan, and Ekky Nur Budiyanto. 2018. "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" Vol 3 No 1 (3rd Conference on Piping Engineering and Its Application): 307–12.
- [2] API-570. 2016. *Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*. Washington D. C.: American Petroleum Institute.
- [3] DNVGL-RP-O501. 2015. *Recommended Practice Managing Sand Production and Erosion*. Det Norske Veritas AS.
- [4] Mohyaldin, Mysara Eissa, Noaman Elkhatib, and Mokhtar C H E Ismail. 2011. "Evaluation of Different Modelling Methods Used for Erosion Prediction," no. 11005.
- [5] Pao, William. 2016. "Numerical Analysis of Sand Particles Erosion in Pipeline," no. September.
- [6] Parisher, Roy A, and Robert A Rhea. 2002. *Pipe Drafting and Design Second Edition*. Gulf Professional Publishing.

[7] Wibowo, Bagas Harits, Priyo Agus, and Nopem Ariwiyono. 2019. "Studi Laju Erosi Dan Pengendapan Akibat Fluida Campuran Antara Fly Ash Dan Udara Terhadap Elbow" Vol 4 No 1 (4rd Conference on Piping Engineering and Its Application): 131–34.

[8] Yudhatama, Ido Widya, Mas Irfan P Hidayat, and Wikan Jatimurti. 2018. "Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) Erosi Partikel Pasir Dalam Aliran Fluida Gas Turbulen Pada Elbow Pipa Vertikal – Horizontal" 7 (2)