

Analisa Laju Erosi dan Perhitungan *Lifetime* Terhadap Material *Stainless Steel* 304, 310, dan 321 pada Aliran *Reject 1st Cleaner to 2nd Cleaner OCC Line Voith Unit SP 3-5* di PT. PAKERIN (Pabrik Kertas Indonesia)

Budi Prasajo, Subagio So'im, Endah Wismawati, Arif Muhammad Yunan
Jurusan Teknik Permesinan Kapal
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS)
Surabaya 60111
e-mail : budiprasajo1968@gmail.com

Abstract SP 3-5 merupakan unit di PT. PAKERIN yang beroperasi selama 24 jam. Karena sifat fluidanya erosi maka menyebabkan kebocoran beberapa equipment yang akan mengganggu produktifitas. Pemilihan bahan yang tepat dengan estimasi umurnya akan sangat bermanfaat untuk kelancaran proses produksi.

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan dan analisa baik menggunakan perhitungan manual dan pemodelan menggunakan software ANSYS. Hasil perhitungan untuk menentukan material yang efektif. Beberapa aspek yang harus diperhatikan meliputi diameter pipa, gate valve, reducer, dan elbow, debit aliran yang beroperasi, diameter pasir rata-rata yang terkandung dalam fluida yang mengalir, densitas pasir dan densitas material yang terkandung, harga pasaran pipa, gate valve, reducer, dan elbow baik material stainless steel 304, 310, 321, tekanan pada pompa, desain dan temperatur operasional, densitas campuran dari pasir, air, dan fiber, dan kekentalan campuran. Hasil dari analisa poin-poin di atas digunakan sebagai acuan dalam perhitungan dan pemodelan nilai kecepatan, perhitungan nilai laju erosi, perhitungan nilai lifetime, perhitungan minimal wall thickness.

Nilai kecepatan paling tinggi berdasarkan perhitungan secara manual terjadi pada gate valve terbuka 70% dengan nilai 4,321 m/s dan nilai kecepatan paling tinggi berdasarkan pemodelan menggunakan software ANSYS terjadi pada gate valve terbuka 70% dengan nilai 5,573 m/s. Nilai laju erosi paling tinggi terjadi pada equipment reducer dengan nilai rata-rata 0,29505 mm/year dan nilai laju erosi paling rendah terjadi pada equipment pipa dengan nilai rata-rata 0,004805 mm/year. Nilai lifetime paling pendek terjadi pada equipment reducer dengan nilai rata-rata 28,96 tahun dan nilai lifetime paling lama terjadi pada equipment pipa dengan nilai rata-rata 1077,7 tahun.

Keywords— *Erosion; Velocity; CFD; Minimal wall thickness; Lifetime*

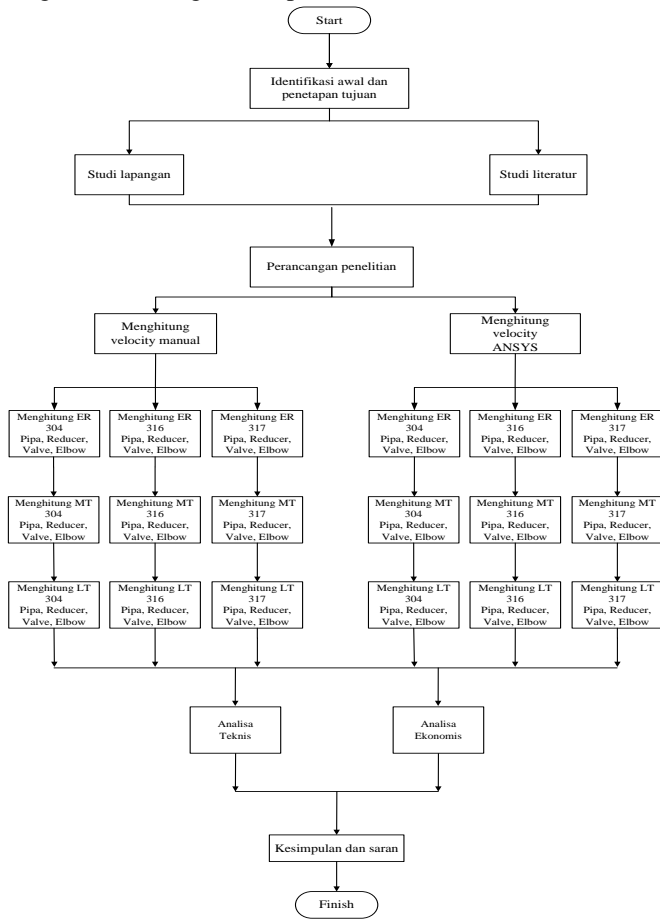
I. PENDAHULUAN

Erosi adalah salah satu masalah penyebab kegagalan material, baik pada *equipment* maupun system perpipaan yang ada di dunia industri, termasuk industry kertas. Untuk proses produksinya, system perpipaan merupakan elemen penting dalam pembuatan kertas. Dalam proses produksinya, bahan dasar kertas yang berupa bubur kertas (*fiber*) yang bercampur, air, dan pasir dialirkan melalui system perpipaan. Keberadaan pasir ini perlu dipisahkan sehingga diperlukan unit perbersih yang disebut unit *cleaner* Pada unit *cleaner line voith* sering terjadi erosi pada *equipment* nya yang terletak pada *reject from H4 tank 1st cleaner to 2nd cleaner* dimana pada line tersebut ada beberapa *equipments* seperti pipa, *gate valve*, *reducer*, *pump*, dan *elbow 90°*. Erosi yang menyebabkan kebocoran pada *equipment* akan membuat kurangnya produksi sampai pengeluaran biaya untuk menangani hal tersebut. Karena itu kajian tentang erosi sangat penting dilakukan khususnya dalam memperkirakan umur *equitment* dalam system perpipaan.

Penelitian tentang erosi sudah pernah dilakukan oleh M. R. Ansari pada tahun 2012, yaitu menghitung laju erosi menggunakan metode *langrangian approximation* dan pemodelan *CFD software ANSYS* dengan objek *pipe bend 90°* Penelitian serupa dilakukan K.Haugen 1995 dengan objek *valve* dan *choke* serta Wildan N 2016 dengan objek pipa, *reducer*

II. METODOLOGI

Untuk melakukan analisa laju erosi yang terjadi pada obyek penelitian, maka tahapan penelitian ditunjukkan dalam diagram alir sebagaimana pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.1 Data Penelitian

Data aliran reject 1st cleaner to 2nd cleaner OCC line voith unit SP 3-5 ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data Operasional Aliran Reject 1st Cleaner to 2nd Cleaner OCC Line Voith

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Design pressure pump	Pd	1	MPa
Operational pressure suction pompa	PoS	0,025	MPa
Operational pressure discharge pompa	PoD	0,29	MPa
Design temperature	Td	190°	C
Operational temperature	To	70°	C
Debit	Q	0,23	m ³ /s
Density mixture	ρ _m	1002,311	kg/m ³
Konsentrasi fiber	-	0,144	%
Konsentrasi Water	-	99,270	%
Konsentrasi Sand	-	0,576	%
Diameter pasir	dp	0,00008	m
Mass flow of sand	m _p	1,044	kg/s
Densitas pasir	ρ _p	1922	kg/m ³
Kekentalancampuran	μ _m	0,424	kg/m.s
Densitas material SS 304	ρ _t	8030	kg/m ³
Densitas material SS 310	ρ _t	7890	kg/m ³
Densitas material SS 430	ρ _t	7920	kg/m ³

Tabel 2. Data Dimensi Equipment yang Digunakan

Equipment	OD (m)	ID (m)	Wall Thickness (m)
Pipa 12"	0,324	0,311	0,006
Gate Valve 12"	0,324	0,311	0,006
Elbow 12"	0,324	0,311	0,006
Reducer 12"x10"	0,273	0,260	0,010

3.2 Perhitungan Kecepatan

A. Perhitungan manual

Kecepatan pada pipa, reducer, valve, dan elbow dihitung menggunakan perhitungan manual. Data kecepatan merupakan nilai pertama yang didapatkan untuk mengetahui laju erosi pada pipa, reducer, valve, dan elbow. Namun sebelum menghitung kecepatan terlebih dahulu dihitung nilai luasan.

o Pipa 12"

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot ID^2$$

Di mana :

ID = Internal diameter, m

$$= 0,311 \text{ m}$$

$$A = 0,250 \cdot 3,140 \cdot (0,311 \text{ m})^2$$

$$= 0,076 \text{ m}^2$$

Selanjutnya mencari kecepatan ::

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

$$V = \frac{Q}{A}$$

Di mana:

Q = Debit, m³/s

= 0,23 m³/s (Dari Tabel 4.1)

A = Luas permukaan, m²

= 0,076 m²

$$V = \frac{0,23 \text{ m}^3/\text{s}}{0,076 \text{ m}^2}$$

= 3,025 m/s

Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan kecepatan apada masing-masing komponen sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.

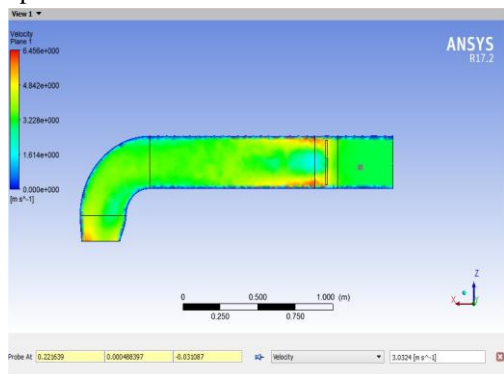
Tabel 3. Data Dimensi *Equipment* yang Digunakan

Material	Nilai Kecepatan (m/s)
Pipa 12"	3,025
Gate Valve 12" (Open 70%)	4,321
Elbow 12"	3,025
Reducer 12" x 10"	4,320

B. Perhitungan dengan software ANSYS

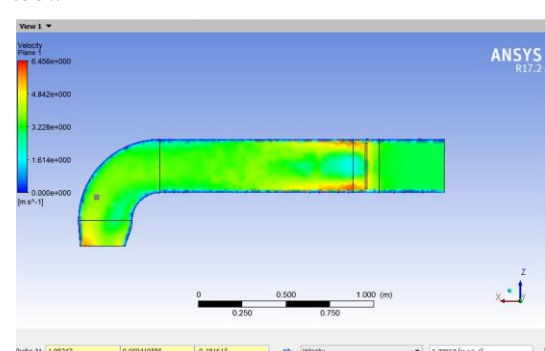
Hasil perhitungan dengan software ANSYS ditunjukkan pada gambar 3~6.

o Pipa 12"



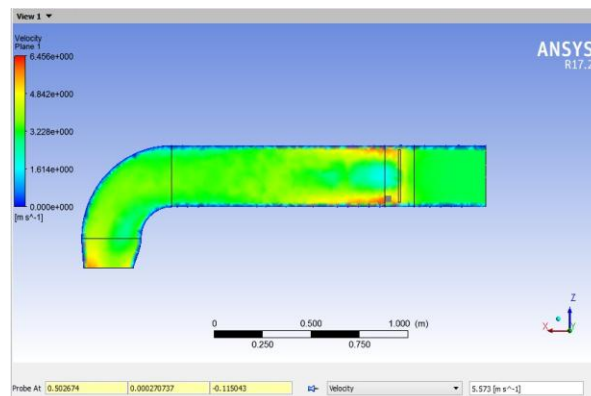
Gambar 2. Pemodelan Kecepatan Pada Pipa 12"

o Elbow 12"



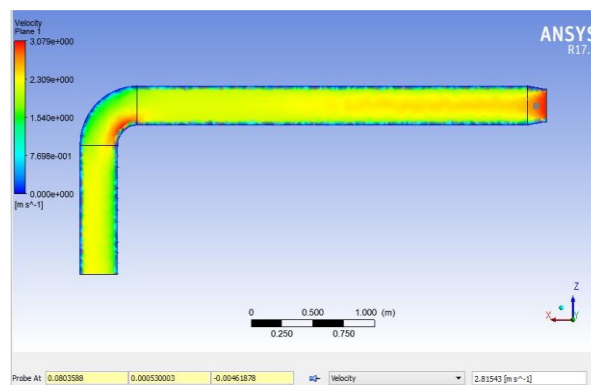
Gambar 3. Pemodelan Kecepatan Pada Elbow 12"

o Gate Valve 12" terbuka 70%



Gambar 4. Pemodelan Kecepatan Pada Gate Valve 12" Terbuka 70%

o Reducer 12"x10"



Gambar 5. Pemodelan Kecepatan Pada Reducer 12"x10"

Hasil perhitungan kecepatan aliran dengan software ANSYS ditunjukkan pada tabel 4

Tabel 4. Data Dimensi *Equipment* yang Digunakan

Material	Nilai Kecepatan (m/s)
Pipa 12"	3,032
Gate Valve 12" (Open 70%)	5,573
Elbow 12"	3,740
Reducer 12" x 10"	2,815

3.3 Perhitungan Erosion Rate

Standar perhitungan untuk menentukan laju erosi pada pipa, valve, elbow, dan reducer mengacu pada standart DNVGL RP 0501. Nilai laju erosi nantinya digunakan untuk menentukan lifetime dari pipa, valve, elbow, dan reducer.

A. Perhitungan manual

o Pipa 12"

$$E_L = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot U_p^{2,6} \cdot ID^{-2} \cdot m_p$$

Di mana :

U_p = Kecepatan *impact* partikel, m/s

$$= 3,025 \text{ m/s}$$

ID = Diameter dalam pipa, m

$$= 0,311 \text{ m}$$

m_p = rate massa dari pasir, kg/s

$$= 1,044 \text{ kg/s}$$

$$E_{LSS304} = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 2,479^{2,6} \cdot 0,311^{-2} \cdot 1,044$$

$$= 0,00479 \text{ mm/year}$$

$$E_{LSS310} = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 2,479^{2,6} \cdot 0,311^{-2} \cdot 1,044$$

$$= 0,00479 \text{ mm/year}$$

$$E_{LSS321} = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 2,479^{2,6} \cdot 0,311^{-2} \cdot 1,044$$

$$= 0,00479 \text{ mm/year}$$

Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan *erosionrate* apada masing-masing material pipa sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 5. Laju Erosi Pipa

Material	Nilai Kecepatan (mm/year)
<i>Stainless Steel 304</i>	0,00479
<i>Stainless Steel 310</i>	0,00479
<i>Stainless Steel 321</i>	0,00479

Tabel 6. Laju Erosi pada *Gate Valve* Terbuka 70%

Material	Nilai Kecepatan (mm/year)
<i>Stainless Steel 304</i>	0,0336
<i>Stainless Steel 310</i>	0,0336
<i>Stainless Steel 321</i>	0,0336

Tabel 7. Laju Erosi pada *Elbow*

Material	Nilai Kecepatan (mm/year)
<i>Stainless Steel 304</i>	0,01293
<i>Stainless Steel 310</i>	0,01316
<i>Stainless Steel 321</i>	0,01311

Tabel 8. Laju Erosi pada *Reducer*

Material	Nilai Kecepatan (mm/year)
<i>Stainless Steel 304</i>	0,2910
<i>Stainless Steel 310</i>	0,2962
<i>Stainless Steel 321</i>	0,2951

B. Perhitungan dengan *software ANSYS*

Adapun hasil perhitungan laju erosi dengan *software ANSYS* ditunjukkan pada gambar 9~12.

Tabel 9. Laju Erosi pada Pipa dengan ANSYS

Material	Nilai Kecepatan (mm/year)
<i>Stainless Steel 304</i>	0,0048215
<i>Stainless Steel 310</i>	0,0048215
<i>Stainless Steel 321</i>	0,0048215

Tabel 10. Laju Erosi pada *Gate Valve* Terbuka 70%

Material	Nilai Kecepatan (mm/year)
<i>Stainless Steel 304</i>	0,0336
<i>Stainless Steel 310</i>	0,0336
<i>Stainless Steel 321</i>	0,0336

<i>Stainless Steel 304</i>	0,0336
<i>Stainless Steel 310</i>	0,0336
<i>Stainless Steel 321</i>	0,0336

Tabel 11. Laju Erosi pada *Elbow* dengan *software ANSYS*

Material	Nilai Kecepatan (mm/year)
<i>Stainless Steel 304</i>	0,02361
<i>Stainless Steel 310</i>	0,02403
<i>Stainless Steel 321</i>	0,02394

Tabel 12. Laju Erosi pada *Reducer* dengan *software ANSYS*

Material	Nilai Kecepatan (mm/year)
<i>Stainless Steel 304</i>	0,2929
<i>Stainless Steel 310</i>	0,2981
<i>Stainless Steel 321</i>	0,2970

3.4 Perhitungan *Minimum Thickness*

Untuk menghitung *minimum thickness*, data operasional yang bekerja pada sistem perpipaan tersebut sebagaimana ditunjukkan pada tabel 12.

Tabel 13. Data Operasional Sistem Perpipaan

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Pressure desain</i>	10,197	kg/cm ²
<i>Pressure operating</i>	2,957	kg/cm ²
<i>Temperature operating</i>	70°	°C
<i>Temperature desain</i>	190°	°C
<i>Efiseinsi Joint</i>	1	ASME B31.3
<i>S(Allowable Stress) (Stainless Steel 304)</i>	1406,139	kg/cm ²
<i>S(Allowable Stress) (Stainless Steel 310)</i>	1406,139	kg/cm ²
<i>S(Allowable Stress) (Stainless Steel 321)</i>	1406,139	kg/cm ²

Sesuai pada ASME B31.3 2014 – *Process Piping*, untuk menghitung nilai *thickness minimum* maka digunakan persamaan sebagai berikut:

- o Pipa 12” (*Stainless Steel 304*)

$$t_{\min} = \frac{P \cdot OD}{2 \cdot (S \cdot E) + P \cdot Y} + CA$$

Di mana:

$$P = \text{Pressure design, kg/cm}^2 = 10,197$$

$$OD = \text{Diameter luar, mm} = 323,85 \text{ mm}$$

$$S = \text{Allowable stress, kg/cm}^2 = 1406,139 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = \text{Efiseinsi Joint} = 1$$

$$Y = \text{Koefesien Y} = 0,4$$

$$CA = \text{corrosion allowance} = 0$$

$$t_{\min} = \frac{10,197 \cdot 323,85}{2 \cdot (1406,139 \cdot 1) + 10,197 \cdot 0,4} + 0 = 1,173 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan *erosionrate* apada masing-masing material pada masing-masing komponen sebagaimana ditunjukkan pada tabel 13

Tabel 14. *Minimum Thickness* Komponen

Equipment	Minimum Thickness (mm)		
	SS 304	SS 310	SS 321
Pipa 12"	1,173	1,173	1,173
Gate Valve 12"	9,9	9,9	9,9
Elbow 12"	1,173	1,173	1,173
Reducer 12"x10"	0,989	0,989	0,989

3.5 Perhitungan *Lifetime*

Data *minimum thickness* tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung *lifetime* tiap komponen pada masing-masing jenis material dengan mengacu API 570..

A. Perhitungan manual

o.Pipa 12" SS 304

$$Lifetime = \frac{Tac - Tm}{Er} = \frac{6,35 - 1,171}{0,00479} = 1081,2063 \text{ year}$$

Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan *erosionrate* apada masing-masing material pada masing-masing komponen sebagaimana ditunjukkan pada tabel 14

Tabel 15. *Lifetime Equipment*

Equipment	Lifetime (year)		
	SS 304	SS 310	SS 321
Pipa 12"	1081,2063	1081,2063	1081,206
Gate Valve 12"	352,641	352,641	352,641

Elbow 12"	400,54	393,56	395,06
Reducer 12"x10"	29,34	28,83	28,94

B. Perhitungan dengan *software ANSYS*

o.Pipa 12" SS 304

$$Lifetime = \frac{Tac - Tm}{Er} = \frac{6,35 - 1,171}{0,004821} = 1074,186 \text{ year}$$

Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan *erosionrate* apada masing-masing material pada masing-masing komponen sebagaimana ditunjukkan pada tabel 15

Tabel 16. *Lifetime Equipment* dengan ANSYS

Equipment	Lifetime (year)		
	SS 304	SS 310	SS 321
Pipa 12"	1081,2063	1081,2063	1081,206
Gate Valve 12"	352,641	352,641	352,641
Elbow 12"	400,54	393,56	395,06
Reducer 12"x10"	29,34	28,83	28,94

IV. KESIMPULAN

Dari analisa data di atas dapat disimpulkan :

1. Dari hasil perhitungan kecepatan secara manual dan pemodelan menggunakan *software ANSYS* didapatkan nilai sebagai berikut:

Tabel 17. Hasil ANSYS

Equipment	Nilai Kecepatan (m/s)	
	Manual	Software
Pipa	3,025	3,032
Gate Valve	4,321	5,573
Elbow	3,025	3,740
Reducer	4,320	2,815

2. Dari hasil perhitungan laju erosi pada material SS 304, SS 310, dan SS 321 dengan didapatkan nilai sebagai berikut:

Tabel 18. Hasil Perhitungan Laju Erosi

Equipment	Laju Korosi (mmpy)					
	SS 304		SS 310		SS 321	
	Software	Manual	Software	Manual	Software	Manual
Pipa	0,00482	0,00479	0,00482	0,00479	0,00482	0,00479
Gate Valve	0,0336	0,01730	0,0336	0,01730	0,0336	0,01730
Elbow	0,02361	0,01293	0,02403	0,01316	0,02394	0,01311
Reducer	0,2929	0,2910	0,2981	0,2962	0,2970	0,2951

3. Dari hasil perhitungan minimum wall thickness didapatkan nilai :

Tabel 19. Hasil Perhitungan Minimum Wall Thickness

Equipment	Minimum Wall Thickness (mm)		
	SS 304	SS 310	SS 321
Pipa	1,173	1,173	1,173
Gate Valve	9,9	9,9	9,9
Elbow	1,173	1,173	1,173
Reducer	0,989	0,989	0,989

4. *Lifetime* pada material SS 304, SS 310, dan SS 321 sebagai berikut:

Tabel 20. Lifetime Material SS 304, SS 310, dan SS 321

Equipment	Laju Korosi (mmpy)					
	SS 304		SS 310		SS 321	
	Software	Manual	Software	Manual	Software	Manual
Pipa	1074,2	1081,2	1074,2	1081,2	1074,2	1081,2
Gate Valve	181,54	352,6	181,54	352,6	181,54	352,6
Elbow	219,32	400,54	215,50	393,56	216,32	395,06
Reducer	29,15	29,34	28,75	28,83	28,75	28,94

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANSYS. (2013). *ANSYS Fluent Tutorial Guide*. U.S.A: ANSYS, Inc.
- [2] API 570. (2016). *Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*. Washington DC: American Petroleum Institute.
- [3] ASME B31.3.(2012). *Process Piping*. USA: The American Society of Mechanical Engineering.
- [4] DNVGL-RP-0501.(2015). *Managing sand production and erosion*.
- [5] Parisher, A. Roy. (2002). *Pipe Drafting and Design*
Ansari.(2012). *Two-Phase Gas/Liquid-Solid Flow Modelling in 90° Bends and Its Effect on Erosion*.
- [6] Haugen.(1995). *Sand Erosion of Wear-Resistant Materials: Erosion in Choke Valves*.
- [7] Wildan.(2016). *Analisis pengaruh perubahan laju aliran*