

ANALISA HUBUNGAN LAJU ALIRAN MASSA PASIR TERHADAP LAJU EROSI PIPA PADA FASILITAS PENGOLAHAN GAS BUMI MENGGUNAKAN INTERPOLASI LAGRANGE

Ni'matut Tamimah
Jurusan Teknik Permesinan Kapal
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
Email : nimatuttamimah@ppns.ac.id

Abstrak. Fenomena erosi yang disebabkan oleh kandungan pasir menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen perpipaan Drain line gas production separator pada Blinded tee 3"×2" dan Reducer 3"×2". Pada penelitian kali ini, dari data yang dianalisa dengan menggunakan interpolasi Lagrange, perubahan laju erosi yang disebabkan oleh laju aliran massa pasir pada Reducer 3"×2" lebih stabil dan lebih linear dengan tingkat kelinearitas sebesar 100% daripada Blinded Tee 3"×2" yang memiliki tingkat kelinearitas sebesar 97,99%. Untuk memprediksi nilai laju erosi dari laju aliran massa pasir yang belum diketahui dengan menggunakan interpolasi lagrange memiliki nilai keakurasian yang sangat tinggi karena memiliki nilai eror yang sangat kecil sebesar 0,37% pada Blinded Tee 3"×2" dan 0% pada Reducer 3"×2".

Kata Kunci : Blinded tee 3"×2", Reducer 3"×2", Laju Erosi, Interpolasi Lagrange, dan Laju Aliran Massa Pasir.

Pada pengolahan gas bumi suatu Perusahaan gas bumi yang tergabung pada K3S (Kontraktor Kontrak Kerjasama) SKK Migas Indonesia, terdapat fasilitas proses separasi gas bumi dengan zat-zat lainnya yang tidak dibutuhkan dalam proses selanjutnya. Adanya kandungan pasir yang terdapat pada sumur gas yang ada membuat proses ini sangat penting, agar pasir tidak masuk ke proses selanjutnya, sehingga dapat merusak komponen-komponen yang ada setelah proses separasi [4].

Pada penelitian ini, akan membahas tentang permasalahan yang ada pada jalur pipa dengan ukuran 3" yang terhubung dengan Gas production separator, atau yang biasa disebut dengan Drain line [5]. Pada jalur pipa tersebut terjadi fenomena erosi yang terjadi pada komponen-komponen perpipaan yang ada yaitu Blinded tee 3"×2", Reducer 3"×2", Elbow 2", dan Ball valve 2".

Kandungan pasir yang terdapat pada aliran dalam sistem perpipaan tersebut menyebabkan erosi pada struktur komponen-komponen tersebut, terutama pada komponen Ball valve [3]. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu penelitian yang berguna untuk mengetahui laju erosi (Erosion rate) yang disebabkan karena adanya laju aliran massa pasir pada komponen-komponen tersebut.

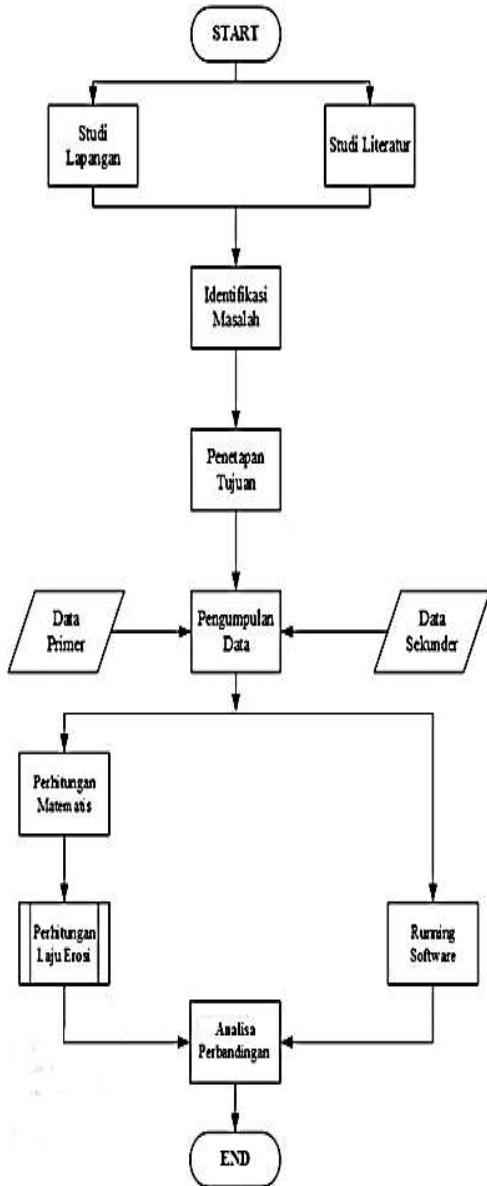
Agar dapat mengetahui sembarang nilai pada laju erosi pipa akibat pengaruh laju aliran massa pasir dalam rentang tertentu, maka dibutuhkan suatu metode interpolasi. Metode interpolasi yang digunakan pada pengukuran ini adalah Interpolasi Lagrange. Interpolasi Lagrange digunakan karena bersifat aplikatif untuk kasus *equispaced* (selisih input pengukuran konstan) maupun *non- equispaced* (selisih input pengukuran tidak konstan). Untuk menghitung Interpolasi Lagrange digunakan program berbasis borland Delphi 7 [1].

Pada penelitian ini akan menggunakan acuan dari DNV (*Det Norske Veritas*) Recommended Practice 0501 [2] dan juga pengolahan data menggunakan Software Delphi 7 pada komponen-komponen tersebut untuk dianalisa menggunakan Interpolasi lagrange [1].

Dengan adanya metode pengukuran ini, diharapkan dapat digunakan untuk pengukuran laju erosi yang disebabkan laju aliran massa pasir dengan biaya yang lebih murah serta adanya kemudahan fabrikasinya, sehingga dapat mempunyai nilai pemanfaatan yang lebih tinggi.

I. Metodologi

Alur pengerjaan penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Perhitungan *Erosion rate* pada setiap komponen yang ada pada *Drain line gas production separator* menggunakan persamaan dari DNVGL RP-0501 *Managing sand production and erosion* 2015 [2]. Dalam hal ini, yang dihitung fenomena erosi yang terjadi pada komponen-komponen perpipaan adalah *Blinded tee 3”×2”* dan *Reducer 3”×2”*. Berikut merupakan persamaan *Erosion rate* :

Erosion Rate pada *Blinded Tee 3”×2”*

$$\dot{E}_L = \frac{\dot{m}_p \cdot K \cdot U_p^{2,6}}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C1 \cdot C_{unit} \cdot GF \cdot \dot{m}_p \dots (1)$$

Dimana :

- \dot{E}_L = *Erosion Rate* (mm/year)
- \dot{m}_p = Laju aliran massa partikel (kg/s)
- K = Konstanta material [(m/s)ⁿ]
- U_p = Kecepatan rata-rata tumbukan partikel (m/s)
- ρ_t = Massa jenis material target(kg/m³)
- A_t = Luasan yang terkena erosi (m²)
- G = *Particle size correction*
- $C1$ = *Model geometry factor*
- C_{unit} = Unit konversi faktor
- GF = *Geometry correction factor*

Perhitungan laju erosi pada *Blinded tee 3” ×2”* menggunakan data dan rumus perhitungan berdasarkan DNV RP-0501. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan tiga variasi laju aliran massa pasir, sehingga didapatkan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

Dimana :

- \dot{E}_L = *Erosion Rate* (mm/year)
- \dot{m}_{p1} = 0,224 (kg/s)
- \dot{m}_{p2} = 0,597 (kg/s)
- \dot{m}_{p3} = 0,789 (kg/s)
- K = 0,000000002 [(m/s)ⁿ]
- U_p = 2,463 (m/s)
- ρ_t = 7833,4 (kg/m³)
- A_t = 0,002163975 (m²)
- G = 9,81069 × 10⁻⁵
- $C1$ = 2,432581994
- C_{unit} = 3,15 × 10¹⁰
- GF = 2

➤ Laju erosi dengan laju aliran massa pasir 0,224 kg/s.

$$\dot{E}_{L1} = \frac{0,224 \frac{kg}{s} \cdot 0,000000002 \cdot 2,463 \frac{m^{2,6}}{s}}{7833,4 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,002163975 m^2} \cdot 9,81069E - 05 \cdot 2,432581994 \cdot 3,15 \cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 0,224 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{E}_{L1} = 0,019265464 \frac{mm}{year}$$

- Laju erosi dengan laju aliran massa pasir 0,597 kg/s.

$$\dot{E}_L 2 = \frac{0,597 \frac{kg}{s} \cdot 0,000000002 \cdot 2,463 \frac{m^{2,6}}{s}}{7833,4 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,002163975 m^2} \cdot 9,81069E-05 \cdot 2,432581994$$

$$\cdot 3,15 \cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 0,597 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{E}_L 2 = 0,136998853 \frac{mm}{year}$$

- Laju erosi dengan laju aliran massa pasir 0,789 kg/s.

$$\dot{E}_L 3 = \frac{0,789 \frac{kg}{s} \cdot 0,000000002 \cdot 2,463 \frac{m^{2,6}}{s}}{7833,4 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,002163975 m^2} \cdot 9,81069E-05 \cdot 2,432581994$$

$$\cdot 3,15 \cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 0,789 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{E}_L 3 = 0,239223762 \frac{mm}{year}$$

Erosion Rate pada Reducer 3”×2”

$$\dot{E}_L = \frac{K \cdot F(\alpha) \cdot U_p^{2,6}}{\rho_t \cdot A_t} \cdot A_r \cdot C_2 \cdot C_{unit} \cdot GF \cdot \dot{m}_p \quad (2)$$

Dimana :

- \dot{E}_L = Erosion Rate (mm/year)
- \dot{m}_p = Laju massa partikel (kg/s)
- K = Konstanta material [(m/s)ⁿ]
- $F(\alpha)$ = *Function Characterising Ductility of The Material*
- α = Sudut tumbukan (°)
- U_p = Kecepatan rata-rata tumbukan partikel (m/s)
- ρ_t = Massa jenis material target(kg/m³)
- A_t = Luasan yang terkena erosi (m²)
- C_2 = *Particle Size Correction Factor*
- C_{unit} = Unit konversi faktor

Perhitungan laju erosi pada *Reducer 3”×2”* menggunakan data dan rumus perhitungan berdasarkan DNV RP-0501. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan tiga variasi laju aliran massa pasir, sehingga didapatkan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

Dimana :

- \dot{E}_L = *Erosion Rate* (mm/year)
- \dot{m}_{p1} = 0,224 (kg/s)
- \dot{m}_{p2} = 0,597 (kg/s)
- \dot{m}_{p3} = 0,789 (kg/s)
- K = 0,000000002 [(m/s)ⁿ]
- U_p = 2,463 (m/s)

- ρ_t = 7833,4 (kg/m³)
- A_r = 0,546382537 (m²)
- A_t = 0,002711904 (m²)
- C_2 = 0,010571096
- C_{unit} = 3,15 × 10¹⁰
- GF = 2
- $F(\alpha)$ = 0,815

- Laju erosi dengan laju aliran massa pasir 0,224 kg/s.

$$\dot{E}_L 1 = \frac{0,000000002 \cdot 0,815 \cdot 2,463 \frac{m^{2,6}}{s}}{7833,4 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,002711904 m^2} \cdot 0,546382537 m^2 \cdot 0,010571096 \cdot 3,15$$

$$\cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 0,224 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{E}_L 1 = 0,065197021 \frac{mm}{year}$$

- Laju erosi dengan laju aliran massa pasir 0,597 kg/s.

$$\dot{E}_L 2 = \frac{0,000000002 \cdot 0,815 \cdot 2,463 \frac{m^{2,6}}{s}}{7833,4 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,002711904 m^2} \cdot 0,546382537 m^2 \cdot 0,010571096 \cdot 3,15$$

$$\cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 0,597 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{E}_L 2 = 0,173858723 \frac{mm}{year}$$

- Laju erosi dengan laju aliran massa pasir 0,789 kg/s.

$$\dot{E}_L 3 = \frac{0,000000002 \cdot 0,815 \cdot 2,463 \frac{m^{2,6}}{s}}{7833,4 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,002711904 m^2} \cdot 0,546382537 m^2 \cdot 0,010571096 \cdot 3,15$$

$$\cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 0,789 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{E}_L 3 = 0,229741884 \frac{mm}{year}$$

Analisa Menggunakan Interpolasi Lagrange

Analisa erosi pada *Drain line gas production separator* dengan Delphi 7, menggunakan metode Interpolasi Lagrange. Dimana pada metode tersebut dimasukkan parameter laju aliran massa pasir sebagai nilai x , sehingga dihasilkan laju erosi sebagai nilai $f(x)$. Setelah itu, dapat digunakan persamaan Interpolasi Lagrange sebagai berikut [1]:

$$f(x_2) = \frac{(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3) \dots (x - x_n)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)(x_0 - x_3) \dots (x_0 - x_n)} \cdot f_0$$

$$+ \frac{(x - x_0)(x - x_2)(x - x_3) \dots (x - x_n)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)(x_1 - x_3) \dots (x_1 - x_n)} \cdot f_1$$

$$+ \dots$$

$$+ \frac{(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2) \dots (x - x_{n-1})}{(x_n - x_1)(x_n - x_2)(x_n - x_3) \dots (x_n - x_{n-1})} \cdot f_n(3)$$

Dimana x adalah nilai sembarang Laju Aliran Massa Pasir dalam rentang 0,224 kg/s sampai 0,789 kg/s, $f(x)$ adalah nilai Laju Erosi (mm/year) yang di timbulkan pada komponen-komponen perpipaan yaitu *Blinded tee 3”x2”* dan *Reducer 3”x2”* pada x tertentu. $x_0, x_1, dan x_2$ adalah nilai hasil pengukuran Laju Aliran Massa Pasir dari ke-0, ke-1, dan ke-2. Sedangkan $f_0, f_1, dan f_2$ adalah nilai hasil Laju Erosi akibat pengaruh Laju Aliran Massa Pasir dari ke-0, ke-1, dan ke-2.

II. Hasil dan Pembahasan
Hasil Perhitungan Erosion Rate

Berikut merupakan hasil *Erosion rate* tiap komponen menggunakan persamaan 1 dan 2 dengan tiga variasi laju aliran massa pasir yang ada :

Tabel 1. Nilai *Erosion Rate* pada *Blinded Tee 3”x2”* Berdasarkan Persamaan 1.

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
0,224	0,019265464
0,597	0,136998853
0,789	0,239223762

Tabel 2. Nilai *Erosion Rate* pada *Reducer 3”x2”* Berdasarkan Persamaan 2.

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
0,224	0,065197021
0,597	0,173858723
0,789	0,229741884

Hasil Running menggunakan Delphi 7 untuk Interpolasi Lagrange

Berikut ini merupakan hasil dari Interpolasi Lagrange untuk Nilai *Erosion rate* pada *Blinded tee 3”x2”* :

Tabel 3. Nilai *Erosion Rate* pada *Blinded Tee 3”x2”* Berdasarkan Persamaan 3.

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
0,224	0,019265464
0,280	0,030130070
0,336	0,043401151
0,392	0,059078707
0,448	0,077162739
0,504	0,097653246
0,560	0,120550228
0,597	0,136998853
0,616	0,145853685
0,672	0,173563618
0,728	0,203680026
0,784	0,236202909
0,789	0,239223762

Sedangkan hasil dari Interpolasi Lagrange untuk Nilai *Erosion Rate* pada *Reducer 3”x2”* :

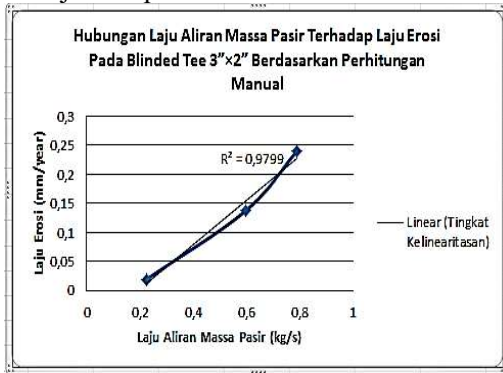
Tabel 4. Nilai *Erosion Rate* pada *Reducer 3”x2”* Berdasarkan Persamaan 3.

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
0,224	0,065197021
0,280	0,081519015
0,336	0,097838121
0,392	0,11415434
0,448	0,130467671
0,504	0,146778115
0,560	0,163085672
0,597	0,173858723
0,616	0,179390341
0,672	0,195692122
0,728	0,211991017
0,784	0,228287024
0,789	0,229741884

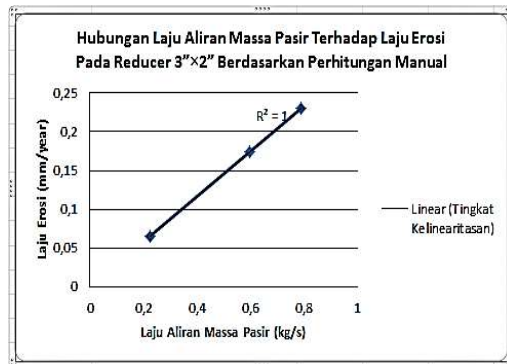
Untuk data yang dicetak tebal menunjukkan data hasil perhitungan manual dari data lapangan dengan menggunakan persamaan 1 dan 2, sedangkan untuk data yang dicetak miring menunjukkan sebagai data hasil penghitungan dengan menggunakan metode Interpolasi Lagrange berdasarkan persamaan 3.

Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan Running menggunakan Delphi 7, didapatkan hasil perbandingan tingkat kelinearitasan yang berbeda. Untuk perhitungan manual, nilai laju erosi yang disebabkan oleh adanya variasi laju aliran massa pasir pada *Blinded Tee 3”x2”* ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan Untuk perhitungan manual, nilai laju erosi yang disebabkan oleh adanya variasi laju aliran massa pasir pada *Reducer 3”x2”* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Hubungan Nilai Laju Erosi yang Disebabkan oleh Adanya Variasi Laju Aliran Massa Pasir pada *Blinded Tee 3”x2”* dengan Perhitungan Manual

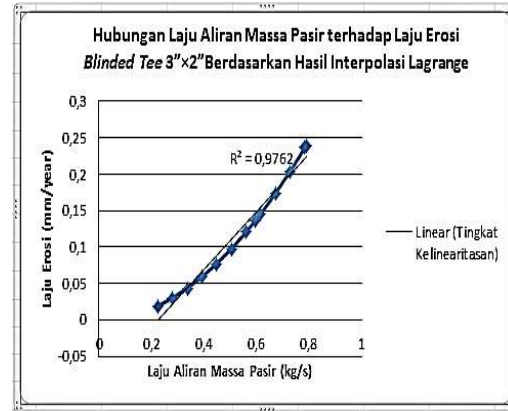


Gambar 2. Hubungan Nilai Laju Erosi yang Disebabkan oleh Adanya Variasi Laju Aliran Massa Pasir pada *Reducer 3”x2”* dengan Perhitungan Manual

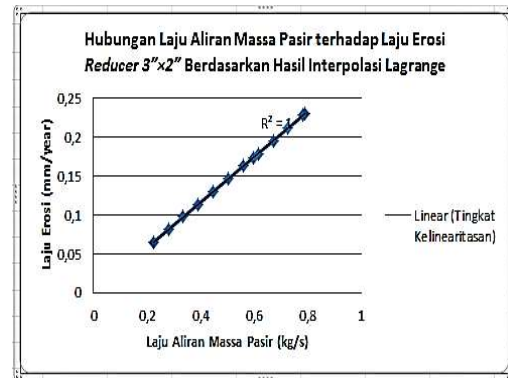
Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2, dapat dikatakan bahwa perubahan laju erosi yang disebabkan oleh adanya variasi laju aliran massa pasir pada *Reducer 3”x2”* lebih linear daripada *Blinded Tee 3”x2”*. Hal ini dikarenakan luasan pipa yang terkena erosi pada *Reducer 3”x2”* lebih besar daripada luasan pipa yang ada pada *Blinded Tee 3”x2”*, sehingga perubahan laju erosi pada *Reducer 3”x2”* lebih stabil dan lebih linear

daripada *Blinded Tee 3”x2”*. Selain itu, bentuk *Blinded Tee 3”x2”* yang terdapat lekukan yang membentuk sudut sebesar 90° menyebabkan laju erosi yang disebabkan oleh aliran massa pasir menjadi tidak stabil.

Sedangkan hasil interpolasi lagrange yang menggunakan *Software Delphi 7* dapat ditunjukkan pada Gambar 3 untuk *Blinded Tee 3”x2”* dan Gambar 4 untuk *Reducer 3”x2”*.



Gambar 3. Hubungan Nilai Laju Erosi yang Disebabkan oleh Adanya Variasi Laju Aliran Massa Pasir pada *Blinded Tee 3”x2”* Berdasarkan Hasil Interpolasi Lagrange.



Gambar 4. Hubungan Nilai Laju Erosi yang Disebabkan oleh Adanya Variasi Laju Aliran Massa Pasir pada *Reducer 3”x2”* Berdasarkan Hasil Interpolasi Lagrange.

Berdasarkan pada Gambar 3, menunjukkan bahwa tingkat kelinearitasan hasil interpolasi lagrange pada *Blinded Tee 3”x2”* sebesar 0,9762. Apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan manual yang terdapat pada Gambar 1 sebesar 0,9799, maka selisih tingkat kelinearitasan sebesar 0,0037 atau 0,37%. Sedangkan pada Gambar 4 perbandingan tingkat kelinearitasan hasil interpolasi lagrange pada *Reducer 3”x2”* sebesar 1, sehingga memiliki nilai yang sama

dengan hasil perhitungan manual pada Gambar 2.

Berdasarkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa untuk memprediksi nilai laju erosi dari variasi laju aliran massa yang belum diketahui dengan menggunakan interpolasi lagrange dapat memiliki nilai keakurasian yang sangat tinggi. Hal ini dapat dibuktikan berdasarkan nilai *error* yang sangat kecil yaitu sebesar 0,37% pada *Blinded Tee 3"×2"* dan 0% pada *Reducer 3"×2"*.

III. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perhitungan manual dan *Running* menggunakan *Software Delphi 7* untuk interpolasi lagrange adalah sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini, perubahan laju erosi yang disebabkan oleh laju aliran massa pasir pada *Reducer 3"×2"* lebih stabil dan lebih linear dengan tingkat kelinearitas sebesar 100% daripada *Blinded Tee 3"×2"* yang memiliki tingkat kelinearitas sebesar 97,99%.
2. Untuk memprediksi nilai laju erosi dari laju aliran massa pasir yang belum diketahui dengan menggunakan interpolasi lagrange memiliki nilai keakurasian yang sangat tinggi karena memiliki nilai *error* yang sangat kecil sebesar 0,37% pada *Blinded Tee 3"×2"* dan 0% pada *Reducer 3"×2"*.

Daftar Pustaka

- [1]. Chitami P. S., Aslam. (2016). *Rancang Bangun Sensor Strain Menggunakan Metode Interpolasi Lagrange Berbasis Serat Optik Berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode) Dan OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)*. ITN Malang. ISSN : 2085-4218
- [2]. DNV GL. (2015). *Managing sand production and erosion*. Recommended Practice 0501. NO-1322 Høvik, Norway.
- [3]. Pratama, Y. (2017). *Analisa Pengaruh Erosi Terhadap Lifetime Jalur Pipa Avtur Terminal Isg Tanjung Perak – Dppu*. Proceeding 3 rd Conference of Piping Engineering and its Application. Program Studi D4 Teknik Perpipaan – Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

- [4] Kang, R. And Liu, H. (2019) *A probability model of predicting the sand erosion in elbows for annular flow*. January 2019. Wear 422-423:167-179. Doi: 10.1016/J. Wear.2019.01.059.
- [5] Sivalls, R. (1987) *'Oil And Gas Separation Design Manual*. Sivalls, inc. box 2792 Odessa, Texas 79760. Revised February 10, 2009.