

## STUDI NUMERIK LAJU EROSI PADA *STATIC ORIFICE PULVERIZED BOILER* MENGGUNAKAN CFD

Aulia Andira Falih<sup>1</sup>, Setyo Nugroho<sup>1</sup>, dan Arrad Ghani Safitra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sistem Pembangkit Energi, PENS, Jalan Raya ITS Sukolilo, Surabaya, 60111  
E-mail: falihayadira@gmail.com

### Abstract

*Orifice is a component with flat plat shape and has a characteristic to inhibit fluids flow by increasing its flow area so the boiler combustion become stable and balance. Because of the orifice's characteristic, making orifice has a big pressure on its surface and become susceptible with erosion. If erosion occurs continuously, it will reduce the orifice's surfaces and the combustion in boiler becomes unstable or unbalance. In this research, the numerical study is to know the erosion rate occurs in one of the orifice line A-1 PT. PJB UP Paiton. Numerical study in this research is using a simulation in Computational Fluid Dynamics (CFD). The method used is k-ε Standart. The fluid setting is air with medium rank coal injection . The mean size of coal injection is 200 mesh, the maximum is 170 mesh, and the minimum is 230 mesh. Various fluid's flow rate used in this simulation are the coal flow through 1 mill, 40 ton/hr, 45 ton/hr, 50 ton/hr, and 55 ton/hr. The result of this final project is when the coal flow is increased, the erosion rate will increased and the lifetime will decreased.*

**Keywords:** *erosion rate, CFD, lifetime, orifice*

### Abstrak

Pada PLTU, *orifice* merupakan komponen berupa plat datar dan memiliki sifat menghambat aliran fluida dengan mengurangi luasan yang dilewati fluida sehingga pembakaran di *boiler* menjadi stabil dan seimbang. Karena sifatnya yang menghambat fluida, menyebabkan *orifice* memiliki luasan mempunyai tekanan besar dan rentan akan erosi. Jika erosi terjadi terus menerus akan menyebabkan ketidakseimbangan pembakaran di *boiler*. Pada penelitian ini, dilakukan studi numerik untuk memprediksi laju erosi yang terjadi pada salah satu *orifice pulverized boiler line A-1 PT.PJB UP Paiton*. Studi numerik yang dilakukan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Metode yang digunakan adalah pemodelan turbulensi *k-ε Standart* dengan jenis fluida berupa udara dan injeksi partikel berupa batu bara kalori menengah dengan ukuran rata-rata 200 mesh, ukuran minimal 230 mesh, dan ukuran maksimal 170 mesh. Laju injeksi batu bara pada 1 *pulverizer* divariasikan dengan nilai 40 ton/hr, 45 ton/hr, 50 ton/hr, dan 55 ton/hr. Hasil yang didapatkan yaitu pada operasi dengan laju batu bara yang meningkat, akan menyebabkan laju erosi juga meningkat dan *lifetime* atau umur *orifice* akan berkurang.

**Kata Kunci:** *laju erosi, CFD, lifetime, orifice*

## PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu pembangkit listrik di Indonesia. PLTU merupakan pembangkit yang memanfaatkan uap panas untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik. Uap panas tersebut dihasilkan melalui proses

pemanasan air oleh uap hasil pembakaran yang didapatkan melalui proses pembakaran batu bara pada *boiler*.

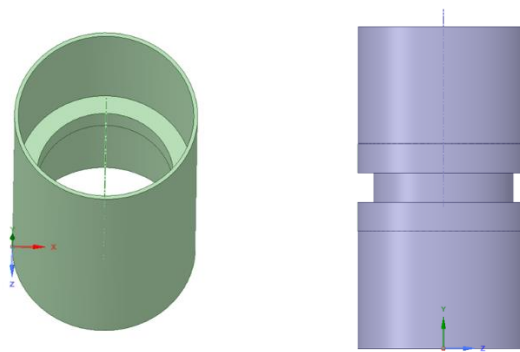
*Boiler* yang berada pada PT.PJB UP Paiton merupakan *boiler* tipe tangensial. Dimana *coal pipe* yang menuju *boiler* berada pada 4 sisi *boiler*. Pada 1 *mill*, terdapat 4 *coal pipe* yang menuju ke 4 sisi *boiler*[1]. Antara *coal pipe* tersebut memiliki panjang maupun belokan yang berbeda-beda. Sehingga akan menyebabkan laju aliran batu bara yang masuk ke *boiler* tidak seimbang. Ketidakeimbangan ini akan berakibat dengan tidak terjadinya pembakaran yang sempurna, salah satunya terbentuknya *fire ball* yang tidak tepat di tengah-tengah *boiler*. Apabila *fire ball* tidak tepat berada di tengah, pemanasan pada *boiler* tidak merata. Untuk mengatasi hal tersebut, dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satunya yaitu dengan menggunakan *orifice*.

*Orifice* merupakan pelat datar yang digunakan untuk menghambat aliran dengan pengecilan permukaan yang dilalui fluida. Pada PT.PJB UP Paiton, *orifice* yang digunakan adalah jenis *static orifice*. Dimana jenis ini bersifat tetap dan tidak dapat diatur diameternya. *Orifice* jenis ini rentan akan erosi karena sifatnya yang menghambat aliran sehingga tekanan pada *orifice* ini cenderung besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi laju erosi pada *orifice pulverized boiler* pada PT.PJB UP Paiton dengan menggunakan analisa numerik untuk mengetahui *life time* atau umur dari *orifice*[5].

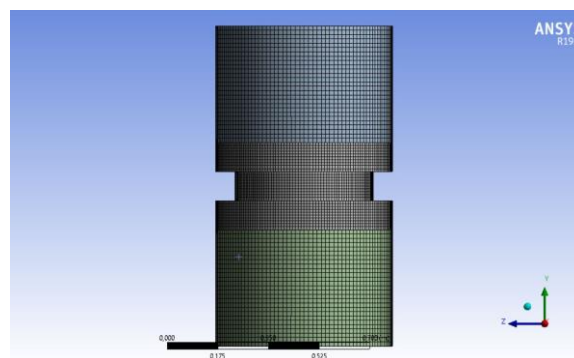
## METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah studi numerik dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk memprediksi laju erosi pada salah satu *static orifice* yang terdapat pada PT. PJB UP Paiton. *Orifice* yang digunakan adalah *orifice CO-5 line A1 unit 2* seperti pada Gambar 1 dengan nilai diameter sebesar 476,25 mm. Pipa bahan bakar berukuran 610 mm dengan ketebalan 13 mm.

Tahap pertama dari studi numerik yang dilakukan adalah melakukan penggambaran geometri *orifice CO-5*. Kemudian dilakukan proses *meshing* dengan nilai *element size* yang berbeda untuk mendapatkan *element size* yang tepat atau lebih akurat dengan jumlah elemen yang lebih sedikit untuk digunakan dalam proses penelitian. Proses ini juga disebut dengan *grid independent study*. Dari simulasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil *grid independent study* seperti ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Hasil penggambaran geometri *static orifice* CO-5 line A-1 unit 2 PT.PJB UP Paiton



Gambar 2. Hasil *meshing*

Tabel 1  
 Hasil *grid independent study*

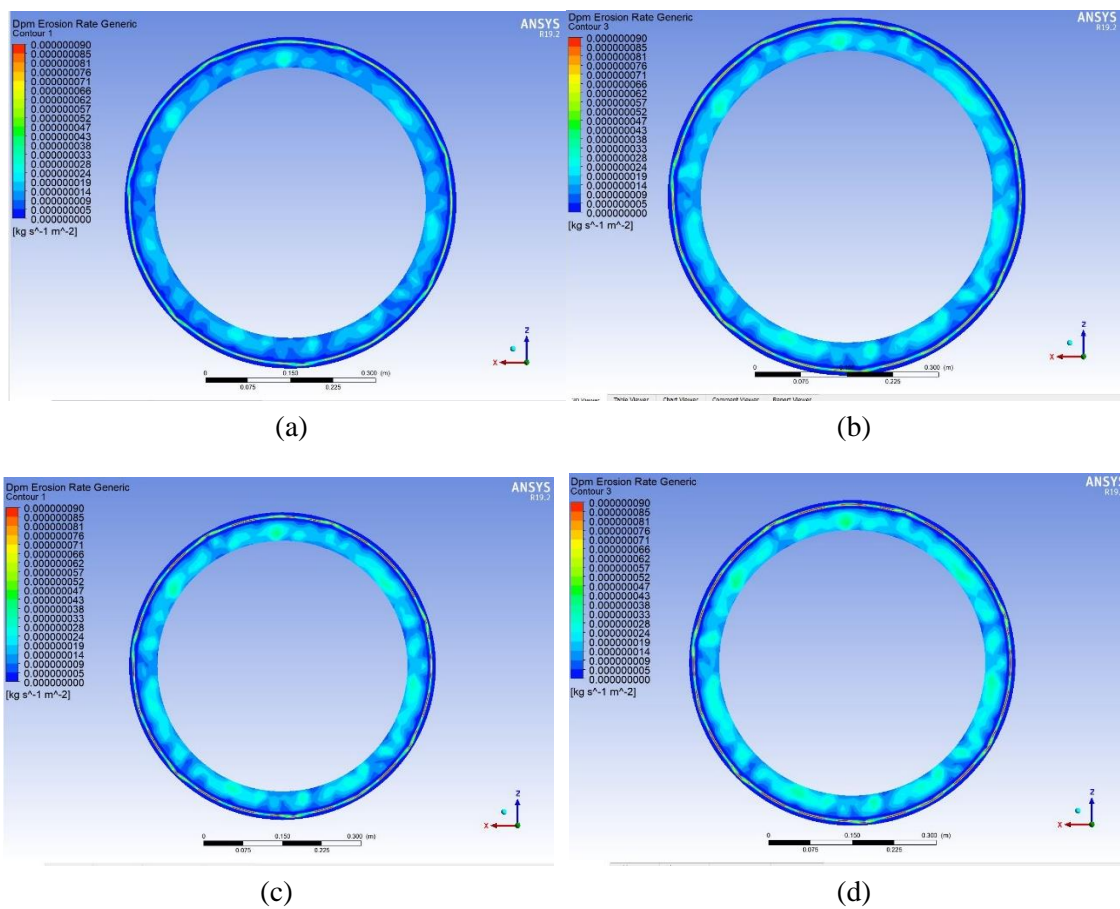
Variasi	1	2	3	4	5
Wall Element Size (m)	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Orifice Element Size (m)	0,008	0,0085	0,009	0,010	0,011
Skewness	7,75E-02	8,34E-03	7,96E-02	0,082406	8,33E-02
Number of Elements	348271	319092	294444	240702	211257
Outlet velocity (m/s)	30,77	30,78	30,77	30,78	30,78
Maximum Erosion Rate (kg/m <sup>2</sup> .s)	1,3297E-07	1,36E-07	1,168E-07	1,0624E-07	9,67E-08
Error (%)	1,504%	1,472%	1,504%	1,472%	1,472%

Setelah melakukan proses *meshing*, maka selanjutnya yaitu melakukan *processing* dengan menggunakan *fluent*. Pemodelan yang digunakan adalah *viscous k-ε standart*. Jenis fluida yang mengalir adalah udara dan jenis injeksi partikel adalah batu bara berkalori rendah dengan ukuran rata-rata 200 mesh, ukuran minimum 230 mesh, dan ukuran maksimumnya adalah 170 mesh. Laju injeksi batu bara dalam 1 *mill* atau *pulverizer* divariasikan dengan nilai 40 ton/jam, 45 ton/jam, 50 ton/jam, dan 55 ton/jam.

Dalam 1 mill atau pulverizer terdapat 4 pipa bahan bakar yang salah satunya digunakan dalam penelitian ini. Pada proses *postprocessing*, dilakukan pengambilan data yang diambil berupa kontur tekanan, *streamline* kecepatan, besar laju erosi maksimum.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

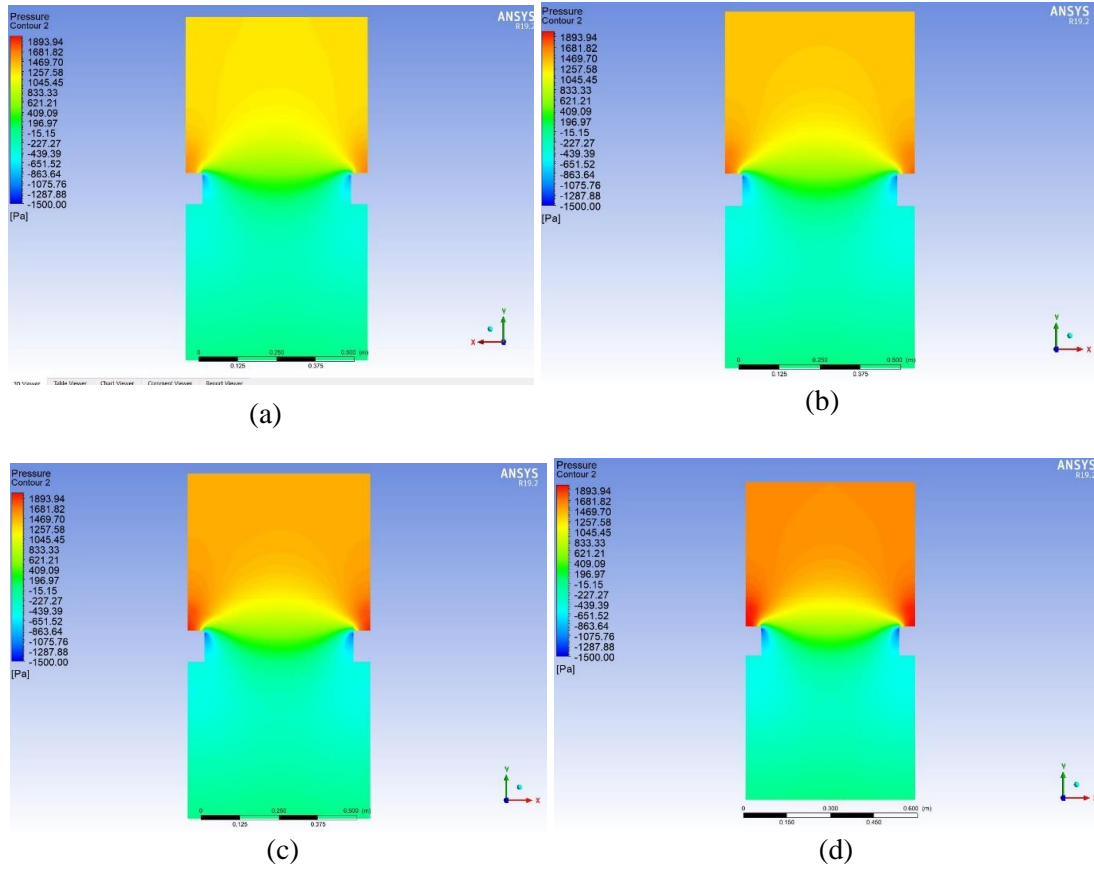
Hasil studi numerik untuk mengetahui laju erosi pada *static orifice* CO-5 line A-1 Unit 2 PT. PJB UP Patiton adalah mendapatkan nilai maksimum laju erosi dalam  $\text{kg}/\text{m}^2.\text{s}$  untuk kemudian dikonversi menjadi  $\text{mm}/\text{year}$ . Selain itu, didapatkan pula kontur tekanan pada sumbu x-y dan *streamline* kecepatannya.



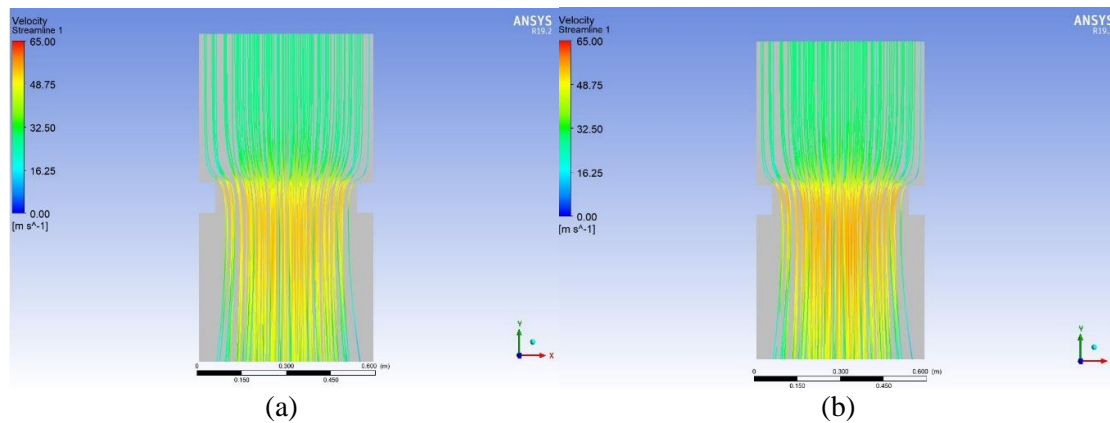
Gambar 3. *Erosion rate contour* pada variasi *coal flow* (a) 40 ton/hr (b) 45 ton/hr (c) 50 ton/hr (d) 55 ton/hr

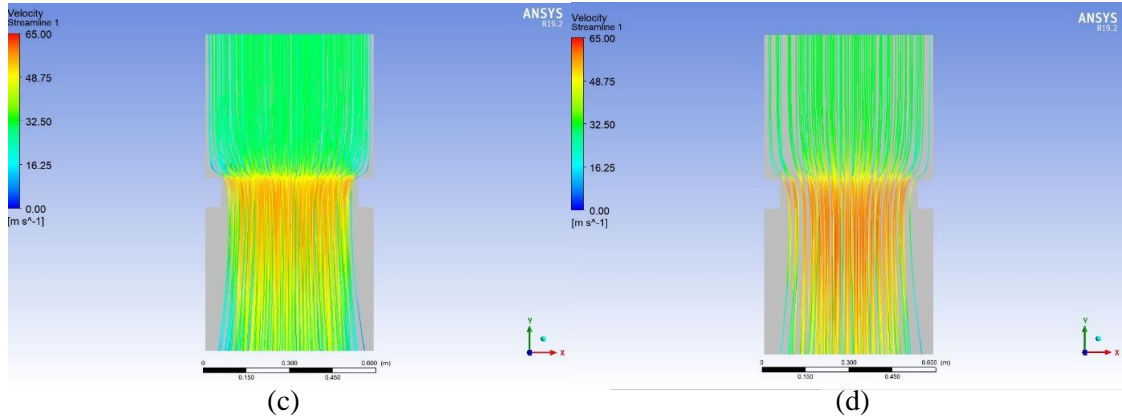
Besarnya tekanan ketika membesarnya *coal flow* disebabkan karena ketika *flow* fluida semakin cepat, maka kecepatannya akan semakin besar, tetapi tekanannya akan semakin kecil[3]. Hal ini bisa dilihat pada hukum bernoulli. Berdasarkan persamaan bernoulli, tekanan memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan kecepatan. Hal ini juga dapat dilihat berdasarkan hasil kontur tekanan dan *streamline* kecepatan pada

Gambar 4 dan Gambar 5. Ketika kecepatan pada *orifice* kecil, maka tekanannya besar. Dan mengakibatkan erosi sesuai dengan Gambar 3.



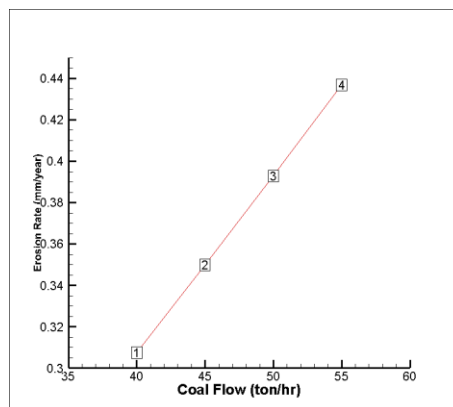
Gambar 4. *Pressure countour* pada x-y plane pada variasi *coal flow* (a) 40 ton/hr (b) 45 ton/hr (c) 50 ton/hr (d) 55 ton/hr





Gambar 5. Velocity streamlines pada x-y plane pada variasi coal flow (a) 40 ton/hr (b) 45 ton/hr (c) 50 ton/hr (d) 55 ton/hr

Studi numerik yang dilakukan pada *static orifice pulverized boiler* PT. PJB UP Paiton menghasilkan bahwa *coal flow* berpengaruh terhadap laju erosi yang terjadi. Hal ini dapat dilihat berdasarkan grafik pada Gambar 6 dan Tabel 2.



Gambar 6. Grafik pengaruh *coal flow* terhadap laju erosi

Tabel 2  
 Perbandingan *coal flow* dengan *erosion rate*

Coal Flow (ton/hr)	40	45	50	55
Erosion Rate (mm/year)	0,307	0,349	0,392	0,436

Berdasarkan gambar dan tabel tersebut, nilai laju erosi akan berubah seiring dengan perubahan *coal flow*. Semakin besar *coal flow*, maka akan semakin besar pula laju erosi yang terjadi. Hal ini dapat disebabkan karena tekanan yang didapatkan *orifice* untuk menahan laju bahan bakar semakin besar. Apabila melihat pada Tabel 3, dapat dilihat nilai *maximum* tekanan statis pada *orifice* yang didapatkan lebih semakin besar dengan semakin besarnya *coal flow*. Pada saat *coal flow* sebesar 40 ton/hr, tekanan

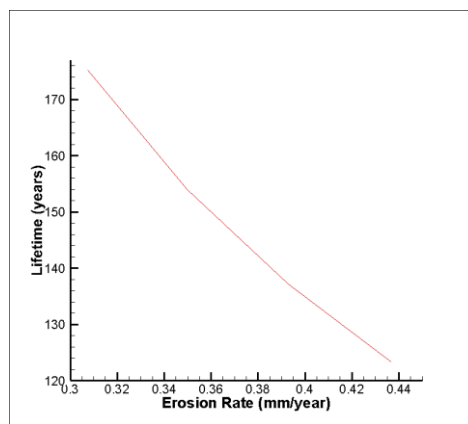
maksimumnya adalah 1629,075 Pa. Sedangkan saat *coal flow* sebesar 45 ton/hr, 50 ton/hr, dan 55 ton/hr, tekanan maksimumnya secara berurutan 1763,08 Pa, 1917,738 Pa, dan 2068,594 Pa.

Laju erosi dan *lifetime* memiliki hubungan yang berbanding terbalik[5]. Semakin besar laju erosi maka akan semakin kecil umur dari *orifice* karena akan terkikis sedikit demi sedikit. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik pada Gambar 7. Dari hasil laju erosi dalam mm/year, dapat dihitung usia atau *lifetime* dari *orifice* yang telah disimulasikan. Perhitungan *lifetime orifice* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Lifetime \text{ (year)} = \text{orifice thickness (mm)} \times \text{erosion rate}^{-1} \text{ (mm/year)}$$

Tabel 3  
 Tabel perhitungan *lifetime* berdasarkan laju erosi

<i>Coal flow</i> (ton/hr)	<i>Erosion Rate</i> (mm/year)	<i>Lifetime</i> (years)
40	0,307	175
45	0,349	154
50	0,392	137
55	0,436	123



Gambar 7. Pengaruh laju erosi terhadap *lifetime orifice*

## SIMPULAN

Hasil yang didapatkan yaitu pada operasi PT.PJB UP Paiton dengan laju batu bara 40 ton/hr laju erosi pada *orifice* CO-5 line A-1 adalah sebesar 0,307 mm/year. Sedangkan pada laju batu bara 45 ton/hr, 50 ton/hr, dan 55 ton/hr berturut-turut adalah 0,349 mm/year, 0,392 mm/year, dan 0,436 mm/year. Sehingga, laju erosi memiliki nilai yang berbanding lurus dengan laju fluida atau partikel. Selain itu, laju erosi memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan *lifetime* atau umur *orifice*. Umur *orifice* pada saat pengoperasian dengan laju 40 ton/hr adalah 175 tahun dan untuk umur *orifice*

dengan 45 ton/hr, 50 ton/hr, dan 55 ton/hr berturut-turut yaitu 154 tahun, 137 tahun, 123 tahun. Nilai laju erosi dipengaruhi oleh laju fluida atau partikel bahan bakar. Semakin besar laju fluida dan partikel bahan bakar, semakin besar tekanan statis yang diterima *orifice*.

Tabel 4  
Perbandingan *coal flow*, tekanan statis, *erosion rate*, dan *lifetime orifice*

Coal Flow (ton/hr)	Tekanan Statis (Pa)	Erosion rate (mm/year)	Lifetime (years)
40	1629,075	0,307	175,2
45	1763,08	0,349	154,0
50	1917,738	0,392	137,1
55	2068,594	0,436	123,3

Hasil penelitian yang didapatkan, dapat digunakan sebagai pertimbangan waktu penggantian *orifice* PT. PJB UP Paiton. Selain itu, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian yang lebih lanjut. Pada penelitian lebih lanjut, dapat dilakukan analisis dampak erosi *orifice* terhadap pembakaran *boiler*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abhinash, K., & Kishore, P. S. (2018). performance of a Tangentially Fired Boiler in a thermal power plant, M. *Tech Thesis, Andhra University*.
- Hermanto, D. (2014). *Analisis CFD Hambatan Viskos Katamaran Tak Sejajar (Staggered) Dengan Variasi Penempatan Posisi Demihull Secara Memanjang Dan Melintang* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Fox, R. W., McDonald, A. T., & Pritchard, P. J. (2003). *Introduction to Fluid Dynamics*. Hoboken.
- Kannojiya, V., Deshwal, M., & Deshwal, D. (2018). Numerical analysis of solid particle erosion in pipe elbow. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 5021-5030.
- Krisnanda, L. R., Santoso, A., & Nugroho, T. F. (2020). Analisa Laju Erosi pada Elbow Pipa Karena Partikel Pasir Dalam Aliran Fluida Gas Menggunakan Simulasi CFD. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), B57-B62.
- Ionescu, D. (2015). The position of the maximum erosion points in coal powder pneumatic transport installations, function of the bend radius/pipe diameter ratio. *Renewable Energy & Power Quality Journal*, ISSN, 2172-038.
- Singh, J., Kumar, S., Singh, J. P., Kumar, P., & Mohapatra, S. K. (2019). CFD modeling of erosion wear in pipe bend for the flow of bottom ash suspension. *Particulate Science and Technology*, 37(3), 275-285.