

## PENGARUH KONSENTRASI SILIKON OKSIDA ( $\text{SiO}_2$ ) DAN ALUMINA ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) TERHADAP LAJU ABRASI DAN EROSI PADA SUDU GERAK TURBIN AIR

Muhammad Afifuddin<sup>1)</sup>, Rahmat Hidayat Bahtiar<sup>2)</sup>, Firman<sup>3)</sup>, Sri Suwasti<sup>4)</sup>, Rusan Effandy<sup>5)</sup>

<sup>1),2),3)4)</sup> Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

<sup>5)</sup> PLP Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

This research aims to determine the influence of the concentration of Silicon oxide ( $\text{SiO}_2$ ) and alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) contained in the sediments towards the rate of abrasion and erosion on the motion of water turbine methods used in this study by testing in the lab using testing digital microscopy and flow profile to take images of the damage that occurs in stainless steel material by varying Silicon oxide ( $\text{SiO}_2$ ) and alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) concentration, namely 90%: 10%, 80%: 20%, and 70%: 30%. Based on the testing performed against the weight of the stainless steel material which is done before the test and after testing the concentration of  $\text{SiO}_2$  70% and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  30% it has a very significant influence with the rate of abrasion 0.022 gr/h this indicates that there is a mass of lost resulting of the abrasion that occurs in the material. The damage that occurs in stainless material steel in the form of abrasion and erosion due to the collision of the water that has been mixed with the concentration of Silicon oxide ( $\text{SiO}_2$ ) and alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

**Keywords:** *Abrasion, Erosion, Silicon Oxide, Alumina*

### 1. PENDAHULUAN

Mengingat kebutuhan masyarakat akan energi listrik yang cukup tinggi pada masa sekarang ini, maka sangat dibutuhkan pusat-pusat tenaga listrik (Power Plant) untuk menyediakan energi listrik yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang banyak dioperasikan di Indonesia. Keberadaan PLTA sebagai suplai penghasil energi listrik di Indonesia mempunyai posisi yang sangat strategis. Posisi strategis ini mengharuskan untuk selalu beroperasi dengan kondisi optimal guna mereduksi berhentinya operasi yang akan berdampak pada kerugian banyak pihak. Pada tahun 2011 dan 2012 terdapat temuan bahwa biaya pemeliharaan merupakan presentase terbesar dari keseluruhan variabel biaya operasi, yaitu mencapai 50,35% (PLN, 2012).

Salah satu penyebab tingginya biaya pemeliharaan PLTA ialah kerusakan yang ditimbulkan oleh sedimen. Wilayah Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat sektor Bakaru priode Juni 2005, menunjukkan bahwa volume sedimen mengalami peningkatan yang signifikan yaitu  $0 \text{ m}^3$  pada tahun 1990 menjadi  $6.331.400 \text{ m}^3$  pada tahun 2005 (PLN, 2015). Peningkatan volume sedimen yang sangat cepat, mengakibatkan kerusakan terhadap komponen turbin. Komponen turbin yang mengalami kerusakan karena sedimen ialah sudu gerak. Akibatnya, interval waktu pemeliharaan semakin singkat (4 tahun). Sementara menurut buku manual pengoperasian PLTA, interval pemeliharaan ialah 8 sampai 10 tahun. Dengan demikian, biaya pemeliharaan akan semakin meningkat pula. Di samping itu, dapat mengakibatkan penghentian pengoperasian PLTA jika terjadi kerusakan yang sangat parah.

Pasir kuarsa yang terkandung dalam sedimen memiliki komposisi kimia  $\text{SiO}_2$  55,30 – 99,37% dan sisanya  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , dll (Prayogo, 2009). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sedimen di Dam PLTA Bakaru terdiri atas 47% pasir kuarsa dan 53% pasir halus (Pratiwi, 2015). Pasir kuarsa mengandung  $\text{SiO}_2$  sebanyak 53.64%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  22.93%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  9.24%,  $\text{MgO}$  4.0%,  $\text{K}_2\text{O}$  3.84%,  $\text{Na}_2\text{O}$  2.4%,  $\text{CaO}$  1.71%, dan  $\text{TiO}_2$  sebesar 1.06% (Firman, 2016). Data tersebut menunjukkan bahwa komposisi terbesar yang terkandung dalam pasir kuarsa ialah silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

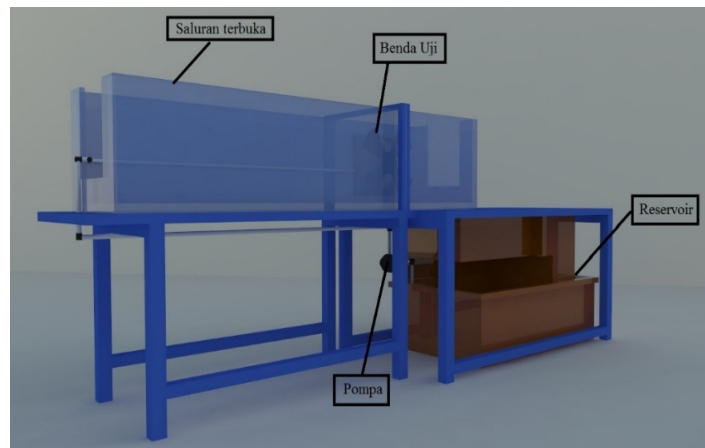
Dampak yang ditimbulkan oleh sedimen tidak hanya abrasi dan erosi terhadap lingkungan, melainkan juga terjadi abrasi dan erosi pada sudu turbin. Konsentrasi sedimen yang tinggi dapat mengakibatkan abrasi dan erosi pada sudu gerak turbin (Gogstad, 2012). Selain konsentrasi, ukuran sedimen juga dapat menimbulkan mikroerosi pada sudu gerak turbin (Karelin, 2004). Semakin besar diameter partikel dan konsentrasi sedimen semakin besar pula tingkat kerusakan yang terjadi pada sudu gerak turbin (Pratiwi, 2016) Di samping itu, pengaruh konsentrasi silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) terhadap kerusakan khususnya laju kerusakan pada sudu gerak turbin belum diungkapkan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut khususnya pengaruh konsentrasi silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) terhadap laju

<sup>1</sup> Korespondensi: Muhammad Afifuddin, Telp 089626877599, mhafif22@gmail.com

kerusakan sudu gerak turbin air secara kuantitatif. Penelitian ini sangat penting dilakukan karena berkaitan dengan penyediaan energi listrik dari pembangkit listrik tenaga air (PLTA) di Indonesia.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian “ Pengaruh Konsentrasi Silikon Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) Terhadap Laju Abrasi dan Erosi Pada Sudu Gerak Turbin Air ” dilaksanakan di Laboratorium Sistem Pembangkit Tenaga II Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengujian laju abrasi dan erosi material stainless steel dengan tiga tingkat perbandingan konsentrasi  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yaitu : 90% : 10%, 80% : 20% dan 70% : 30% dengan menggunakan skema alat pengujian laju abrasi dan erosi seperti pada gambar 1.

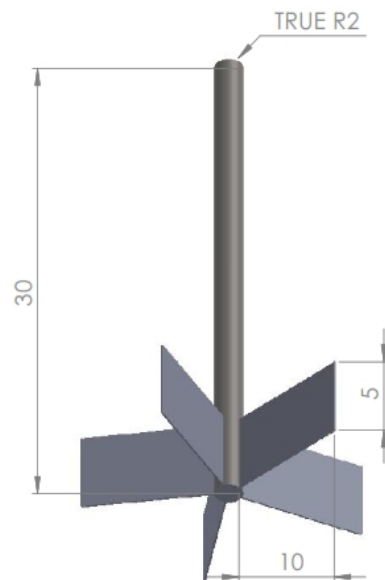


Gambar 1. Skema pengujian Laju Abrasi dan Erosi

Pengujian morfologi erosi menggunakan microscopy digital, dari percobaan pengujian morfologi mikro erosi dengan menggunakan microscopy digital sistem akusisi data dengan spesifikasi USB digital microscope "scorpio" 500 × pembesaran , dengan 1600×1200 resolusi dan dilengkapi 8 LED untuk pencahayaan rekaman. Sedangkan material yang digunakan adalah stainless stell 304 dengan waktu pengujian selama 50 jam setiap konsentrasinya.

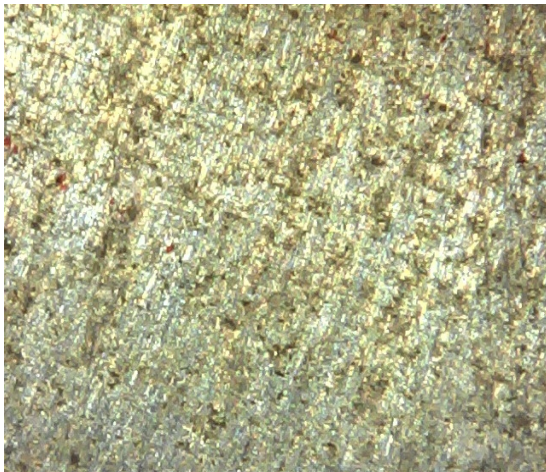


Gambar 2. USB Digital Microscope

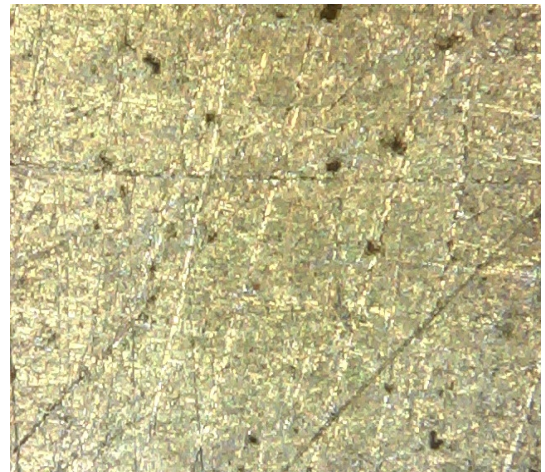


Gambar 3. 3D Model Blade

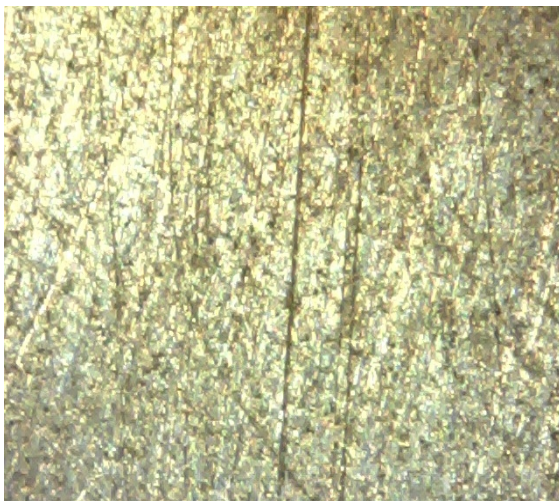
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN



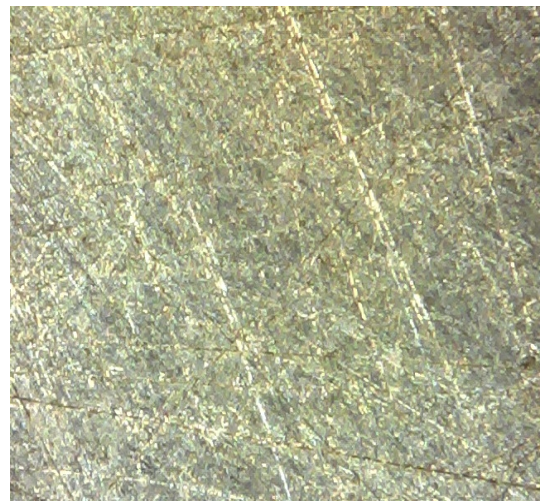
Gambar 4. Pengujian material stainless steel dengan konsentrasi 100 % silicon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) setelah 50 jam.



Gambar 5. Pengujian material stainless steel dengan konsentrasi 90 % silicon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan 10% Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) setelah 50 jam.



Gambar 6. Pengujian material stainless steel dengan konsentrasi 80 % silicon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan 20% Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) setelah 50 jam.



Gambar 7. Pengujian material stainless steel dengan konsentrasi 70 % silicon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan 30% Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) setelah 50 jam.

Tabel 1. Laju abrasi yang terjadi pada setiap konsentrasi setelah 50 jam pengujian material stainless steel.

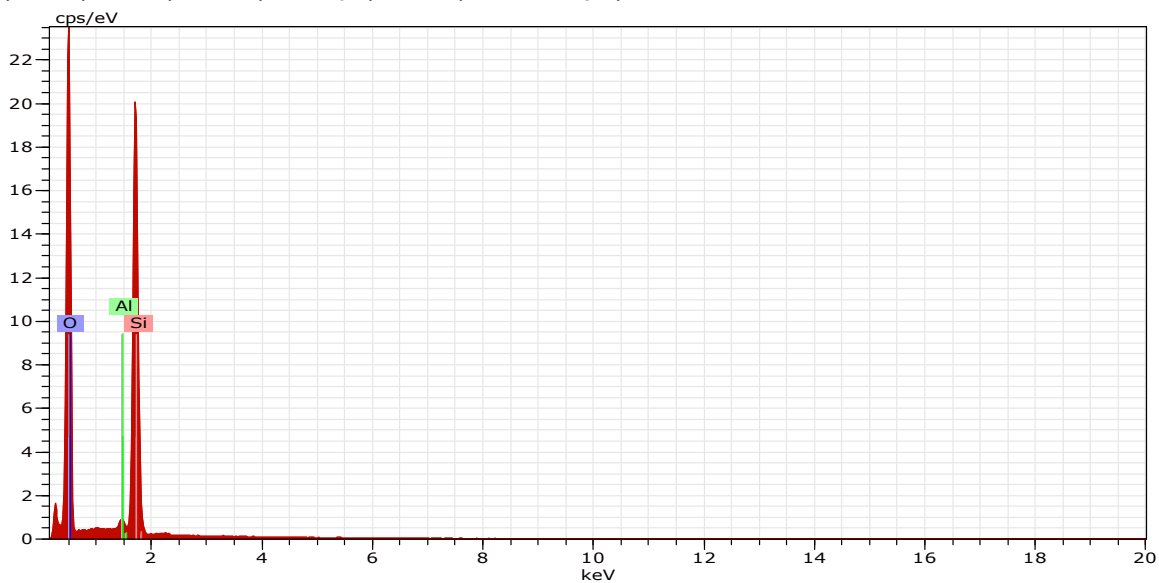
Konsentrasi $\text{SiO}_2$ dan $\text{Al}_2\text{O}_3$	Berat awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Selisih Berat (gr)	Laju Abrasi (gr/jam)
100%	30,8	30,5	0,3	0,006
90% : 10%	30,5	30,1	0,4	0,008
80% :20%	31,6	31,2	0,4	0,008
70% : 30%	32,1	31	1,1	0,022

Berdasarkan hasil pengujian analisa yang telah di lakukan menunjukkan bahwa hasil pengujian morfologi mikro erosi dengan menggunakan microscopy digital sistem akuisisi data pada material stainless steel dengan masing-masing konsentrasi 100% silikon oksida, 90% silikon oksida, 80% silikon oksida, 70% silikon oksida, 10% alumina, 20% alumina, 30% alumina. Menggambarkan terjadinya kerusakan pada

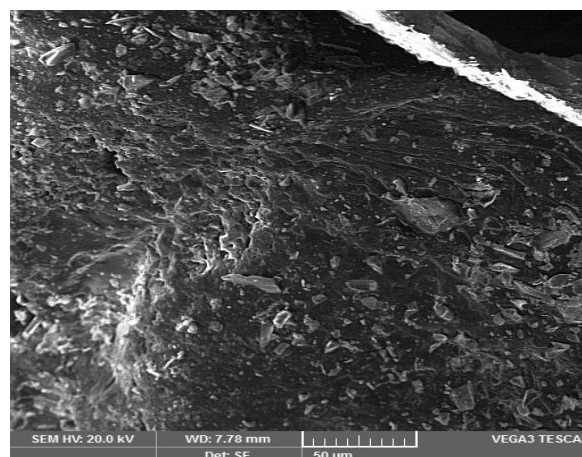


material tersebut, kerusakan yang terjadi pada material tersebut yaitu abrasi dan erosi akibat tumbukan air yang telah tercampurkan dengan konsentrasi silikon oksida dan alumina. Selain itu dilihat dari gambar hasil pengujian morfologi mikro erosi telah menunjukkan bahwa rata-rata terjadinya kerusakan pada material stainless steel terjadi setelah 50 jam pengujian. Sedangkan pengujian yang dilakukan terhadap berat dari material stainless steel yang dilakukan sebelum pengujian dan setelah pengujian yang dilakukan selama 50 jam. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari pengujian tersebut konsentrasi 70% silikon oksida, dan 30% alumina yang memiliki pengaruh yang sangat signifikan hal ini dibuktikan rata-rata dari berat material stainless steel sangat tinggi dibandingkan konsentrasi lainnya, hal ini menunjukkan bahwa massa dari material tersebut telah banyak hilang akibat dari abrasi yang terjadi pada material tersebut.

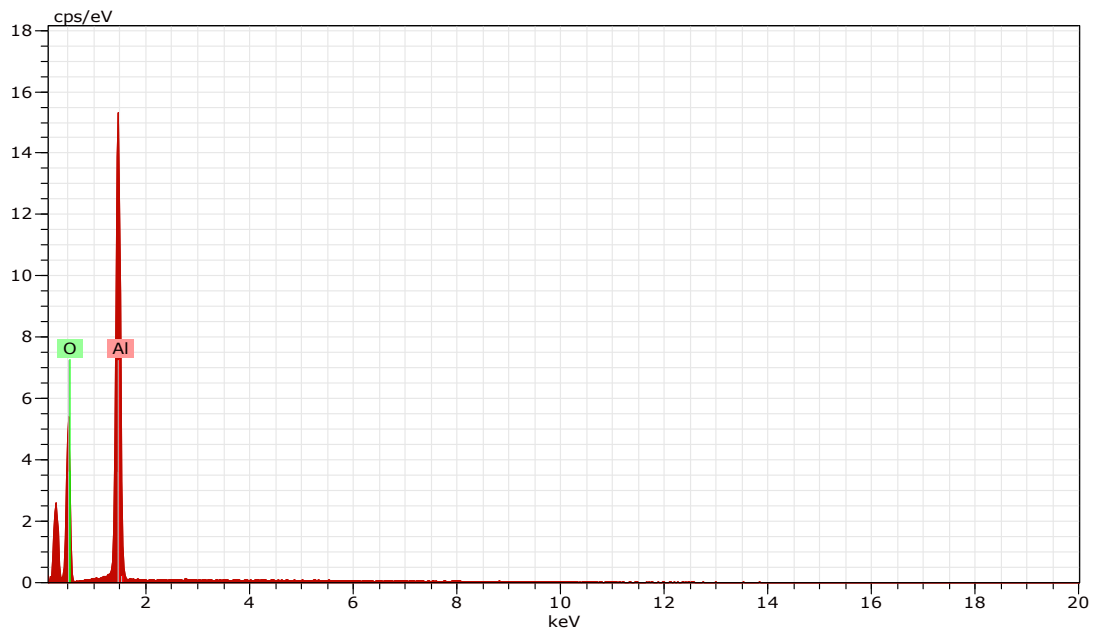
Pengujian kemurnian Silikon Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang di gunakan dalam penelitian menggunakan pengujian ED XRF Analysis untuk mengetahui presentase kemurnian silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Silikon oksida yang digunakan pada penelitian ini kemurniannya mencapai 99,46% untuk unsur lainnya presentasinya sangat kecil yaitu terdiri dari  $\text{K}_2\text{O}$  0,317%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,126%,  $\text{TiO}_2$  0,0665%,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0,0210%,  $\text{MoO}_3$  0,0082%,  $\text{In}_2\text{O}_3$  0,0060%, dan  $\text{SnO}_2$  0,0053%. Sedangkan Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dalam penelitian ini kemurniannya mencapai 99,88% untuk unsur lainnya presentasinya sangat kecil terdiri dari  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  0,046%,  $\text{IrO}_2$  0,0310%,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0,0142%, dan  $\text{MoO}_3$  0,0096%.



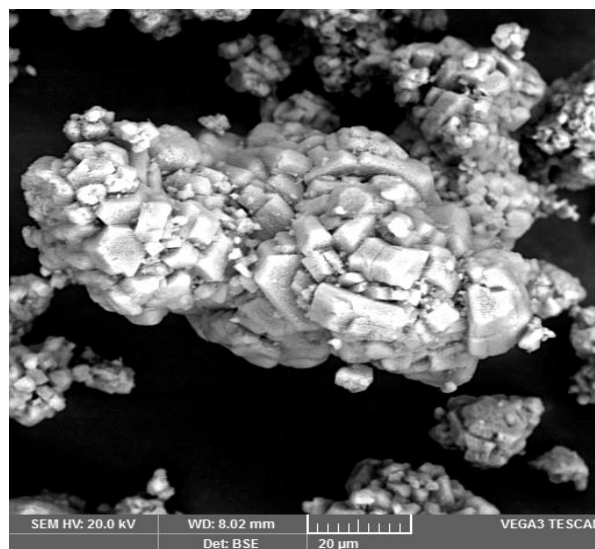
Gambar 8. Komposisi unsur Silikon Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) berdasarkan presentasi kandungan.



Gambar 9. Penampilan Silikon Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) setelah pengujian SEM ( Scanning Electron Microscopy )



Gambar 10. Komposisi unsur Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) berdasarkan presentasi kandungan.



Gambar 11. Penampilan Alumina ( $\text{SiO}_2$ ) setelah pengujian SEM ( Scanning Electron Microscopy ).

#### 4. KESIMPULAN

1. Kerusakan yang terjadi pada material sudu gerak turbin air yaitu berupa abrasi dan erosi akibat tumbukan air yang telah tercampurkan dengan konsentrasi silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).
2. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari pengujian, konsentrasi 70% silikon oksida dan 30% alumina yang memiliki pengaruh yang sangat signifikan hal ini dibuktikan rata-rata dari berat material stainless steel sangat tinggi dibandingkan konsentrasi lainnya.
3. Kosentrasi silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mempengaruhi umur pakai sudu gerak turbin air hal ini dapat dilihat pada tabel 1 hasil pengujian berat stainless steel setelah pengujian 50 jam, dimana semakin besar konsentrasi silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) maka akan semakin banyak massa yang hilang dari material turbin air. Hal ini menyebabkan umur pakai turbin air akan semakin singkat.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

Davis, Karen. 2010. *Material Review: Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )*. Chemical Engineering at the School Of Doctoral Studies of The EU, Belgium.

- Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2014. *Statistik Ketenagalistrikan*.
- Farrel, A.J., B. Norton, D.M. Kennedy. 2003. *Corrosive effects of salt hydrate Phase Change Materials used with aluminium and copper*, 12th international scientific conference.
- Firman. 2016. *Sediment Characteristic on Hydropower Plant Bakaru, South Sulawesi*. International Conference on Engineering Science and Nanotechnology 2016. 3-5 Agustus 2016 Hotel The Alana di Solo.
- Gogstad, P.J. 2012. *Hydraulic design of Francis turbine exposed to sediment erosion*, Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology.
- Gregore, B., A. Predin, D. Fabijan, R. Klasine. 2011. *Experimental Analysis of The Impact of Particles on the Cavitation Flow*. Journal of Mechanical Engineering 58 (2012) 4, 238-244.
- Karelin, V.Y. and C.G. Duan. 2002. *Design of hydraulic machinery working in sand laden water*. Vol. 2 Imperial College Press, London, 1 edition, 2002.
- Neopane Prasad, H. 2010. *Sediment Erosion In Hydro Turbines*. Thesis Submitted, Faculty of Engineering Science and Technology. Norwegian University of Science and Technology (NTHU). Norwegia.
- Prayogo, T., B. Budiman. 2009. *Survei Potensi Pasir Kuarsa di Daerah Ketapang Propinsi Kalimantan Barat*. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. Vol. II (126-132).
- Pratiwi, A.S., F. Mansur, F. Alihar 2016. *Analisa Kerusakan Sudu Gerak Trubin Francis Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) Dan Scanning Electron Microscopy (SEM)* Laporan Program Kreativitas Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- PT PLN. 2010. *Ikhtisar Penjualan Tenaga Listrik - PT PLN (Persero) Tahun 1995 - 2009*. Jakarta
- Suwanda. 2011. *Desain Eksperimen Untuk Penelitian Ilmiah*. Alfabeta. Bandung.
- Thapa Bhola and Brekke Hermod, 2004. *Effect of sand particle size and surface curvature in erosion of hydraulic turbine*. IAHR symposium on hydraulic machinery and system, stockholm.
- Thapa Bhola, 2004. *Sand erosion in hydrailic machinery*, PhD thesis, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering Science and Technologi, Department of Energy and Process Engineering, 2004: 105.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dr.Ir. Firman., M.T sebagai pembimbing I dan Sri Suwasti., S.ST, M.T Sebagai pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada kami dalam penyelesaian penelitian ini.