

KERUGIAN DISPOSISI *GUIDE VANE* PADA TURBIN FRANCIS UNIT 6 DI PLTA

Loss of Guide Vane Disposition on Francis Turbine of Unit 6 of the Hydroelectric Power Plant PLTA

Syaiful Ghozali, A Sofwan F Alqap*, Helmizar

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu. Telp. (0736) 344087, 22105-227

*) Email : sofwan.alqap@unib.ac.id

ABSTRACT

Hydropower is a power plant (PLTA) that is very environmentally friendly because it is clean and does not pollute the environment compared to other plants. PLTA, one of which is located in Bengkulu Province, is a power plant that utilizes the potential energy of water. Where the source of the water propulsion produced for the process of generating electricity is from the Tes lake which is sourced from the Air Ketahun river and the Air Pauh river, Lebong Bengkulu. Where this PLTA uses a Francis type turbine with a horizontal position. PLTA has 7 turbine units, with units 1 and 2 being old units producing 2 x 600 KW of power, while units 3 – 7 producing 5 x 4400 KW of power, so the total installed power is 23,200 KW. One of the problems that often occurs in PLTA is the occurrence of disposition of the guide vane on the turbine, where this time we will find out the cause of the disposition and how to overcome it so that there is no disposition and find out the loss of disposition of the guide vane on the Francis unit 6 turbine at PLTA. With this research done, the disposition occurs, it is necessary to take corrective action so that the unit will stop operating and can affect the level of profitability of the company. So that the results of the unit's work if it operates 24 hours are approximately 82 million rupiah, repairs are carried out for 16 hours with a loss of approximately 55 million rupiah. The occurrence of disposition is caused by damage to the transrack so that large waste enters the turbine section. In order to prevent disposition, it is necessary to repair or replace the transrack at the inlet.

Keywords: *Disposition; Francis turbine; Guide vane; Hydropower electric*

1. PENDAHULUAN

Pada perkembangan saat ini, energi listrik sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari – hari, sehingga kehidupan manusia sangat bergantung pada energi listrik. Bahan bakar fosil merupakan sumber utama dalam pemakaian energi listrik yang ada di Indonesia. Kebutuhan energi listrik di Indonesia tumbuh rata – rata sebesar 68 % per tahun^[1]. Menipisnya ketersediaan energi fosil memicu pengembangan pembangkit berbasis energi non-fosil yang berasal dari alam, yang dapat digunakan terus menerus karena jumlahnya tidak terbatas^[2]. Salah satunya pengembangan pembangkit menggunakan energi non-fosil yaitu PLTA.

PLTA adalah pembangkit listrik yang sangat ramah lingkungan dan alam dikarenakan PLTA bersifat bersih yang tidak mencemari lingkungan dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis lainnya. PLTA Tes merupakan unit pembangkit yang berada di bawah naungan PT PLN (Persero) Sektor Pembangkit Bengkulu yang terletak di desa Turan Tiging Kecamatan Lebong Selatan Kabupaten Lebong Provinsi Bengkulu. Pembangkit ini memanfaatkan danau tes dari dua sumber yaitu air sungai ketahun dan air sungai pau sebagai sumber penggerak air untuk proses menghasilkan listrik. PLTA tes ini terdiri atas pembangkit lama beroperasi sejak tahun 1923 dengan daya terpasang 2 x 600 KW, unit pembangkit lama pada tahun 1991 dengan daya terpasang 4 x 4400 KW, dan pada tahun 2014 pengoperasian unit baru daya terpasang 1 x 4400 KW, jumlah daya terpasang pada saat ini 23,200 MW. Saat ini daya listrik yang dibangkitkan oleh PLTA Tes yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di Provinsi Bengkulu melalui jaringan transmisi 70 KV.

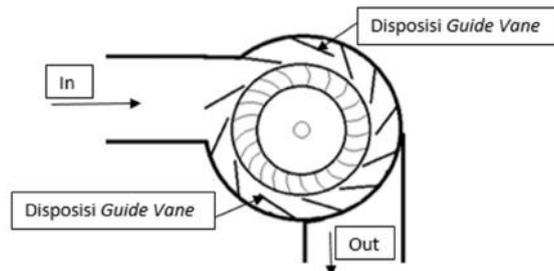
Pada penelitian ini akan diteliti 1 unit turbin di PLTA Tes yaitu pada turbin unit 6, dimana mengalami beberapa permasalahan yang mengakibatkan berhentinya dan mengalami kerugian pada perusahaan, sehingga pada penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui penyebab *guide vane* tidak berada pada posisi, cara mengatasi agar *guide vane* tepat pada posisinya, dan mengetahui kerugian disposisi *guide vane* pada turbin francis unit 6 di PLTA Tes.

2. TINJAUAN PUSTAKA

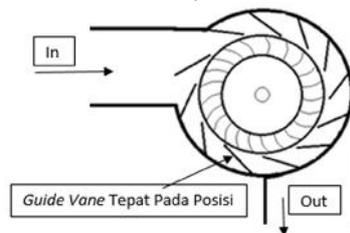
2.1 Disposisi

Disposisi merupakan ketidaktepatan letak dari suatu benda yang diinginkan pada saat pengoperasian. Sedangkan pengertian tata letak merupakan pengaruh besar dalam menentukan kinerja dalam operasional jangka panjang. Dimana ketika suatu benda yang letaknya tidak berada posisi yang diinginkan atau diizinkan yang akan mengakibatkan berhentinya keberlangsungan operasional dari kinerjanya. Ketika operasional berhenti, maka kerugian yang akan ditimbulkan pada suatu perusahaan untuk memperbaikinya.

Pada pengoperasian turbin francis sering terjadinya disposisi pada *guide vane*, disposisi ini sangat berpengaruh dikarenakan salah satu *guide vane* tidak tepat pada posisi (disposisi) akan berakibat turbin tidak bisa masuk ke sistem sehingga turbin tidak dapat dioperasikan.



Gambar 3. Disposisi Guide Vane



Gambar 4. Guide Vane Tepat Pada Posisi

2.2 Turbin Francis

Turbin yang digunakan di PLTA Tes dengan jenis francis posisi horizontal, dimana dijelaskan bahwa posisi dari poros yang horizontal. Turbin francis merupakan turbin reaksi aliran dalam yang menggabungkan konsep radial dan aksial. Dengan mengubah energi tekanan dan energi kinetik dalam fluida menjadi energi mekanika pada sudunya. Untuk mencapai efisiensi tinggi pada runner, fluida yang akan masuk ke runner dengan sudut yang dirancang. Sudut masuk fluida yang diarahkan atau dioptimalkan oleh baling – baling pemandu (*guide vane*)^[3]. Turbin francis yaitu turbin yang dikelilingi dengan sudu pengarah yang akan menggerakkan air masuk secara tangensial dan semuanya terbenam ke dalam air. . Turbin francis digunakan pada *head* 10 – 300 m, dengan baling – baling terbuat dari baja.



Gambar 5. Turbin Francis

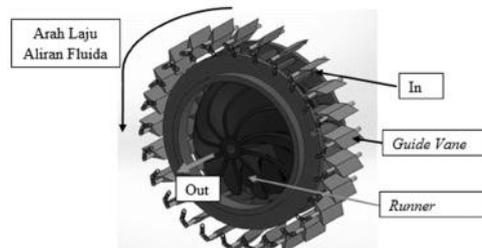
Skema kerja dari turbin francis yaitu sebagai berikut:

- a. Air yang ditampung pada waduk atau danau yang akan melewati saluran penghantar melewati inlet, kemudian dari ketinggian inlet air akan melewati penstock untuk menuju ke turbin.

- b. Air yang melewati penstock kemudian akan mengarah ke *runner* turbin.
- c. Kemudian posisi *guide vane* dibuka dengan beban yang diizinkan oleh operator sehingga air akan masuk ke *runner* dan keluar mengarah *draft tube*, dengan berputarnya *runner* turbin maka poros turbin yang terhubung generator akan ikut berputar sehingga dapat menghasilkan listrik.
- d. Listrik yang dihasilkan dari putaran poros yang terhubung langsung oleh generator, kemudian akan disalurkan ke *switch gear*, Listrik yang di simpan ke *switc gear* dapat di salurkan ke masyarakat.

2.3 Pengertian Guide Vane

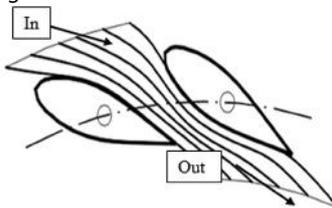
Guide vane merupakan alat bantu yang berfungsi sebagai pengarah arah aliran air ke turbin. Pemilihan bahan yang tepat merupakan salah satu pertimbangan dalam pembuatan *guide vane*. Hal ini dikarenakan *guide vane* akan berkontak langsung terhadap air yang bertekanan tinggi, akan menyebabkan *guide vane* cepat rusak, sehingga pemilihan bahan dan bentuk *guide vane* haruslah kuat dan tahan terhadap tekanan dan korosi yang disebabkan oleh air.



Gambar 6. Skema *Guide Vane* di Turbin

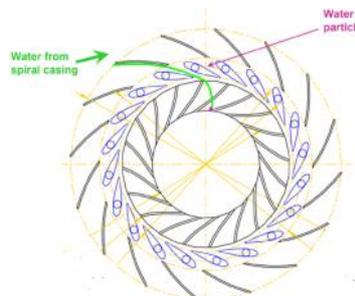
2.4 Skema Guide Vane Posisi Open

Guide vane (pengarah aliran air) yang terdapat pada turbin francis ini memiliki konsep dimana fluida yang akan masuk ke turbin dengan energi tekanan dan energi kinetik yang akan menjadi energi mekanik, sehingga fluida yang masuk melewati celah – celah *guide vane* di atur besaran aliran fluida yang akan masuk ke *runner*



Gambar 7. *Guide Vane* Posisi Open

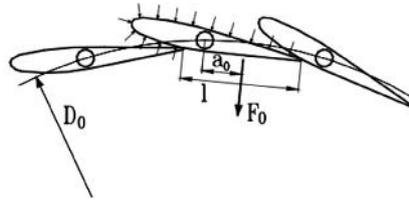
Guide vane dalam siklus turbin yaitu berpengaruh terhadap efisiensi dari kinerja turbin, dikarenakan tingginya efisiensi turbin terjadi pada bukaan *guide vane*. *Guide vane* meskipun tidak bergerak tetapi melakukan gerakan periodiknya berdasarkan aliran atau variasi beban turbin. Mekanis air melewati *guide vane* dimana air akan menabrak *guide vane* dengan posisi sudut bukaan yang diizinkan akan masuk ke bagian *runner* keluar melewati *draft tube*^[4].



Gambar 8. Skema *Guide Vane* Open

2.5 Skema Guide Vane Posisi Closed

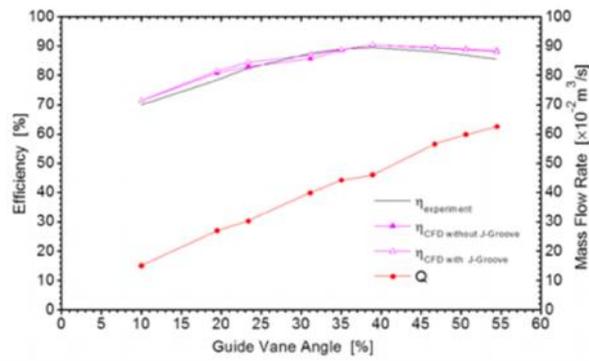
Skema pada saat *guide vane* posisi tertutup, dengan konsep momen = 0, gaya = 0, dan $a = 0$. Dikarenakan posisi *guide vane* 0 % dimana pada gambar dapat dijelaskan bahwa setiap *guide vane* bersentuhan sehingga air (fluida) tidak dapat masuk ke celah *guide vane* yang tidak dapat menggerakkan (memutar) *runner* turbin.



Gambar 9. Skema Guide Vane Closed

2.6 Pengaruh Sudut Buka Terhadap Efisiensi

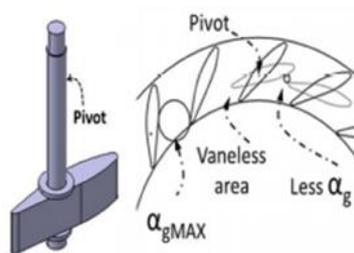
Dari variasi sudut bukaan *guide vane* yang masuk ke *runner* sangat berpengaruh, ketika bukaan *guide vane* dibuka secara 100 % maka laju aliran akan tinggi sehingga fluida akan menabrak atau melewati seluruh dari bukaan *guide vane* (*nozzel guide vane*). Sedangkan ketika *guide vane* dibuka kurang dari 100 %, maka turbin mengalami penurunan akibat adanya turbulensi aliran di daerah *guide vane* yang disebabkan oleh tertutupnya *nozzle* yang lebih rendah dari *guide vane* sehingga kecepatan aliran tangensial juga menurun^[5].



Gambar 10. Pengaruh Sudut Buka Terhadap Efisiensi [5]

2.7 Cara Kerja Guide Vane

Cara kerja *guide vane* adalah dengan mengarahkan aliran air yang akan masuk kedalam turbin. Sehingga setiap sudu turbin mendapatkan sudut serang air yang maksimal, dan pada akhirnya komponen *guide vane* tersebut dapat meningkatkan nilai efisiensi sistem aliran air. Dimana skema kerjanya *pivot* (poros) yang terhubung pada *guide vane* sehingga pada area *guide vane* akan di beri celah atau di buka dengan bukaan yang diizinkan^[5].

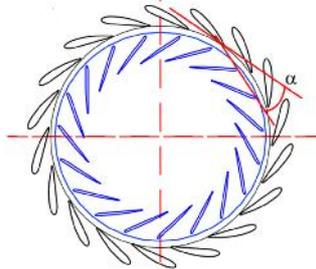


Gambar 11. Guide Vane Posisi Open [5]

Guide vane akan ditempatkan pada ujung media pengarah aliran air yang menuju turbin. Air yang menuju turbin akan dikendalikan terlebih dahulu arah alirannya oleh *guide vane* dengan cara mengatur sudut gerak *guide vane*, kemudian arah aliran tersebut akan mempengaruhi laju putaran turbin dan mengakibatkan terkendalinya hasil keluaran generator yang diputar oleh turbin^[6].

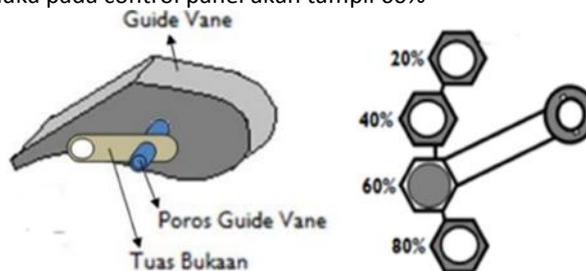
2.8 Bukaan Guide Vane

Salah satu yang mempengaruhi kinerja dari turbin yaitu bukaan *guide vane*. Bukaan *guide* ini dapat divariasikan dengan kebutuhan dan beban yang akan dihasilkan dalam produksi listrik. Dalam bukaan *guide vane* dapat diatur secara langsung pada turbin dan dapat di kendalikan oleh operator.



Gambar 12. Bukaan Sudut *Guide Vane*

Pada *guide vane* memiliki komponen yang terdiri dari *guide vane* , poros dan tuas bukaan Selain itu untuk dapat mengetahui bukaan yang sedang dioperasikan pada turbin juga dapat dilihat pada tanda yang terdapat pada turbin selain itu juga bukaan turbin dapat dilihat pada control panel dimana ketika dilihat pada turbin dengan sudut bukaan 60% maka pada control panel akan tampil 60%

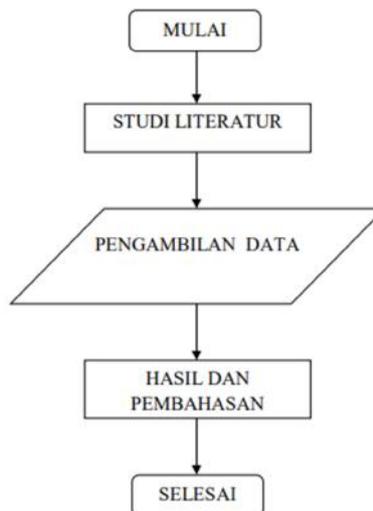


Gambar 13. Komponen dan Sudut Bukaan *Guide Vane* [7]

3. METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Langkah – langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 14.

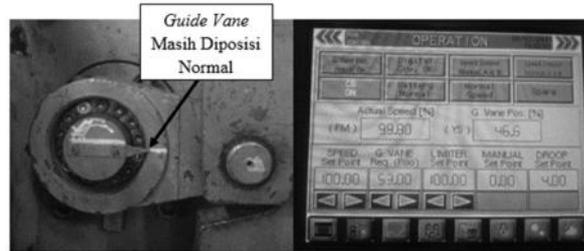


Gambar 14. Diagram Alir

3.2 *Guide Vane* Tepat Pada Posisi

Guide vane yang tepat pada posisinya, dimana pada konsep dari *guide vane* yang bekerja dengan beban yang diinginkan sehingga sebelum dilakukannya operasional dilakukannya *running*. Fungsi dari *running* ini untuk

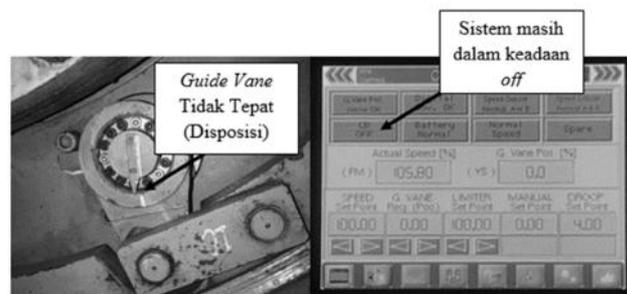
mendapatkan hasil yang sesuai pada sistem dari operator dikarenakan jika posisi *guide vane* telah sesuai maka dengan otomatis sistem akan masuk (*On*), yang dapat dilihat pada control panel dan bagian turbin



Gambar 16. *Guide Vane* Pada Kontrol Panel dan Turbin

3.3 *Guide Vane* Tidak Tepat Pada Posisi

Guide vane yang tidak tepat pada posisinya atau disposisinya, pada saat proses *running* sistem tidak dapat masuk dengan otomatis dengan ditandai *off* pada control panel. Untuk melihat dari *guide vane* dapat dilihat langsung pada turbin yang menunjukkan jarum tidak sinkron pada control yang menjelaskan bahwa terjadi *over speed* pada turbin.



Gambar 17. *Guide Vane* Pada Kontrol Panel dan Turbin

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Asumsi dan Variabel

Tabel 1 Asumsi dan Variabel

No	uraian	Keterangan
1	Biaya Pokok Produksi	Rp. 244,81/KWh
2	Harga Transfer Energi	Rp. 1023/KWh
3	Potensi Daya Yang Akan Dihilangkan	4400

4.2 Akibat Dari Disposisi

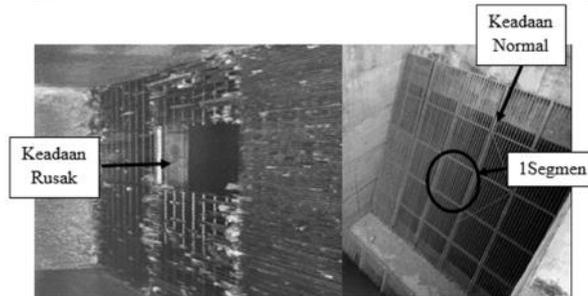
Akibat dari disposisi pada *Guide Vane* adanya beberapa akibat yang akan terjadi sebagai berikut:

- Over Speed*. *Over speed* merupakan keadaan dimana putaran dari suatu mesin atau turbin yang mengalami peningkatan lebih dari yang seharusnya. Gejalanya akan mendengarkan suara dari mesin terus naik dan membuat mesin tidak terkendali. Yang terjadi *over speed* pada turbin francis mengakibatkan rusaknya komponen dari turbin tersebut. Kemudian ketika pada layar control menjelaskan *speed actual* nya lebih dari 100 % sedangkan *guide vane pos* nya masih 0 %, menandakan adanya *speed* lebih dari yang diizinkan dan yang diakibatkan adanya celah – celah *guide vane* yang masih terbuka saat *running*. Dengan adanya *over speed* yang membuat unit tidak bisa masuk ke sistem dengan otomatis.
- Unit *Start Failure (SF)*. *Star failure* yaitu dimana unit pada turbin tidak dapat melakukan kerja atau mengalami kegagalan dalam operasi yang disebabkan dengan adanya disposisi pada suatu *guide vane* pada turbin unit 6.
- Rugi – rugi Daya. Rugi daya adalah besarnya energy listrik yang hilang secara percuma (tidak terpakai) yang berupa rupiah. . Adanya perbaikan ini maka hilangnya jam operasional sehingga dapat mengurangi

jumlah energi listrik yang dapat dijual kepada konsumen sehingga berpengaruh pada tingkat profitabilitas perusahaan PLTA Tes.

4.3 Penyebab Disposisi

Salah satu penyebab disposisi yaitu adanya benda – benda yang tersangkut kedalam *guide vane* sehingga bukaan *guide vane* tidak sinkron, adanya balok yang tersangkut pada *guide vane* yang disebabkan terjadinya *transrack* lepas 1 segmen sehingga sampah – sampah berukuran besar masuk ke bagian turbin



Gambar 18. *Transrack* Normal dan Rusak



Gambar 19. Balok Masuk Ke Turbin

4.4 Perhitungan Daya

Dengan adanya perbaikan maka diketahui rugi daya listrik sebagai berikut:

A. Perhitungan Pendapatan Perusahaan Sebelum Terjadinya Perbaikan (Unit 6)

$$\begin{aligned} & \text{Daya mampu unit} \times 24 \text{ jam} \times (\text{Harga Transfer Energi} - \text{Biaya Pokok Produksi}) \\ & = 4400 \text{ KW} \times 24 \text{ jam} \times (\text{Rp. } 1023 - \text{Rp. } 244,81) \text{ KWh} \\ & = \text{Rp. } 82.176.864 \end{aligned}$$

Apabila turbin unit 6 beroperasi dengan normal akan menghasilkan sebesar Rp. 82.176.864,-

B. Perhitungan Pendapatan Perusahaan Saat Terjadinya Perbaikan (Unit 6)

$$\begin{aligned} & \text{Daya Mampu Unit} \times \text{Durasi Perbaikan} \times (\text{Harga Transfer Energi} - \text{Biaya Pokok Produksi}) \\ & = 4400 \text{ KW} \times 16 \text{ jam} \times (\text{Rp. } 1023 - \text{Rp. } 244,81) \text{ KWh} \\ & = \text{Rp. } 54.784.576 \end{aligned}$$

Kerugian yang dialami oleh PLTA Tes selama dilakukan perbaikan sebesar Rp. 54.784.576,-

4.5 Pembahasan

Pada penelitian ini, proses terjadinya disposisi yaitu, ketika akan dilakukannya operasi pada turbin unit 6 operator melakukan proses *running* dan ceklis terhadap semua sistem yang berhubungan dengan turbin unit 6 adanya *guide vane* yang tidak tepat yang membuat unit tidak bisa masuk ke sistem dengan otomatis. *Guide vane* disposisi juga disebabkan adanya benda – benda yang tersangkut pada *guide vane*, sedangkan pada pengamatan turbin unit 6 ini disebabkan adanya balok yang tersangkut di *guide vane*. Terjadinya balok tersebut masuk ke bagian turbin diakibatkan rusak nya *trasrack* pada *inlate*. Pada disposisi memiliki akibat yaitu, dapat membuat *over speed* pada putaran generator, unit *start failure*, dan rugi daya yang diakibatkan perbaikan pada *guide vane*. Untuk pendapatan daya yang dihasilkan pada turbin unit 6 ketika bekerja 24 jam maka akan menghasilkan sebesar Rp. 82.176.864,-. Dalam perbaikan *guide vane* tergantung lamanya perbaikan, untuk perbaikan yang dilakukan pada tanggal 3 – 4 juli 2021 membutuhkan waktu hingga 16 jam. Ketika turbin unit 6 berhenti operasi selama 16 jam maka PLTA Tes akan mengalami kerugian sebesar Rp. 54.784.576,-.

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa disposisi yang terjadi pada *guide vane* pada turbin unit 6 dapat dicegah dengan cara perbaikan atau digantinya pada *trasrack* di *inlate* agar

tidak terjadi kembali disposisi pada *guide vane* yang akan mengakibatkan berhentinya operasi unit sehingga dapat mengurangi pendapatan PLTA Tes.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari pengamatan di PLTA Tes sebagai berikut:

1. Penyebab terjadinya *guide vane* disposisi yaitu adanya balok yang tersangkut pada *guide vane* dikarenakan lepasnya 1 segmen pada *transrack* pada *inlet* sehingga benda – benda berukuran besar masuk pada turbin. Untuk mengatasi agar *guide vane* tepat pada posisinya dilakukannya perbaikan pada *guide vane* dan digantinya *trasrack* pada *inlet* agar tidak adanya benda – benda masuk ke bagian turbin sehingga tidak mengalami disposisi pada *guide vane*.
2. Kerugian terjadinya disposisi *guide vane* pada turbin francis unit 6 di PLTA Tes, dimana ketika beroperasi 24 jam yang seharusnya dapat menghasilkan sebesar Rp. 82.176.864,-, dengan adanya perbaikan selama 16 jam maka PLTA Tes mengalami kehilangan sebesar Rp. 54.784.576,-,

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk PLTA Tes sebagai berikut:

1. Setiap selesai operasi:
 - Dilakukan pengecekan bahwasanya tidak ada benda yang tersangkut pada turbin.
 - Pengecekan secara visual langsung pada turbin untuk melihat kedudukan pada *guide vane*.
2. *Trouble shooting for maintenance* dan proses *maintenance* dikembangkan agar *down time* bisa dikurangi.
3. *Trouble shooting for maintenance* dan proses *maintenance* dikembangkan agar *down time* bisa dikurangi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Islamiyah, F., Prastilastiarso, J., Ulum, AC. 2018. Study Eksperimen Pengaruh Jumlah *Guide Vane* Terhadap Daya Mekanik Turbin Francis. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya : Surabaya.
- [2] Saleh, Z., Apriyani, Y., Ardianto, F., Purwanto, R. 2019. Analisis Karakteristik Turbin *Crossflow* Kapasitas 5 KW. J. Surya Energy. Vol. 3, No. 2, Hal. 255.
- [3] Kumar, GK., Tanaka. T., Yamaguchi, N., Taniwaki, T., Miyagawa, K., Takahashi, W. 2019. *Influence Of Guide Vane Clearance On Internal Flow Medium Spesific Speed Francis Turbine. Japan : Faculty Of Science And Engineering, Waseda University.*
- [4] Koirala, R., Zhu, B., Neopane, HP. 2016. *Effect Of Guide Vane Clearance Gap On Francis Turbine Performance. China : Tsinghua University.*
- [5] Choi, Y.D. dan Wei, Q.S. 2013. *The Optimization of J-Groove Shape In The Draft Tube Of a Francis Turbine To Suppress The Draft Surge. Materials Science And Engineering : Korea.*
- [6] Putra A. T. S. 2009. Rancang Bangun Guide Vane Turbin *Crossflow* Untuk PLTMH Berkapasitas 8 kW Di Sungkai Kelurahan Lambung Bukit Kecamatan Pauh Padang. Padang.
- [7] Mafruddin dan Marsuki. 2017. Pengaruh Bukaan *Guide Vane* Terhadap Kinerja Turbin Pikohidro Tipe *Crossflow*. Jurnal Teknik Mesin Uni. Muhammadiyah Metro.