

Pengaruh Sistem *Cooling Water Ejector* terhadap Stabilitas *Vacuum Condensor* PLTU Tidore

Muhammad Fadly HI. Abbas¹, Said HI. Abbas², Singgih Tri Prasetyo³
Teknik Mesin Universitas Khairun Ternate
Email: singgihtriprasetyo95@gmail.com

Abstrak

Condensor merupakan peralatan penukar kalor yang berfungsi untuk meng-kondensasikan uap keluaran dari sisa memutar turbin. Untuk mempercepat kondensasi di dalam *condensor* maka ruangan di dalam *Condensor* harus dibuat *vacuum* dan dipertahankan oleh *water ejector pump*. *Water Ejector Pump* adalah bagian dari *vacuum system* pada turbin yang berfungsi sebagai pembuang (menghisap) udara atau gas yang tidak terkondensasi dari dalam *condenser* (selama operasi normal) dengan menggunakan *fluida* air yang diperoleh dari *water jet tank*. Optimalisasi kinerja *water ejector system* ini dengan cara penambahan *open cooling water system* pada *water pond* yang menggunakan *spray* guna meningkatkan kestabilan *temperature* air yang digunakan pada *water jet tank* tetap pada range operasinya yaitu < 50 °C. Serta dilakukan juga pemisahan *line overflow* pada *water ejector tank* karena selama ini *line overflow* antara unit 1 dan 2 tergabung menjadi satu sehingga air *overflow* terbuang ke parit di area pompa yang dapat menggenangi area sekitar (*unsafe condition*). Sehingga air tidak tersirkulasi dengan baik yang menyebabkan air pada *water ejector tank* akan menjadi panas dan berakibat pada turunnya *vacuum condensor*. Hal ini di tindaklanjuti dengan running pompa dari *water pond* secara *continue* untuk menjaga air pada *water jet tank* tetap dingin. Oleh karena itu saya mengambil judul Skripsi “Pengaruh Sistem *Cooling Water Ejector* Terhadap Stabilitas *Vacuum Condensor* PLTU Tidore” Dari hasil modifikasi ini dapat mengurangi pengoperasian dari pompa *water pond* menuju *water jet tank* dan menjaga air pada *water jet tank* tetap terjaga di range operasinya yang berguna untuk menjaga ke-stabilan pada sistem *vacuum Condensor*.

Kata Kunci : *Condensor, Water Ejector Pump, Overflow Water Jet Tank, Cooling Water Pond*

PENDAHULUAN

Dalam era perkembangan jaman yang semakin cepat, maka diikuti dengan kebutuhan listrik yang semakin besar pula. Di Indonesia, terdapat beberapa wilayah yang saat ini mengalami krisis listrik yaitu salah satunya di daerah Maluku utara yang saat ini mengandalkan PLTD sebagai pemasok utama kebutuhan listrik. Disamping itu telah dibangun PLTU tidore yang diharapkan dapat menambah pasokan kebutuhan listrik.

PLTU Tidore mempunyai peralatan utama yaitu *Boiler* dan *Turbine*. Dimana sistem *Steam Turbine – Generator* yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga uap berfungsi untuk mengkonversikan energi panas dari uap air menjadi energi listrik. Untuk *Turbine* utama memiliki beberapa alat bantu salah satunya adalah *Water Jet Ejector System* yang berfungsi sebagai pembantu pembuatan *Vacuum* di *Condensor*.

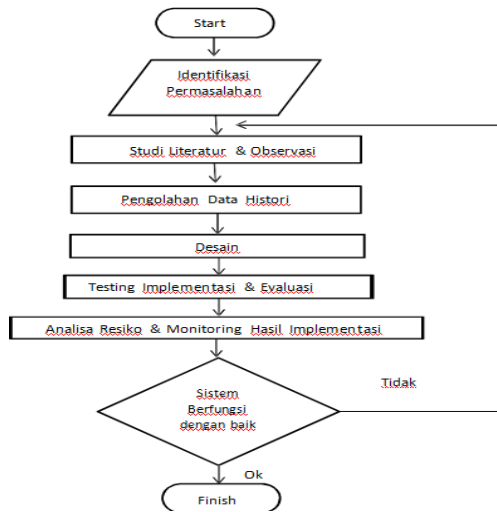
Water Jet Ejector Merupakan sistem yang

berfungsi untuk mempertahankan *vacuum condensor*. *Water Jet Ejector System* memanfaatkan sistem air yang bersirkulasi secara tertutup (*Closed System*). Cara kerja dari *Water Jet* adalah dengan memanfaatkan air yang dipompakan oleh *water jet pump*. Air yang dipompakan ke *Ejector* melewati *Line* pipa yang terhubung dengan ruangan *Condensor* yang *Vacuum*. Ketika air melewati pipa yang terhubung dengan ruangan *Condensor*, air yang bersirkulasi dalam sistem ini memberikan tarikan udara pada ruangan *Vacuum* di *Condensor*, sehingga kevacuman di *Condensor* akan tetap terjaga. Permasalahan yang sering terjadi adalah *Vacuum Condensor Drop* yang disebabkan oleh kinerja *Water Jet Ejector* kurang maksimal, hal ini dipengaruhi oleh temperatur air yang digunakan oleh sistem *Water Jet Ejector* lebih dari 50 °C. Oleh karena itu dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengambil judul “Pengaruh Sistem *Cooling Water Jet Ejector* Terhadap Stabilitas *Vacuum Condensor* PLTU Tidore”.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Diagram Alir

Berikut diagram alir yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini :



Gambar 1. Diagram Alir

2. Identifikasi Permasalahan

Permasalahan yang didapatkan dipilih dengan pertimbangan keterkaitannya dengan program studi yang dipilih dengan mempertimbangkan ketersediaan metode dan data.

Permasalahannya adalah proses *water ejector system* menggunakan *close water cycle*, sehingga air dalam tangki tersebut akan mengalami jenuh dan perubahan kenaikan *temperature* dapat mengakibatkan *ejector system* kurang maksimal. *Temperature* air *water jet* harus dijaga < 50 °C berdasarkan dari *manual Book Shandong Jieneng vol.1 PLTU Tidore*.

Dari keterangan *manual book* diatas menjelaskan batasan operasi *temperature* dalam tangki yang dapat berpengaruh terhadap kinerja pompa *water jet*. Apabila *temperature* air naik kinerja *water ejector pump* menurun sehingga *pressure ejector* kurang dari 3 bar. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya proses perubahan fasa air yang menghasilkan *steam bubble* dalam *suction* pompa sehingga pompa mengalami kavitasi.

Meningkatnya perubahan fasa air ini dapat terjadi dalam kondisi tekanan *suction* pompa yang rendah

3. Studi Literatur

Dalam proses studi literatur, penulis

mempelajari buku – buku yang menjadi referensi dalam memahami antara lain buku *manual book* peralatan Turbin PLTU Tidore, serta jurnal dan skripsi yang berhubungan dengan pembahasan pada penyusunan tugas akhir ini.

4. Pengumpulan Data Histori

Dalam melakukan pengumpulan data dilakukan pengambilan data histori pengoperasian pada *log sheet* parameter peralatan, data tersebut antara lain:

Tabel 2. *History Temperature Water Jet Tank*

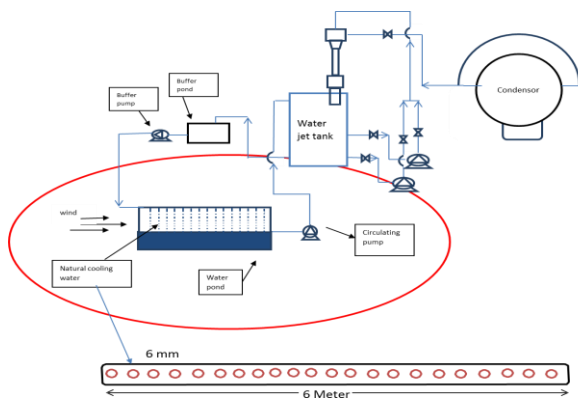


Temperatur air water jet tank, *pressure ejector* dan, *vacuum condensor*, dll.

Material yang digunakan, termasuk properties dari material, besi, semen, pasir ,dll.

5. Desain / Konsep Penelitian

Seperti yang telah dijelaskan diatas Penelitian dengan menambahkan *open cooling system*. Sistem *cooling water* ini dimulai dari air yang ada di *water jet tank* dialirkan menuju *buffer pond* dengan memanfaatkan beda ketinggian untuk ditampung sementara, setelah itu air di pompa oleh *buffer pump* menuju *water pond*, air di *spray* di atas *water pond* dengan memanfaatkan grafitasi untuk dapat di dinginkan oleh tiupan angin atau udara sekitar. Setelah itu air ditampung di *water pond* dan kemudian dipompakan ke *water jet tank* oleh *circulation pump*. Dengan adanya sistem tambahan ini, maka temperatur air untuk proses *ejector* akan tetap terkontrol < 50 °C dan *vacuum condensor* akan tetap terjaga.



Pada *line Circulating* terdapat 28 lubang dengan panjang pipa sepanjang 6 meter, dan jarak perlubag tersebut sekitar 27 cm / lubang. Dan diameter lubang tersebut sekitar 6 mm / lubang.

6. Waktu Penelitian :

Tanggal : 25
 Waktu : Januari 2018
 Tempat : PLTU Tidore, Desa Rum Balibunga, Kecamatan Tidore Utara, Kabupaten Tidore Kepulauan, Provinsi Maluku Utara.

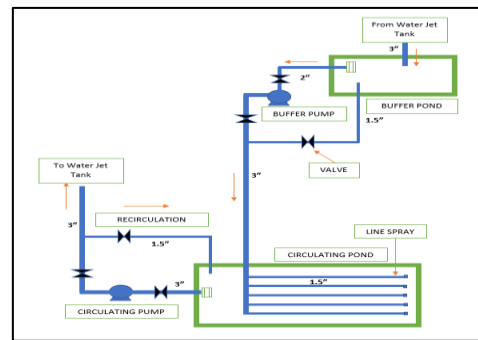
ANALISA DESAIN DAN UJI KEANDALAN

1. Analisa Desain

Untuk mensirkulasikan air di *line spray*, desain ini menggunakan pompa sentrifugal dengan kapasitas pompa sebesar 600 L/min, untuk menjaga level air di *buffer pond* dan *circulating pond* maka pompa yang digunakan kapasitasnya harus sama. Berikut tabel spesifikasi pompa;

Tabel 4. Spesifikasi Pompa Buffer Pump Dan Circulating Pump

NO	SPECIFICATION PUMP	UNIT
1	Q.max : 600	L/min
2	Suction H.max : 9	m
3	H.max : 20	M
4	Frekuensi : 50	Hz
5	Size : 4 x 4	Inchi
6	Speed : 2850	Rpm



Gambar 4.3. Desain sistem *cooling water jet*

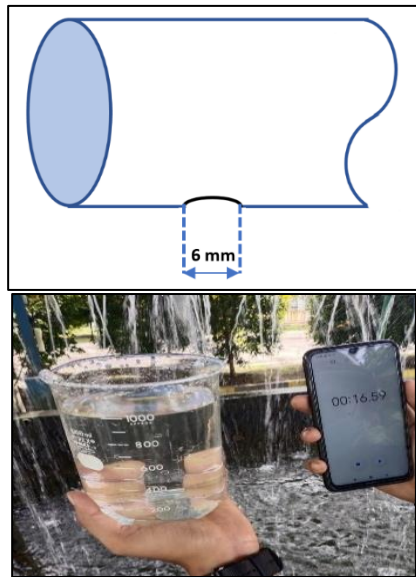
Desain sistem *cooling* ini menggunakan ukuran pipa schedule 40 dengan panjang pipa 6 meter di pasang secara berurutan seperti gambar diatas. Diameter lubang *spray* berukuran 6 mm.

Untuk menentukan diameter lubang pipa *spray* kita lakukan analisa percobaan variasi diameter lubang *spray* sebagai berikut ;

Tabel 5. Variasi diameter lubang *spray*

No	Ø Lubang Spray	Total Lubang Spray	Q.Air Per Lubang
1	2 mm	115 lubang	$1000 \frac{ml}{17s}$
2	4 mm	115 lubang	$1000 \frac{ml}{17s}$
3	6 mm	115 lubang	$1000 \frac{ml}{17s}$
4	8 mm	115 lubang	$1000 \frac{ml}{17s}$

Pengambilan debit air menggunakan gelas ukur dan *stopwatch*. Untuk variasi percobaan menggunakan jumlah lubang *spray* 115 dan inputan Q.pompa *buffer* sebesar $1000 \frac{ml}{17s}$, sehingga dengan variasi diameter lubang *spray* yang berbeda tetapi debit air keluar *spray* asumsinya sama. Berikut gambar lubang *spray* dan pengambilan data debit air pada lubang *spray*.



Gambar 4.4 Lubang spray dan debit air pada lubang spray

Ket :

\varnothing Lubang spray : 6 mm

Q . air per lubang spray : $1000 \frac{ml}{17s}$

Total lubang spray : 115

A : Luas penampang (m^2)

v : Kecepatan aliran (m/s)

Q : Debit Aliran Fluida (m^3/s)

Persamaan untuk menentukan debit air

$$Q = A \cdot v = \frac{v}{t}$$

1. Debit air keluar lubang *spray* pada lubang *spray* 2,4,6 dan, 8 mm.

$$Q = 1000 \frac{ml}{17s} = 3,529 \text{ l/min}$$

$$= 5,38 \times 10^{-5} \text{ m}^3/s$$

Jumlah lubang spray 115 maka total debit air pada pipa *spray* adalah

$$= 5,38 \times 10^{-5} \text{ m}^3/s .$$

$$115 = 0,676 \times 10^{-1} \text{ m}^3/s$$

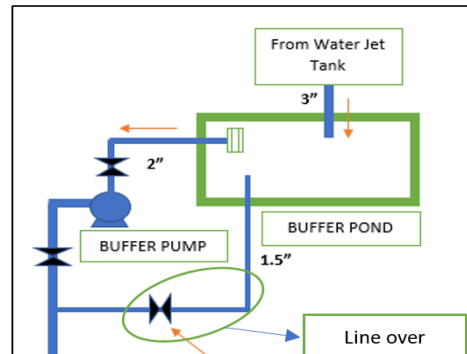
Untuk desain kapasitas Q . max *buffer pump* 600 l/min = $1 \times 10^{-1} \text{ m}^3/s$

Aliran *discharge* pompa di bagi menjadi 2 yaitu untuk *line over flow* dan *spray cooling*. *Line over flow* ini bertujuan untuk menstabilkan level *buffer pond* dan *circlulating pond*. Sehingga,

Q .air line ofer flow *Buffer pump* =

$$1 \times 10^{-1} \text{ m}^3/s - 0,676 \times 10^{-1} \text{ m}^3/s$$

$$= 0,324 \times 10^{-1} \text{ m}^3/s$$



Gambar 4.5 Line over flow *buffer pump*

2. Menentukan kecepatan air keluar *spray* dengan diameter lubang 2 mm. Menentukan luas penampang diameter 2 mm

$$A = \pi r^2$$

$$= 3,14 \cdot 1^2$$

$$= 3,14 \text{ mm}^2$$

$$= 3,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Kecepatan air keluar dari lubang *spray*

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

$$= \frac{5,38 \times 10^{-5} \text{ m}^3/s}{3,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$= 17.133 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan air keluar dari lubang *spray* diameter 2 mm adalah 17.133 m/s

3. Menentukan kecepatan air keluar *spray* dengan diameter lubang 4 mm. Menentukan luas penampang diameter 4 mm

$$A = \pi r^2$$

$$= 3,14 \cdot 2^2$$

$$= 12,58 \text{ mm}^2$$

$$= 1,258 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Kecepatan air keluar dari lubang *spray*

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

$$= \frac{5,38 \times 10^{-5} \text{ m}^3/s}{1,258 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$= 4,276 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan air keluar dari lubang *spray* diameter 6 mm adalah 4,276 m/s

4. Menentukan kecepatan air keluar spray dengan diameter lubang 6 mm
Menentukan luas penampang diameter 6 mm

$$A = \pi r^2$$

$$= 3,14 \cdot 3^2$$

$$= 28,26 \text{ mm}^2$$

$$= 2,82 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Kecepatan air keluar dari lubang *spray*

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

$$= \frac{5,38 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{2,82 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$= 1,907 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan air keluar dari lubang *spray* diameter 6 mm adalah 1,907 m/s

5. Menentukan kecepatan air keluar *spray* dengan diameter lubang 8 mm
Menentukan luas penampang diameter 4 mm

$$A = \pi r^2$$

$$= 3,14 \cdot 4^2$$

$$= 50,24 \text{ mm}^2$$

$$= 5,024 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

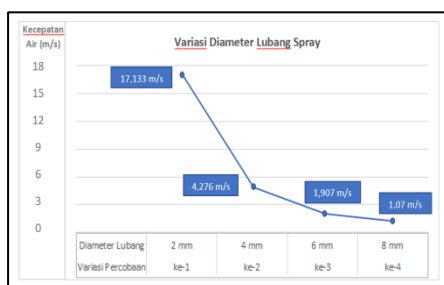
Kecepatan air keluar dari lubang *spray*

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

$$= \frac{5,38 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{5,024 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$= 1,07 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan air keluar dari lubang *spray* diameter 8 mm adalah 1,07 m/s



Gambar 4.6 Grafik kecepatan air dengan variasi diameter lubang *spray*

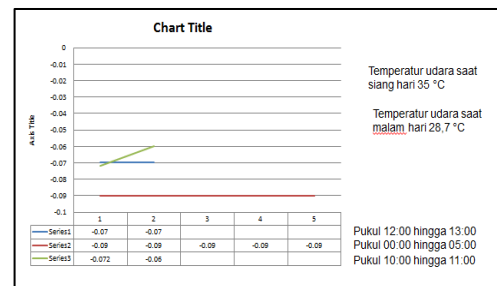
Dari data diatas untuk percobaan diperoleh kecepatan air keluar lubang *spray* sebagai berikut;

Tabel 6. Kecepatan air keluar dari lubang *spray*

Variasi Percobaan	Diameter Lubang	Kecepatan Air
ke-1	2 mm	17,133 m/s
ke-2	4 mm	4,276 m/s
ke-3	6 mm	1,907 m/s
ke-4	8 mm	1,07 m/s

Dari analisa percobaan diameter lubang *spray* diperoleh data kecepatan air yang berbanding lurus dengan diameter lubang *spray*. dimana semakin besar diameter *spray* maka kecepatan air semakin lambat, dan sebaliknya. Oleh karena itu desain ini memakai variasi percobaan ke-3 yaitu diameter lubang *spray* 6 mm dengan kecepatan air keluar *spray* 1,907 m/s. sehingga proses jauhnya air dari pipa ke circulating pond tidak terlalu cepat.

2. Uji Keandalan Water Ejector System



Gambar 4.12 Hasil Uji Keandalan

Kondisi *vacuum* saat operasi pada siang hari terjadi penurunan *vacuum* pada *condensor*, dan saat dimana temperatur air pada malam hari *vacuum* mengalami kenaikan. Berdasarkan data dan penjelasan diatas menyebutkan bahwa kondisi *vacuum condensor* pada malam hari lebih baik daripada kondisi *vacuum* pada siang hari. Karena pada malam hari *system cooling* bekerja dengan optimal dengan memanfaatkan udara malam yang dingin, daripada saat kondisi siang hari yang memanfaatkan udara panas untuk proses *cooling* / pendinginan. Jadi dapat ditarik suatu kesimpulan *temperature* yang berada pada *water jet tank* lebih dingin pada saat kondisi malam hari dengan melihat grafik diatas.

Tabel 8. Hasil Uji Keandalan

Water Ejector System								
No	Vacuum Cond (Mpa)		Pres Pump (Mpa)		Temp Inlet (°C)		Temp Outlet (°C)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
1	-0.080	-0.09	0,21	0.3	54.1	42	57	39
2	-0.081	-0.09	0,22	0.3	54.4	42	58	39
3	-0.082	-0.09	0,23	0.3	54.3	42	58	39
4	-0.080	-0.09	0,2	0.3	56	42	58	39
5	-0.085	-0.09	0,24	0.3	54	42	59	39
6	-0.086	-0.09	0,26	0.3	53	42	58	39
7	-0.080	-0.09	0,21	0.3	55.2	42	58	39
8	-0.083	-0.09	0,23	0.3	55	42	59	39
9	-0.082	-0.09	0,22	0.3	54.4	42	59	39
10	-0.081	-0.09	0,22	0.3	55.8	42	60	39

Dari evaluasi yang dilakukan, temperature air dalam tanki sangat berpengaruh terhadap kinerja *water ejector system*. Hal ini dibuktikan dengan data riwayat *temperature* air tanki yang tinggi dapat menyebabkan *pressure ejector* menurun yang kemudian dapat memengaruhi *vacuum condensor*. Dari data di atas dapat disimpulkan dengan *temperature* air *water jet tank* < 50 °C maka kinerja *water jet system* lebih maksimal sehingga *vacuum condensor* lebih terjaga di *pressure* – 0.09 Mpa.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penyusunan karya inovasi ini, adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan analisa kinerja *water ejector system* ini maka dapat diketahui penyebab kenaikan temperature *water ejector* karena tidak ada system pendingin
2. Optimalisasi kinerja *water ejector system* dapat membantu menjaga *vacuum condensor* lebih stabil yang tentunya meningkatkan kehandalan unit pembangkit.
3. Implementasikannya inovasi ini sistem pendinginan air pada *ejector system* lebih maksimal dan *effisien*.
4. Meningkatkan kesiapan unit pembangkit karena bisa beroperasi dengan handal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Khamdila, Santhi Wilastari, Agus Saleh. 2019. Menjaga Kestabilan Suhu Ruang *Evaporator* Berdampak Pada Asil Produksi Air Tawar *Fresh Water Generator Vol 19*. SEMARANG
- Sulaiman Fikran , Cecep Slamet Abadi dan , Emir Ridwanl. 2004. Analisa Pengaruh Kinerja *Steam Jet Ejector* Terhadap Kevakuman Kondensor. JAKARTA
- Asrorin Safira, Zata Lini, dan Bayu Rudiyanto. 2016, Penentuan Nilai Efektivitas Condenser. PROBOLINGGO
- Yeyet Handayani¹, Fachruddin dan, Candra Damis Widiawati, 2008. Analisis Pengaruh Perubahan Nilai Kevakuman Kondensor Terhadap Efisiensi Turbin Uap. JAKARTA
- Rein Pukoliwutang, Sherwin R.U.A, Ompie Dan, Elia K Allo, 2017. Pengaturan Pendinginan Pada Kondensor Untuk Alat Destilasi Asap Cair
- Sulistiono, Agus Sugiri dan Ahmad Yudi eka R. 2013. Jurnal Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikhrohidro. LAMPUNG
- Enjiniring, *Shandong Company* 2006, *Steam Turbine Design Manual Vol.1 China*
- Enjiniring, *Shandong Company* 2006, *Steam Turbine Design Manual Vol.2 China*
- Annex rianda, 2017 IK-TD-5.1.3.010 pengoperasian *Water Ejector Pump PT PJB Services*. TIDORE
- Ardianto, 2015, Sistem pendingin *Cooling Tower* PT. PJB O & M PLTU Tenayan. RIAU