

Kaji Teoritik Pengaruh *Tube Plugging* Terhadap Penurunan Beban Pembangkit Listrik Tipe 625 MW Reheat Condensing Steam Turbine

Rizki Ramdani¹ dan Hery Sonawan²

Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pasundan

¹)email: rramdani313@yahoo.com

²)email: herysonawan@unpas.ac.id

Abstrak

Sebuah pembangkit listrik tipe 625 MW Reheat Condensing Steam Turbine mengalami masalah *condensing system*, diakibatkan kerusakan dan kebocoran tube-tube kondensor. Untuk mengatasi kebocoran dilakukan *tube plugging*, sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan beban pembangkit. Berdasarkan pemeriksaan *Eddy Current Test (ECT)*, terdapat 20.359 tube mengalami kerusakan dengan tingkat keparahan 70% - 90%. Mengingat tingkat kerusakan tube yang parah berdasarkan hasil *ECT*, kemungkinan untuk dilakukannya penambahan *plugging* terhadap tube yang bocor sangatlah besar. Apabila dilakukan penambahan *plugging*, perlu diperhitungkan dampaknya terhadap penurunan beban pembangkit. Penelitian dilakukan untuk memperoleh hubungan antara beban pembangkit listrik dengan jumlah tube *plugging*. Tahapan yang dilakukan yaitu menghitung beban pembangkit pada kondisi normal atau beban penuh, melakukan validasi terhadap perhitungan beban yang didapat dan menghitung beban pembangkit akibat tube *plugging*. Untuk kondisi tube *plugging* tingkat kerusakan tube 90% (342 tube) kondisi parameter pembangkit yaitu; *cooling water flow* 96.268.705 kg/h, panas maksimal yang diserap *cooling water flow* 2.817.011.509 kJ/h, *steam flow* masuk kondensor 1.501.545 kg/h, *main steam flow* 1.929.474 kg/h dan beban pembangkit sebesar 617,92 MW. Selain pada tingkat kerusakan tube 90%, perhitungan dilakukan pula pada tingkat kerusakan tube 85%, 80%, 75% dan 70 %. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa, beban pembangkit berbanding terbalik dengan jumlah tube *plugging*. Bentuk dari hubungan tersebut yaitu linier dengan bentuk persamaan $Beban = -0,0203N + 624,87$.

Kata kunci: *condensing system*, *tube plugging*, beban pembangkit

1. Pendahuluan

Sebuah Pembangkit Listrik dengan 625 MW Reheat Condensing Steam Turbine, kehilangan produksi listrik sebesar 434 MWh selama periode Januari s.d. September 2016. Hilangnya produksi listrik disebabkan oleh masalah yang terjadi pada *condensing system*. Telah dilakukan *simple inspection* terhadap komponen kondensor, untuk mengetahui penyebab masalah yang terjadi pada *condensing system*. Hasilnya menunjukkan bahwa permasalahan *condensing system* disebabkan oleh cacat *wall-loss tube*, sehingga menyebabkan kerusakan dan kebocoran pada tube-tube kondensor. *Non Destructive Test (NDT)* berupa *Eddy Current Test*, telah dilakukan pula untuk mengetahui tingkat kerusakan cacat *wall-loss tube* yang terjadi. Hasilnya menunjukkan bahwa sebanyak 20.359 tube atau 65,66% tube mengalami tingkat kerusakan cacat *wall-loss* 70-90%.

Penutupan saluran tube kondensor (*tube plugging*), dilakukan untuk mengatasi kebocoran. *Plugging* yang dilakukan pada tube menyebabkan terjadinya penurunan produksi listrik atau beban pembangkit. Mengingat tingkat kerusakan tube yang parah berdasarkan hasil NDT, kemungkinan untuk dilakukannya penambahan *plugging* terhadap tube yang bocor sangatlah besar. Apabila dilakukan penambahan *plugging*, perlu diperhitungkan dampaknya terhadap penurunan beban pembangkit. Penurunan beban di tengah kebutuhan masyarakat akan energi listrik yang semakin meningkat, sudah seharusnya dilakukan secara terencana dan tepat. Oleh karena itu dirasa perlu adanya penelitian, yang mengkaji masalah penurunan beban pembangkit akibat tube *plugging*.

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hubungan antara beban pembangkitan listrik terhadap jumlah *tube plugging*. Secara garis besar, tahapan yang telah dilakukan yaitu menghitung beban pembangkit pada kondisi normal atau beban penuh, melakukan validasi terhadap perhitungan beban yang didapat dan menghitung beban pembangkitan akibat *tube plugging*. Perhitungan beban pembangkit akibat *tube plugging* dilakukan pada *tube* dengan tingkat kerusakan cacat *wall loss* 70%, 75%, 80%, 85% dan 90%. Penelitian dilakukan berdasarkan kaji teoritik dari berbagai sumber. Adapun hukum-hukum, siklus dan data yang mendukung perhitungan dan analisis nanti diantaranya Hukum Termodinamika I, Hukum Termodinamika II, dan Hukum Kekekalan Massa. Keluaran dari penelitian ini yaitu dihasilkannya persamaan matematis yang berguna untuk menghitung beban pembangkitan listrik sebagai fungsi dari jumlah *tube plugging*. Manfaat hasil penelitian tersebut nantinya dapat dijadikan acuan dalam pengambilan tindakan, yang terkait pemenuhan kebutuhan energi listrik di pembangkit tersebut.

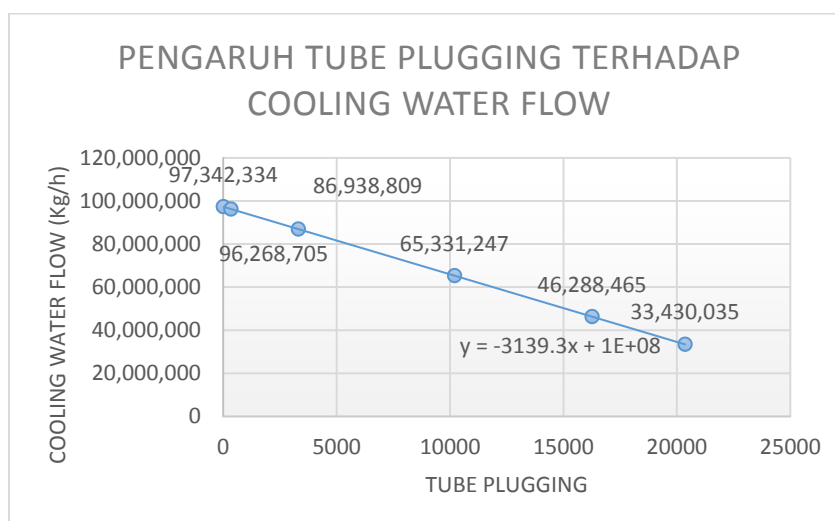
2. Metodologi

Tahapan atau metodologi yang dilakukan untuk menghitung beban pembangkitan listrik sebagai fungsi dari jumlah *tube plugging* yaitu:

1. Melakukan kaji teoritik Pembangkit Listrik Tenaga Uap
2. Mengumpulkan data operasi pembangkit listrik pada periode 3 bulan sebelum dilakukan *tube plugging*
3. Mempelajari desain dan spesifikasi pembangkit listrik Tipe 625 MW *Reheat Condensing Steam Turbine*
4. Menghitung beban pembangkit listrik tipe 625 MW *Reheat Condensing Steam Turbine* pada kondisi normal atau beban penuh
5. Melakukan validasi perhitungan
6. Melakukan perhitungan beban pembangkit listrik tipe 625 MW *Reheat Condensing Steam Turbine* sebagai fungsi dari jumlah *tube plugging*
7. Hasil dan pembahasan
8. Menarik kesimpulan

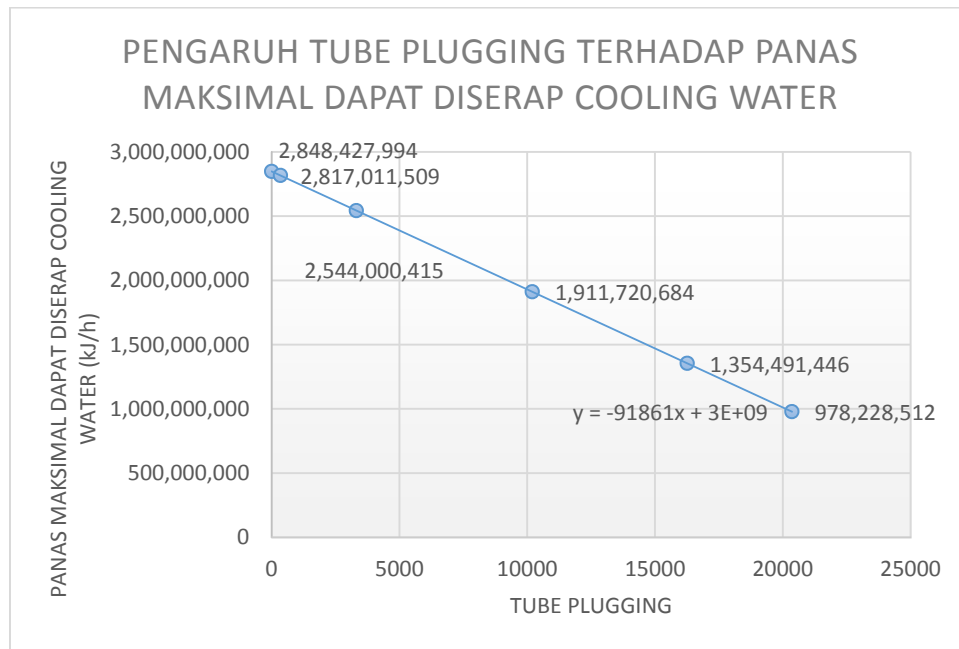
3. Hasil dan Pembahasan

Tube plugging secara langsung berpengaruh terhadap penurunan *cooling water flow*. Hal ini terjadi ketika kecepatan *cooling water* di dalam *tube* dibuat konstan yaitu pada 2,311 m/s. Hasil perhitungan pengaruh *tube plugging* terhadap penurunan *cooling water flow* tersebut, dapat dilihat pada Gambar 1.



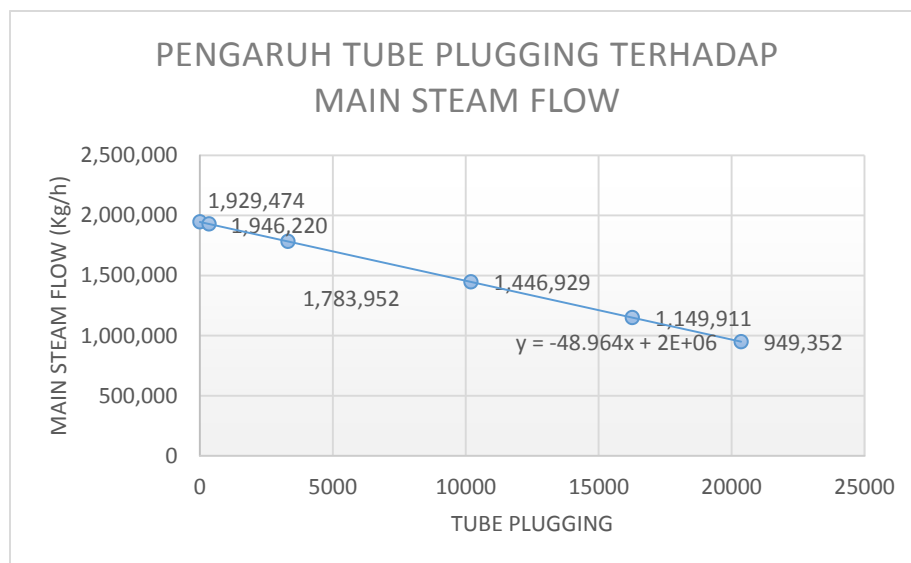
Gambar 1 Pengaruh Tube Plugging Terhadap Cooling Water Flow

Berdasarkan perhitungan lainnya, diketahui bahwa penurunan *cooling water flow* akibat *tube plugging* akan berpengaruh langsung terhadap panas yang dapat diserap *cooling water*. Pengaruh tersebut menyebabkan penurunan panas yang dapat diserap *cooling water*. Ketika terjadi penurunan *cooling water flow* maka berpengaruh pula terhadap penurunan panas yang dapat diserap *cooling water*. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengaruh tube plugging terhadap panas maksimal yang dapat diserap cooling water

Penurunan panas yang dapat diserap *cooling water* secara langsung berpengaruh terhadap sistem pembangkit listrik. Pengaruh tersebut yaitu perubahan *main steam flow* yang diizinkan masuk ke dalam turbin dan kondensor. Perhitungan menunjukkan bahwa penurunan panas yang dapat diserap *cooling water* menyebabkan *main steam flow* yang diizinkan masuk turbin dan kondensor menjadi berkurang. Penurunan *main steam flow* dilakukan untuk menjaga agar panas dapat secara maksimal diserap *cooling water*. Hasil perhitungan penurunan *main steam flow* yang dapat masuk ke turbin dan kondensor dapat dilihat pada Gambar 3.



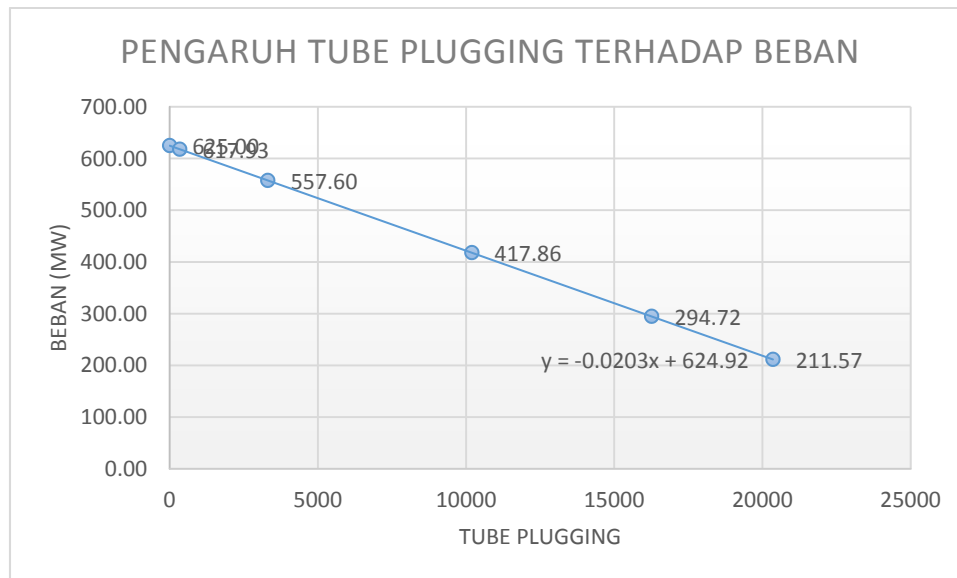
Gambar 3 Pengaruh tube plugging terhadap main steam flow

Perubahan-perubahan yang disebabkan oleh *tube plugging* mulai dari *cooling water flow*, panas yang diserap *cooling water*, *steam flow* masuk kondensor dan *main steam flow* secara tidak langsung menyebabkan penurunan beban pembangkit. Kondisi normal beban pembangkit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi operasi pembangkit pada produksi listrik normal (beban penuh) tanpa tube plugging

TUBE PLUGGING	COOLING WATER FLOW (Kg/h)	PANAS YANG DISERAP COOLING WATER (kJ/h)	STEAM FLOW MASUK KONDENSOR (Kg/h)	MAIN STEAM FLOW (Kg/h)	BEBAN (MW)
0	97.342.334	2.848.427.994	1.518.291	1.946.220	625

Perhitungan menunjukkan bahwa untuk kondisi atau parameter sistem yang sama seperti pada Tabel 1, PLTU mengalami penurunan beban pembangkit akibat *tube plugging*. Adapun hasil perhitungan beban pembangkit tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Pengaruh Tube Plugging Terhadap Beban

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa untuk *tube plugging* tingkat kecacatan kondensor 90% (342 tube), beban PLTU yaitu 617,926 MW. *Tube plugging* tingkat kecacatan kondensor 90% dan 5% (3314 tube), beban PLTU yaitu 557,593 MW. *Tube plugging* tingkat kecacatan kondensor 90%, 85% dan 80% (10197 tube), beban PLTU yaitu 417,863 MW. *Tube plugging* tingkat kecacatan kondensor 90%, 85%, 80% dan 75% (16263 tube), beban PLTU yaitu 294,720 MW, sedangkan untuk *tube plugging* tingkat kecacatan kondensor 90%, 85%, 80%, 75% dan 70% (20359 tube), beban PLTU yaitu 211,569 MW. Dari Gambar 4 itu pula, korelasi matematik yang diperoleh berbentuk persamaan linier sebagai berikut:

$$\text{Beban} = -0,0203N + 624,92$$

Dengan N adalah jumlah *tube plugging*.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan, kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain:

- Hasil validasi perhitungan produksi listrik pada kondisi normal (beban penuh), menunjukkan bahwa perhitungan tersebut mendekati (sesuai) dengan *heat balance design*.
- *Tube plugging* secara tidak langsung berpengaruh terhadap penurunan beban pembangkit. Bentuk persamaan dari hubungan tersebut yaitu:

$$\text{Beban} = -0,0203N + 624,92$$

Keterangan: Beban = beban pembangkit (MW)

N = jumlah *tube plugging* (buah)

Daftar Pustaka

- [1] Reynolds, William C dan Perkins, Henry C. 1977. Termodinamika Teknik Edisi ke-2 Diterjemahkan oleh Filino Harahap. Jakarta: Erlangga.
- [2] Becker, W T dan Shipley, R J. 2002. ASM Handbook Volume 11 Failure Analysis and Prevention.
- [3] Shanghai Turbine Co. 2008. 625mw Reheat Condensing Steam Turbine Thermal Performance Data For Suralaya.
- [4] Indonesia Power. 2016. Hasil Inspeksi, Assessment & Mitigasi Risiko Gangguan Condensor.