

# Model pencemaran limbah air panas Pembangkit Listrik Tenaga Uap Tambak Lorok di Kolam Pelabuhan Tanjung Emas Semarang

Sunarsih, examiner

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=78703&lokasi=lokal>

---

## Abstrak

### <b>ABSTRAK</b>

Kebijakan di bidang energi merupakan bagian integral dari kebijaksanaan nasional yang secara menyeluruh berkaitan erat dengan pertumbuhan ekonomi, penambahan penduduk dan penyediaan energi.

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi, kebutuhan listrik terus meningkat dari tahun ke tahun. Khususnya untuk sistem kelistrikan Jawa-Bali konsumsinya 80% dari konsumsi listrik seluruh Indonesia. Hal tersebut sesuai dengan skenario tingginya pertumbuhan kebutuhan listrik rata-rata dalam Repelita V menjadi 15,5% per tahun, kemudian meningkat lagi menjadi 17,7% per tahun pada Repelita VI dan kemudian baru menurun sampai 14,1% pada Repelita VII.

Dalam rangka untuk memenuhi laju pertumbuhan permintaan akan listrik dan meningkatkan pelayanan kepada masyarakat, pemerintah Republik Indonesia membangun beberapa Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), salah satu diantaranya adalah PLTU Tambak Lorok Semarang.

PLTU Tambak Lorok adalah suatu pusat pembangkit tenaga listrik dengan kapasitas terpasang 300 MW yang menggunakan uap sebagai penggerak utama turbin guna menghasilkan tenaga listrik. Sistem ini bekerja dengan menggunakan air laut sebagai cairan kerja. Air laut diubah menjadi uap di boiler (ketel uap) dan keluar dari turbin, kemudian uap dimasukkan ke kondensator (mesin pengembun) dengan pendingin berasal dari air laut sehingga mencair kembali. Buangan air pendingin berupa air panas ini dikeluarkan melalui outlet menuju kolam pelabuhan Tanjung Emas. Buangan air ini disebut "limbah air panas" yang akan menyebabkan terjadinya perubahan suhu pada suatu perairan.

Dalam penelitian ini masalah ditekankan pada simulasi model dinamika sistem pencemaran limbah air panas terhadap sifat fisikkimia air dan biota perairan di saluran pembuangan (outlet). Apabila limbah air panas tersebut dibuang ke dalam suatu perairan yang berlebihan hingga melampaui kemampuan dayadukung lingkungan perairan itu, maka limbah air panas akan berbahaya bagi lingkungan perairan. Hal ini akan berdampak pada menurunnya kualitas perairan terhadap sifat fisik-kimia air dan indeks keanekaragaman biota perairan (plankton).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran atau merumuskan model pengaruh limbah air panas terhadap sifat fisikkimia air dan biota perairan secara sederhana. Untuk selanjutnya, penelitian ini dapat digunakan untuk memberikan masukan kebijaksanaan pengelolaan yang baik terhadap pusat Pembangkit

Listrik Tenaga Uap (PLTU), sehingga akibat sampingannya dapat ditekan serendah-rendahnya.

Hubungan antara setiap faktor yang saling berinteraksi dan saling mempengaruhi untuk setiap faktor yang berpengaruh adalah berbeda. Hal ini menunjukkan kompleksitas model pencemaran limbah air panas. Untuk mengetahui besarnya pengaruh setiap faktor dan bentuk hubungan antar faktor dengan simulasi model dipilih pendekatan dengan metode analisis dinamika sistem yang menggunakan program "Powersim Version 2.01" copyright tahun 1993-1995 ModelData AS.

Untuk uji validasi model digunakan analisis satuan, simulasi model dalam bentuk grafik dan tabel serta verifikasi. Simulasi model terhadap parameter BOD dan COD sebagai nilai awal digunakan nilai baku mutu menurut Kepmen KLH No. Kep.O2/Men.KLH/1/1988 tentang Pencemaran Air Laut Untuk Budidaya Perikanan. Verifikasi model dilakukan dengan melakukan pengukuran di lapangan sebanyak 2 (dua) kali sampling pada 6 stasiun pengamatan di perairan kolam pelabuhan Tanjung Emas. Selain itu untuk keperluan verifikasi juga digunakan data hasil survai hidro-oceanologi Tambak Lorok (1993), studi ANDAL PLTU Tambak Lorok Blok II (1995) dan hasil pemantauan (1995-1996).

Untuk melihat gambaran sebab-akibat antar faktor tersebut dilakukan dengan mengembangkan sub-sistem model dan membangunnya dari sub-sistem-sub-sistem model tersebut sehingga menjadi sistem yang besar. Dengan melalui asumsi-asumsi yang diambil dari beberapa simulasi, maka simulasi model dapat mendukung konsep siklus pencemaran limbah air panas yang berpengaruh terhadap berbagai faktor yang membentuk suatu sistem pencemaran.

Hasil analisis menunjukkan bahwa limbah air panas yang dibuang ke perairan dapat merubah kondisi perairan yang berakibat naiknya suhu lebih tinggi dari suhu ambien level-nya ( $30^{\circ}\text{C}$ ) dengan  $\pm$  sebesar  $7^{\circ}\text{C}$ . Naiknya suhu perairan berpengaruh terhadap kelarutan oksigen dalam air. Semakin tinggi suhu air, maka kelarutan oksigen makin rendah sehingga kandungan oksigen terlarut akan kecil. Dalam simulasi model dinamika sistem yang dihasilkan berdasarkan waktu, pada suhu di pelimbahan (outlet) sama dengan  $37^{\circ}\text{C}$  dan oksigen terlarut (DO) sama dengan 7 mg/l, maka indeks keanekaragaman yang diperoleh dari simulasi sebesar 2,63. Hal ini menunjukkan kondisi perairan yang tercemar dengan tingkat pencemaran sedang.

Kenaikan suhu di perairan menyebabkan oksigen terlarut menurun, kebutuhan oksigen biologi (BOD) meningkat dan kebutuhan oksigen kimia (COD) meningkat. Dalam simulasi model dinamika sistem terhadap waktu menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman yang dipengaruhi oleh aliran informasi dari DO, BOD dan COD serta adanya proses pendinginan adalah sangat kecil, mendekati nilai 0 (nol). Hal ini menunjukkan bahwa biota air yang berada di pelimbahan (outlet) mati semua, walaupun pada waktu dilakukan sampling masih dapat tertangkap beberapa jenis plankton. Mengingat bahwa plankton bersifat melayang-layang, maka tertangkapnya jenis ini diduga karena mendapat limpahan dari saluran pembuangan.

Dengan adanya peningkatan suhu di perairan kolam Pelabuhan Tanjung Emas sebagai akibat limbah air panas PLTU diduga merupakan penyebab utama terjadinya penurunan jumlah dan jenis plankton di perairan tersebut. Indeks keanekaragaman terukur di pelimbahan (outlet) sebesar 1,43 dan 1,44. Ada dua jenis plankton yang dapat ditemukan di semua stasiun pengamatan yaitu Skeletonema dan Nitzschia yang mampu

bertahan hidup pada suhu

yang 37°C. Dalam simulasi model sistem dinamika menunjukkan bahwa adanya pengaruh suhu terhadap DO, BCD, COD, CL2, CO2, nitrogen dan pH akan memperbaiki kondisi perairan dengan indeks keanekaragaman sama dengan 1,57 dan akan menurun sesuai dengan keadaan suhu terhadap waktu.

Dengan meningkatkan kapasitas terpasang menjadi 500 MW menyebabkan debit air panas menjadi 250%, yang dapat mempercepat panasnya perairan, sehingga perairan menjadi cepat panas. Kenaikan panas ini akan menaikkan suhu dengan  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , sehingga suhu menjadi 39°C. Kondisi ini menyebabkan menurunnya nilai indeks keanekaragaman. Meningkatnya kalor panas limbah air panas tersebut dapat menyebabkan terjadi resirkulasi panas ke intake. Dari simulasi model dinamika sistem menunjukkan bahwa peningkatan panas dari limbah air panas lebih cepat dari sebelumnya kapasitas terpasang ditingkatkan. Sedangkan aliran air panas menunjukkan kestabilan atau adanya "goal seeking" dalam waktu yang relatif lama. Untuk menjaga kondisi perairan yang baik, maka kebijaksanaan yang diambil adalah dengan memutuskan aliran limbah air panas (aliran materi) dalam model yang berarti limbah air panas tidak dibuang di pelimbahan (outlet) seperti keadaan pada saat sekarang ini. Karena dengan memutus aliran ini berarti memindahkan tempat pelimbahan (outlet) atau saluran pembuangan. Bahkan menurut hasil studi yang pernah dilakukan oleh PLN bekerja sama dengan UGM, menyarankan agar tidak ada resirkulasi ke intake safuran pembuangan air panas dipindahkan di sebelah timur kolam pelabuhan. Dari segi lingkungan hidup hal ini sangat menguntungkan, karena limbah air panas segera mengalami pengenceran oleh atmosfer, sehingga nilai indeks keanekaragaman menunjukkan keadaan perairan yang tidak tercemar.

E. Daftar Kepustakaan : 47 (1961 - 1996)

---

**ABSTRACT**

The policies in the energy sector are an integral parts of national policies as a whole, and are closely related to the growth of the economy and population and the supply of energy.

The growth of economic, the demand for electricity continuously grows from year to year, especially in Java and Bali areas which consumes 80% of Indonesian electricity. The growth is in accordance to the forecast of electricity growth in the average of 15.5% per year during the fifth Repelita (National five year development planning) and the increase to 17.7% during the sixth Repelita before it decreases to 14.1% in the seventh Repelita.

To fulfill the growing demand for electricity and to improve the service to users, the government of Indonesia had build several steam generated electrical power plant (PLTU), one of which is PLTU Tambak Lorok Semarang.

PLTU Tambak Lorok is a power plant which uses steam as the main force to move the turbine to create electricity. This system is functioning by using sea water as the working liquid. The sea water is turned into steam in the boiler and out from turbine, the steam then being put in to a condenser with the chillier from sea water and to turn its thermal water discharged effluent back to sea water. The residual chillier which is now become hot water is discarded using an outlet to Tanjung Emas harbor pond. The discarded water is called

"thermal effluent" and it will cause changes in sea temperature in the surrounding areas.

In this research, the problem is emphasized on simulation of the dynamic model of thermal effluent system on the physical and chemical characteristics of sea water and aquatic biota in the waste outlet. If the water effluent is discarded excessively so that it exceeds the tolerance of surrounding sea water body, the waste will be poisonous. This brings the declines in quality of the water in terms of the physical-chemical characteristics of water, and diversity index of aquatic biota (plankton).

This research intends to capture the idea or to formulate the model of water effluent effect on the physical-chemical characteristic of the water and aquatic biota in a simple way. Furthermore, this research can be used as an input for the policy of good management to the Steam Power Plant, so that its environmental impact can be minimized.

The relationship among each interacting and affecting factor behaves differently. This shows the complexity of the water effluent model. To know the immensity of the effects of each factor and relationship with the simulation of the model, one chooses an approach with the analytical method of system dynamics which uses the program "Powersim version 2.01" copyright 1993-1995 by ModellingData, U.S.A.

To validate the model, one uses unit analysis, model simulation in graphics and tables and verifications. In the model simulation on parameters BOD and COD, as the starting value one chooses the standard quality value according to Kepmen KLH No. Kep.02/Men.KLH/1/1988 about the sea pollution for fishery. Model verification is done by measuring on the field with 2 samplings at 6 stations in the water at harbor Tanjung Emas. For observations, one also uses data from hydro-oceanology survey Tambak Lorok (1993), ANDAL study PLTU Tambak Lorok Blok II (1995) and observation result (1995-1996).

Figuring the causal relationship among those factors is carried out by developing a subsystem model and build it from the model's sub-systems to make a big system. From the assumptions taken from several simulations, the model can support the concept of water effluent pollution cycle which affects various factors forming some kind of pollution system.

Analysis results show that water effluent discarded into the water can change the water condition which makes the temperature rise higher than the ambient level (30°C) with  $\Delta t$  as much as 7°C. The water temperature increase affects the oxygen solvability. The higher the temperature, the oxygen solvability is lower, so that the oxygen in the water is little. In the system dynamics model simulation produced with repeat to time, at waste temperature equal to 37°C and dissolved oxygen (DO) equal to 7 mg/l, the diversity index acquired from the simulation is 2.63. It shows the polluted water condition at the middle level.

The increase of water temperature causes dissolved oxygen to decrease, biological oxygen demanded (BOD) increase, and chemical oxygen demanded (COD) to increase. The system dynamics model simulation with respect to time shows that diversity index affected by information flow from DO, BOD, and COD with the existence of the cooling system is very small, close to 0 (zero). This shows that the water biota which were in the outlet all died, although when sampled several kinds of plankton were still found. Recalling that

plankton's float, the capture of these plankton's may originate from the outlet.

With the increase of increase of temperature in the pond of Tanjung Emas Harbor because of water effluent, PLTU was thought the main culprit of the decrease of numbers and kinds of planks in the water. The diversity index measured in the outlet are 1.43 and 1.44. There were two kinds of plankton found in all the observation stations, namely Skeletonema and Nitzschia which survive at 37°C. The dynamics system model simulation showed that the temperature effect on DO, BOD, COD, C12, C02, nitrogen and pH will remedy the water condition with diversity index equal to 1.57, and will decrease according to the temperature condition with respect to time.

Increasing the installed capacity to 500 MW causes the water effluent debit to increase 250%, which accelerate the increase of water temperature. This increases temperature by 2°C, so the temperature will be 39°C. This condition causes a re-circulation to the intake. The system dynamics simulation model shows that the heat increase from the water effluent was faster than before the installed capacity had been increased. In the mean time, the hot water flow shows the stability or there was "goal seeking" for a relatively long time. To maintain a good water condition, the policy taken is by disconnecting the heat flow (material flow) in the model, which means the water effluent is not discarded in the outlet as the current situation. The flow disconnection means moving the outlet or the waste channel. Even, according to the result of study conducted together by PLN and AGM, to stop the re-circulation to the intake, the water effluent channel to be moved to east of the harbor pond. From the natural environment, this is very beneficial because the water effluent will immediately be thinned out by the atmosphere, so that the value of diversity index shows an unpolluted water situation.

E. Total of references : 47 (1961 until 1996)