PERANAN MODEL HIDRAULIKA DALAM PERENCANAAN PLTGU CILEGON

Siti Umi Kalsum [1]

Abstract

In the water works many problems can not be solved with available formulas. This is because the equations were derived from a certain condition that is not necessarily the same situation with the conditions of the planned the water works. Therefore, the hydraulic modeling is very useful. PLTGU Cilegon has several problems, among others: 1. in the event of high sea waves in the Java Sea, the sea water entering through the in take and can cause damage to the blade mixer behind the trash rack; 2. Trash and sediment sucked into thein take until the base so that it can inter fere with the performance of the cooling system. To overcome these problems several alternatives proposed by the pond wave absorbers.

The first alternative (addressing sediment and litter) is performed with an entrance aperture variations to determine the water leveland wave in the channel. The second alternative is to be made baffles channel, where the channel baffles makes natural variation door openings. The third alternative is to regulate the water level and wave into the channel by increasing the dimensions of the channel.

The results of the simulation in the laboratory, baffle channel before the in take tract with the door dimensional variation sand water level setting and the waves can be used so that thein take tract waves, sediment and trash can be overcome.

Keyword: hydraulic modelling,PLTGU Cilegon, the channelbaffles

PENDAHULUAN

Dalam perencanaan pekerjaan bangunan air banyak persoalan dan permasalahan yang tidak dapat diselesaikan dengan rumus-rumus yang ada. Hal ini dikarenakan rumus-rumus tersebut diturunkan dari suatu kondisi tertentu yang belum tentu keadaannya sama dengan kondisi bangunan air yang direncanakan. Oleh karena itu bantuan model hidraulik sangat bermanfaat.

Peranan model hidraulika dalam kegiatan perencanaan pekerjaan bangunan air antara lain:

1. Untuk melakukan optimasi perancangan bangunan air;
2. Untuk mendapatkan suatu tingkat keyakinan yang tinggi akan keberhasilan suatu perencanaan;
3. Untuk mengetahui atau meramalkan suatu unjuk kerja bangunan air serta pengaruhnya terhadap lingkungan;
4. Dalam rangka pengembangan laboratorium riset hidraulika;

PLTGU Cilegon merupakan Pembangkit Tenaga Listrik yang vital untuk kawasan industri Cilegon dan interkoneksi Jawa-Madura. Dalam prosesnya PLTGU ini menggunakan air laut dari Laut Jawa sebagai proses pendinginan yang berupa *open channel cooling water intake*. Saluran ini dibuat dengan panjang 525 m dan lebar 7 m dengan debit aliran 30,5 m^3/detik.

PLTGU Cilegon ini dalam pelaksanaanya terjadi beberapa masalah antara lain:

1. Pada saat terjadi gelombang besar di Laut Jawa gelombang masuk melalui intake dan dapat menyebabkan rusaknya sudu mixer di belakang *trash rack;*
2. Sampah dan sedimen tersedot masuk intake dan sampai ke pangkal intakesehingga dapat mengganggu kinerja sistem pendingin

Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan alternatif dengan pembuatan Kolam Peredam Gelombang

Tujuan dari pemodelan ini adalah:

1. Optimasi ukuran dan bentuk kolam peredam gelombang yang sekaligus berfungsi sebagai penangkap sampah dan pengendap sedimen;
2. Mengkaji unjuk kerja kolam terutama analisis pola aliran yang terjadi di kolam;
3. Memberi masukan dan pedoman untuk keperluan perencanaan kolam peredam gelombang dan pengendap sedimen.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Debit yang masuk ke intake
2. Tinggi, panjang, periode gelombang
3. Kecepatan aliran
4. Peta situasi dan tata letak kolam peredam yang akan dibuat.
5. Panjang saluran

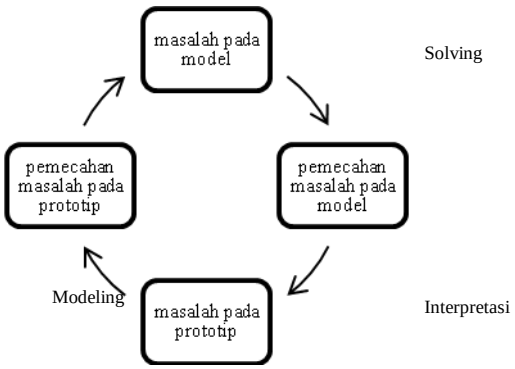
LANDASAN TEORI

Model fisik, yang merupakan permodelan hidraulik dibuat apabila fenomena fisik dari permasalahan yang ada di prototip dapat dibuat dengan skala yang lebih kecil dengan kesebangunan yang cukup memadai. Dengan ukuran model yang kecil, semua fenomena yang terjadi dapat diamati dengan lebih mudah dan lebih

[1] Dosen Fakultas Teknik Universitas Batanghari

cermat, dan permasalahan dapat diselesaikan dengan beberapa alternatif perencanaan (Yuwono, 1994).

A. Prinsip Modelisasi



Modeling adalah proses peniruan masalah yang ada di prototip dengan skala yang lebih kecil dilakukan dengan cara yang benar yaitu:

1. Untuk melakukan modelisasi peneliti dituntut mempunyai ilmu pengetahuan yang cukup yang berkaitan dengan penentuan fenomena yang sangat berpengaruh dalam permasalahan
2. Fenomena yang sangat berpengaruh dalam permasalahan tersebut dengan prinsip-prinsip modelisasi harus ikut terbawa dalam model. Dengan demikian permasalahan tersebut dapat diusahakan untuk diselesaikan dalam model
3. Prinsip-prinsip modelisasi ini diantaranya adalah scale law dan scala condition (atau sering disebut criteria sebangun)

Solving adalah usaha penyelesaian masalah yang telah berada di model.

1. Untuk penyelesaian permasalahan ini, peneliti dituntut untuk mempunyai teknik-teknik pemecahan masalah karena model itu sendiri tidak menyelesaikan masalah tapi penelitinya yang memecahkan masalahnya.
2. Untuk itu peneliti dituntut harus mempunyai ilmu pengetahuan yang cukup di bidang yang diteliti sehingga pemecahan masalah yang dilakukan dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

Interpretasi adalah suatu usaha untuk memindahkan hasil penyelesaian masalah yang dikerjakan di model untuk keperluan pemecahan masalah yang berlaku di prototip

1. Proses interpretasi dilakukan dengan cara yang sama seperti pada waktu membawa permasalahan ke model (modeling)yaitu menggunakan *scale law* dan *scale condition* yang dipakai pada waktu membuat model
2. Apabila model ditujukan untuk riset secara umum, maka hasil model diusahakan dipresentasikan dalam rumus atau grafik dengan parameter non dimensi *(dimensionless parameters)*

Batasan-batasan pemodelan:

1. Gelombang yang masuk ke intake diredam dengan menggunakan kolam peredam gelombang pada lokasi area yang telah ditentukan;
2. Desain Kolam Peredam Gelombang harus mempertimbangkan posisi saluran eksisting dan tidak menganggu operasi intake eksisting;
3. Mempertimbangkan pemanfaatan saluran lama untuk pengambilan air selama kolam dibersihkan dari lumpur/sedimen.

B. Hukum Skala dan Kesebangunan

Menurut Yuwono (1994), dasar-dasar penyekalaan model membentuk kembali masalah yang ada di prototip dengan skala yang lebih kecil adalah dengan kesebangunan, sehingga fenomena yang ada di model tersebut sebangun dengan yang ada di prototip. Kesebangunan tersebut dapat berupa:

a. sebangun geometrik (panjang, lebar, tinggi);
b. sebangun kinematik (kecepatan);
c. sebangun dinamik (berhubungan dengan gaya).

Hubungan antara prototip dan model diturunkan dengan skala, dimana untuk masing-masing parameter mempunyai skala tersendiri dan besarnya tidak sama.

De Vries (1977) mengemukakan bahwa dalam pembuatan suatu model hubungan skala antara parameter dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. Hukum skala (*scale law*), yaitu hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi berdasarkan rumus-rumus yang ada,
b. Persyaratan skala (*scale condition*), yaitu hubungan antar skala paremeter yang harus dipenuhi untuk menghindari *scale effect*. Seiring pula hal ini disebut kriteria sebangun.

Pada studi kasus ini hanya ditinjau kondisi aliran muka air bebas (*free surface flow*), yaitu sebagai berikut:

Persamaan gerak

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U\frac{\partial U}{\partial x} = -\frac{\partial p}{\rho.\partial x} - \frac{g.U.|U|}{C^2.A}$$

Persamaan kontinuitas

$$\frac{\partial a}{\partial t} + U\frac{\partial a}{\partial t} + a\frac{\partial U}{\partial t} = 0 \qquad (1)$$

Dengan p = ρ . g . a + ρ . g . z, maka persamaan (1) menjadi:

$$\frac{\partial U}{g.\partial t} + U\frac{\partial}{\partial x}\frac{\partial U^2}{2.g} = -\frac{\partial a}{\rho.\partial x}\frac{\partial z}{\rho.\partial x} - \frac{U.|U|}{C^2.A} \quad (2)$$

Dari persamaan-persamaan tersebut, didapatkan hubungan skala sebagai berikut:

a. sebangun geometrik (*geometric condition*)
   $n_a = n_\Delta$
b. sebangun kinematik (*kinematic condition*)
   $n_L = n_u \, . \, n_t$
c. sebangun dinamik – Froude (*Froude - condition*)
   $n_u = \sqrt{n_a}$
d. Sebangun dinamik – kekasaran (*roughness condition)*

$$n_c^2 = \frac{n_L}{\sqrt{n_a}} = r$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa skala n_t tidak harus sama dengan n_a, jadi dimungkinkan adanya distorsi sebesar

$$r = \frac{n_t}{n_a}$$

C. Kalibrasi dan Verifikasi

Agar didapatkan ketelitian dan keakuratan yang tinggi, maka dalam pembuatan model diperlukan dua tahap pengecekan model, sebagai berikut:

1. **Kalibrasi**, yaitu pengaturan model supaya data yang ada di prototip sesuai dengan data yang ada di model, misalnya pengaturan elevasi muka air pada saluran Kalibrasi terhadap alat ukur yang digunakan dalam penelitian juga perlu dilakukan, misalnya terhadap alat ukur elevasi (dikalibrasi terhadap datum) dan alat ukur debit.
2. **Verifikasi**, yaitu pembuktian bahwa model sudah sesuai dengan yang ada di prototip tanpa harus mengubah atau mengatur model lagi. Pada tahap ini diperlukan data yang sama seperti pada tahap kalibrasi dengan kondisi yang berbeda.

D. Teori yang berkaitan dengan studi kasus

1. Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut gelombang ini dibangkitkan oleh kapal yang bergerak (Triatmodjo,1999). Gelombang dapat menimbulkan energy untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Teori gelombang amplitudo kecil diturunkan dari persamaan Kontinuitas untuk aliran tak rotasi (Persamaan Laplace) yaitu:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0$$

Persamaan tersebut diselesaikan untuk mendapatkan nilai φ. Berdasarkan nilai φ

Yang dperoleh tersebut, sifat-sifat gelombang seperti fluktuasi muka air, kecepatan rambat gelombang, kecepatan partikel dan sebagainya dapat diturunkan, maka persamaannya menjadi:

$$\varphi = \frac{ag}{\sigma}\frac{\cosh k(d+y)}{coshkd}\sin(kx-\sigma t)$$

2. Mekanisme sedimen

Kapasitas sedimen yang hanyut di suatu aliran biasanya berbanding lurus dengan luas daerah pengalirannya, sehingga untuk satuan intensitas sedimentasi adalah volume sedimen yang hanyut dari setiap km^2 tiap tahunnya (m^3/km^2/tahun).

Pada proses morfologi, gerakan sedimen maupun aliran harus direproduksi kolam peredam gelombang dengan kesebangunan yang memadai, sehingga permasalahan yang ada pada prototip dapat diselesaikan di model kolam peredam gelombang tersebut dengan baik. Dalam proses permodelan diusahakan *scale effect* sekecil mungkin dengan mempergunakan kriteria kesebangunan berdasarkan parameter angkutan sedimen dan aliran.

Parameter angkutan sedimen

$$X = \frac{2}{D^{3/2}.\sqrt{\Delta.g}}$$

Parameter aliran

$$Y = \frac{\Delta.D}{\mu.a.i}$$

dengan :

Δ = *apparent factor density* = $\frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho_w}$

μ = *ripple factor*

$n_x = 1$, maka $n_s = n_D^{3/2} . n_\Delta^{1/2} = n_D^{3/2} . n_\Delta^{1/2} . n_L$

$n_y = 1$, maka $n_{\Delta D} = n_{\mu ai}$

$$U = C(a.i)^{1/2}$$

$n_D . n_\Delta = n_\mu . n_c^{-2} . n_u^2$

$n_u^2 = n_{D\Delta} . n_\mu^{-1} . n_c^2$ (kecepatan ideal)

Kriteria sebangun *Froude*

$n_u^2 = n_a$

Model yang harus memenuhi kedua kriteria kecepatan tersebut (kecepatan ideal dari Froude) cukup sulit dilaboratorium.

3. Bangunan *intake*

Bangunan *intake*/pengambilan saluran primer dilengkapi dengan pintu, hal ini adalah untuk mencegah agar selama pembilasan air tidak mengalir kembali dari saluran primer dan mencegah masuknya air pembilas yang mengandung sedimen kedalam saluran. Dimensi bangunan pengambilan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$U = m\sqrt{2.g.z}$$

$Q = U. a . b$

dengan:

Q = debit rencana (m^3/det)

U = kecepatan aliran (m/det)

m = koefisien debit (= 0,8 untuk pengambilan tenggelam)

a = tinggi bersih bukaan

g = percepatan gravitasi (= 9,8 m/det^2)

z = kehilangan energi bukaan

Karena yang diangkut adalah sedimen kasar, maka elevasi ambang pengambilan harus sekurang-kurangnya 1 – 1,5 m di atas dasar sungai. Pintu-pintu ditentukan dengan perbandingan tinggi/lebar pintu. Untuk mempermudah eksploitasi diperlukan nilai perbandingan 0,8 – 1,0 (Dirjen Pengairan DPU, 1986).

PELAKSANAAN PENELITIAN

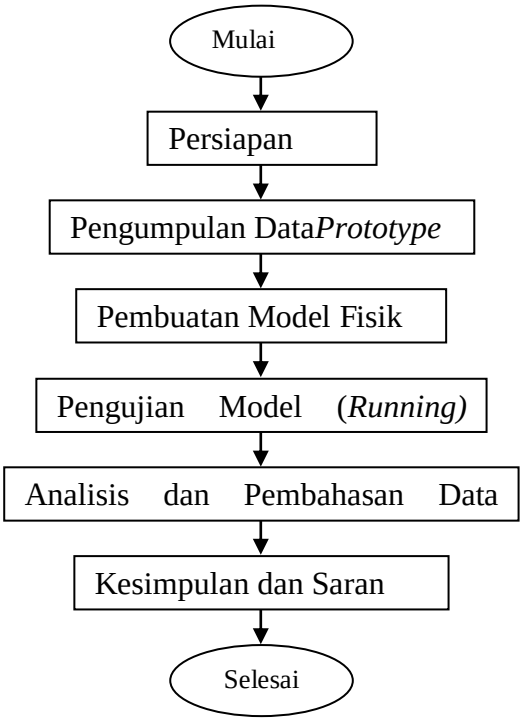
A. Fasilitas Laboratorium dan Instrumentasi yang diperlukan

Fasilitas alat dan bahan yang tersedia di laboratorium untuk pembuatan model fisik adalah :

1. Kolam bentuk Persegi dengan dimensi 21,95 x 19 x 1m;
2. Wave *Generator* (Panjang *Wave board*= 6-8 meter);
3. Pompa air dengan kapasitas 12 liter/detik;
4. Wave Probe (Alat Ukur tinggi gelombang);
5. Computer;
6. Alat ukur elevasi atau *Level Gauge;*
7. Kayu;
8. Fasilitas yang lain yang mendukung termasuk bengkel.

B. Perencanaan Model

Bagan Alir Penelitian



Penentuan Skala

Berdasarkan lingkup pekerjaan dan tujuan dari pengujian model (peredam gelombang, sedimen, sampah) maka perencanaan model untuk penentuan skala sebagai berikut :

Model yang dibuat adalah model tanpa distorsi

$$n_L = n_a$$

Model memenuhi kriteria sebangun dinamik

$$n_u = n_a^{1/2}$$

Kriteria sebangun kekasaran tidak penting pada gerusan,memenuhi kriteria sebangun proses morfologi / gerusan

$$n_U = (n_\Delta \cdot n_D)^{1/2}$$

Program Uji Model

Tahap pelaksanaan pengujian hidraulik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Pengujian model (*running model*) dilakukan untuk berbagai variasi bukaan pintu (tinggi muka air dan tinggi gelombang)
b. Pengujian jenis peredam gelombang (Pecahan batu, beton bentuk tangga dan beton persegi) dilakukan secara bergantian dan sedimen di kolam peredam

PEMBAHASAN

Pertimbangan-pertimbangan yang digunakan dalam menentukan alternatif untuk mengatasi permasalahan karakteristik hidraulik pada kolam peredam gelombang dan pengendapan adalah sebagai berikut :

1. Kemudahan pelaksanaan pekerjaan di lapangan;
2. Biaya langsung (*direct cost*) pelaksanaan proyek;
3. Efektifitas perlindungan material dasar akibat peristiwa gerusan;
4. Dimensi pintu pengambilan (*intake*) yang optimal;
5. Kemampuan jenis peredam gelombang dan pengendapan sedimen serta sampah.

Berdasarkan hal tersebut, untuk masing-masing alternatif diperoleh sebagai berikut

1. Alternatif pertama (mengatasi gelombang sedimen dan sampah)

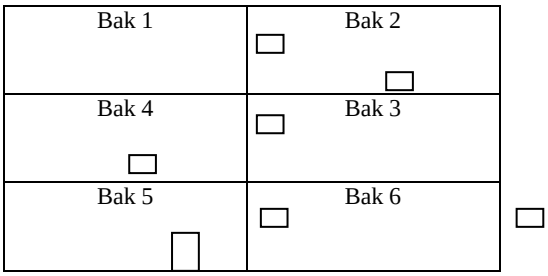
Alternatif yang dilakukan dengan variasi bukaan pintu untuk mengetahui tinggi muka air dan gelombang di saluran. Semakin besar bukaan pintu gelombang yang masuk semakin besar untuk itu dibuatkan kolam peredam gelombang berbentuk lingkaran

Dengan diberi peredam berupa beton berbentuk tangga, beton berbentuk balok dan pecahan batu. Dari pengujian tersebut diharapkan aliran akan menjadi laminar sehingga gelombang kecil. Dari ketiga peredam tadi yang lebih efektif adalah pecahan batu Batu-batu tersebut diikat dengan kawat (kisi-kisi kawat), sehingga tidak mudah lepas jika dikenai oleh aliran air. Pada alternatif ini dimungkinkan :

a. Pelaksanaan pekerjaan lebih mudah, karena pelaksanaan penyusunan batu dapat dilakukan di tempat pekerjaan dengan bahan yang mudah diperoleh;
b. Biaya yang diperlukan lebih murah karena bahan yang digunakan dapat diperoleh di lokasi pekerjaan.

2. Alternatif kedua (mengatasi gelombang sedimen dan sampah)

Dengan dibuat saluran *baffle channel*, variasi bukaan pintu bias diatur secara alami. Dengan bantuan bangunan ini akan lebih mudah menurunkan gelombang karena prinsipnya aliran pertama turbulen dengan variasi bukaan pintu pada saluran dari kecil sampai besar sehingga aliran menjadi laminar. Adapun Gambar sebagai berikut:



Keterangan: variasi bukaan pintu dengan pengaturan dimensi mulai dari bukaan ¼,1/2,3/4, 1

Pada bukaan ¼ aliran turbulen sampai bukaan 1 (penuh) aliran menjadi laminar sehingga dapat dialirkan ke saluran intake. Prinsipnya sama dengan bak koagulasi-flokulasi pada pengolahan air minum dimana selain bisa meredam gelombang dapat juga mengendapkan sedimen dan sampah. Perletakan bangunan ini sebelum intake

3. Alternatif ketiga (mengatasi gelombang sedimen dan sampah)

Pilihan ketiga adalah mengatur tinggi muka air dan gelombang yang masuk ke saluran dengan memperbesar dimensi saluran.

Dari ketiga alternatif yang telah diuraikan tersebut di atas, maka untuk mengatasi masalah hidraulik yang terjadi pada PLTGU Cilegon adalah alternative kedua karena lebih efektif dengan variasi bukaan pintu

KESIMPULAN

Dalam meredam gelombang dapat digunakan saluran *baffle channel* sebelum saluran intake dengan variasi dimensi pintu dan pengaturan tinggi muka air dan gelombang sehingga pada saluran intake gelombang, sedimentasi dan sampah sudah dapat diatasi.

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jendral Pengairan DPU, 1986., *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan 02, 03, 04*, CV. Galang Persada , Bandung

Nur Yuwono, 1994. *Model Hidraulik*, Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi, PAU, UGM , Yogyakarta.

P. Novak dan J. Cabelka, 1981.*Model in Hydraulic Engineering Physical Principles and Design Aplications*, Pitman Publishing Limited, London

Vries, M. De. 1977., *Scale Models in Hydraulic Engineering*, International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering.