

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Sungai

Sungai merupakan saluran alami yang mempunyai peranan penting bagi alam terutama sebagai system drainase. Sungai memiliki karakteristik dan bentuk tampang yang berbeda antar satu dengan yang lainnya, hal ini disebabkan beberapa faktor di antaranya topografi, iklim, maupun gejala alam dalam proses pembentukannya.

1. Alur Sungai

Menurut Daties (2012) suatu alur sungai dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian hulu, tengah, dan hilir.

a. Bagian hulu

Hulu sungai merupakan daerah sumber dimana air mengalir dan memiliki kemiringan lereng yang besar (lebih besar dari 15%). Di bagian hulu ini mempunyai kecepatan yang lebih besar dari pada di bagian hilir.

b. Bagian Tengah

Bagian ini merupakan bagian peralihan dari bagian hulu dan hilir. Kemiringannya dasar sungainya sendiri cenderung lebih landau sehingga kecepatan aliran relative kecil di bandingkan dengan bagian hulu.

c. Bagian Hilir

Hilir merupakan perkumpulan atau tertampungnya seluruh air dari berbagai aliran atau cabang anak sungai. Alur sungai di bagian hilir biasanya melalui dataran yang mempunyai kemiringan dasar sungai yang landau sehingga kecepatan alirannya lambat.

2. Aliran Air di Saluran Terbuka

Saluran terbuka menurut Triatmodjo (1996) dalam Mulyandari (2010), adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Dalam Chow, 2009 menyimpulkan, dalam aliran yang luas, cepat dan dangkal atau dalam saluran yang sangat halus, kecepatan maksimum mungkin sering ditemukan pada permukaan bebas. Menurut asal saluran dapat digolongkan menjadi saluran alam (natural) dan saluran buatan (*artificial*). Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya. Pengukuran kecepatan aliran air 2 dimensi dibutuhkan untuk mengetahui karakteristik aliran pada bangunan air. Kondisi aliran saluran terbuka berdasarkan pada kedudukan permukaan bebasnya akan berubah sesuai waktu dan ruang. Disamping itu ada hubungan ketergantungan Antara kedalaman aliran, debit air, kemiringan dasar saluran dan permukaan saluran bebas itu sendiri.

3. Tipe Aliran

Tipe aliran dapat juga dibedakan dengan bilangan Froude, yaitu :

a. Aliran kritis

jika bilangan Froude sama dengan satu ($Fr=1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.

b. Aliran subkritis

jika bilangan Froude lebih kecil dari satu ($Fr<1$). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).

c. Aliran superkritis

jika bilangan Froude lebih besar dari satu ($Fr > 1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi (segala riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).

Persamaan untuk menghitung bilangan Froude yaitu:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : Fr = bilangan Froude

V = kecepatan aliran (m/dtk)

g = percepatan gravitasi (m/dtk²)

h = kedalaman aliran (m)

Nilai V diperoleh dengan rumus:

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : Q = debit aliran (m³/dtk)

A = luas saluran (m²)

Nilai A diperoleh dengan rumus :

$$A = b \cdot h \dots\dots\dots (3)$$

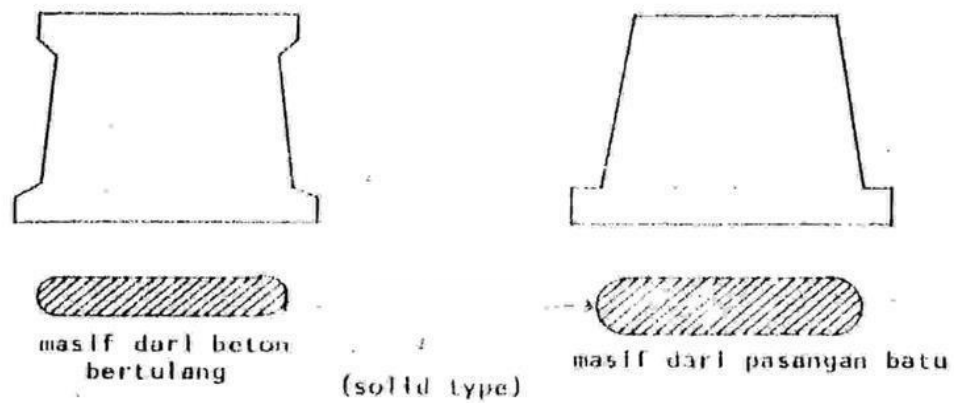
Dimana : h = tinggi aliran (m)

b = lebar saluran (m)

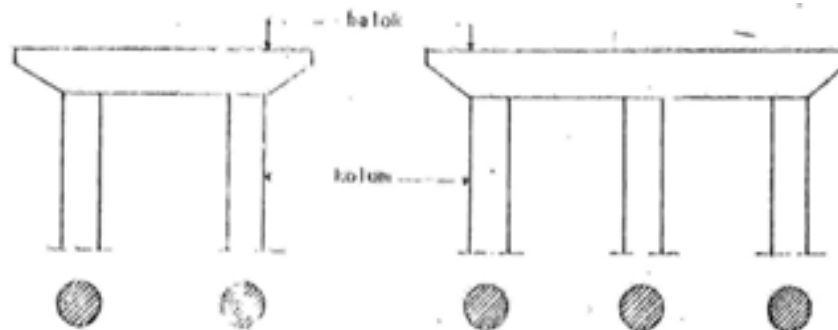
A. Pilar Jembatan

Struktur jembatan pada umumnya terdiri atas dua bagian penting, yaitu struktur bagian atas dan struktur bagian bawah. Pada bagian bawah inilah yang berkaitan dengan penelitian yaitu pilar jembatan. Dalam perencanaan suatu jembatan banyak hal yang harus diperhatikan, diantaranya seperti letak jembatan, aspek hidraulik sungai serta bentuk pilar jembatan yang akan memberikan pola aliran disekitarnya. Jembatan pada umumnya terkena pengaruh aliran sungai sehingga didalam perencanaannya mempertimbangkan segi keamanan dan segi kekuatannya. Berdasarkan Pengantar dan prinsip – prinsip perencanaan bangunan bawah / pondasi jembatan, 1998 bentuk dari

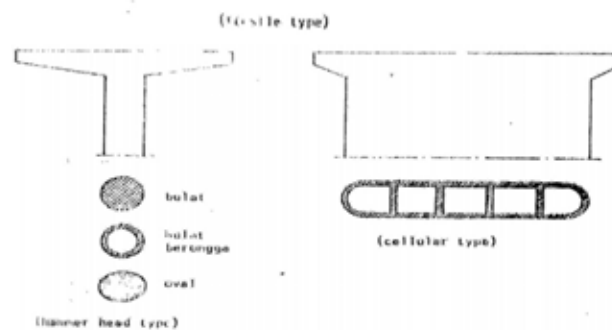
dinding pilar dapat berupa masif (*solid*), kotak atau beberapa kotak (*cellular*), atau terdiri dari kolom-kolom (*trestle*) atau dari 1 kolom saja (*hammer head*).



Gambar 3.1 Bentuk pilar jembatan tipe solid



Gambar 3.2 Bentuk pilar jembatan tipe cellular



Gambar 3.3 Bentuk pilar jembatan tipe *hammer head*

B. Permodelan Hidraulik Fisik

Percobaan atau pengamatan sering digunakan untuk menyelesaikan beberapa masalah teknik yang berhubungan dengan aliran fluida yang kadang-kadang sulit atau tidak bisa diselesaikan secara analitis. Oleh karena itu digunakanlah pemodelan fisik di laboratorium. Model fisik digunakan apabila fenomena fisik dapat direproduksi dengan kesamaan yang cukup dengan memperkecil dimensi bangunan yang sesungguhnya.

Berdasarkan buku Hidraulika II, 1996 Model fisik dapat diklasifikasikan dalam dua tipe yaitu model distorsi dan model tak distorsi. Model tak distorsi adalah bentuk geometri antara model dan prototip sama, tetapi berbeda ukuran dengan suatu perbandingan ukuran atau skala tertentu. Model ini relative mudah dan hasil-hasil yang diperoleh dari model tersebut dapat dengan mudah ditransfer pada prototip. Sedang pada model distorsi, bentuk model geometri dengan prototip tidak sama. Model ini banyak dilakukan apabila prototip mempunyai dimensi horizontal yang jauh lebih besar dari dimensi vertical, seperti sungai, pelabuhan, pantai dan sebagainya.

Hubungan antara model fisik dan prototip dipengaruhi oleh hukum-hukum sifat sebangun hidrolis. Sifat sebangun ini memperhatikan beberapa aspek yaitu sebangun geometric, sebangun kinematic dan sebangun dinamik. Sedangkan perbandingan antara prototip dan model disebut skala model. Penjelasan mengenai sebangun geometric, sebangun kinematic dan sebangun dinamik sebagai berikut :

1. Sebangun Geometrik

Dikatakan sebangun geometric apabila model dan prototip mempunyai bentuk yang sama tetapi berbeda ukuran. Berarti bahwa perbandingan antara semua ukuran panjang yang bersangkutan termasuk kekasaran antara model dan prototip adalah sama.

$$nL = \frac{\text{ukuran di prototip}}{\text{ukuran di model}} = \frac{Lp}{Lm} \dots\dots\dots(1)$$

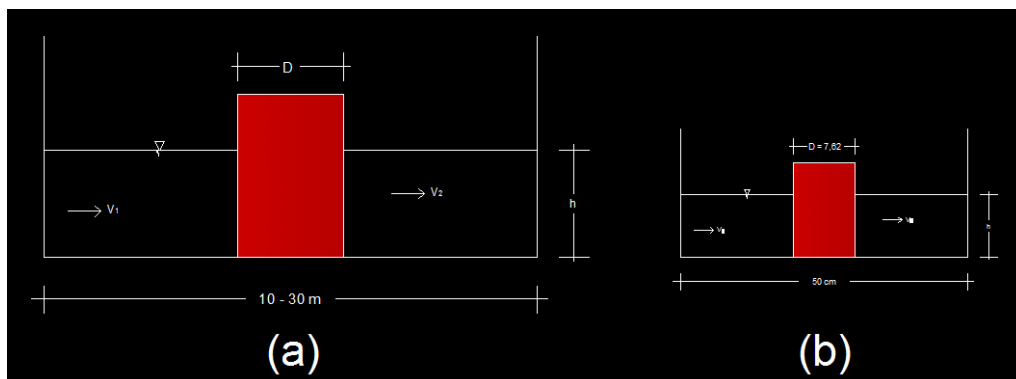
2. Sebangun Kinematik

Dikatakan sebangun kinematik apabila prototip dan model sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan di dua titik yang bersangkutan pada prototip dan data pengaliran adalah sama.

3. Sebangun Dinamik

Jika prototip dan model sebangun geometric dan kinematic, dan gaya-gaya yang bersangkutan pada model dan prototip untuk seluruh pengaliran mempunyai perbandingan yang sama dan bekerja pada arah yang sama, maka dikatakan sebagai sebangun dinamik.

Bentuk sesungguhnya dari bangunan yang diselidiki disebut prototip, dan model bisa lebih besar, sama besar atau yang biasa dilakukan adalah lebih kecil dari prototip.



Gambar 3.4 Hubungan Model dan Prototip, (a) ukuran diprototip (b) ukuran di model.

C. Particle Image Velocimetry (PIV)

Metode pengukuran yang mampu mengukur kecepatan aliran pada bidang dua dimensi adalah metode PIV (*particle image velocimetry*). Pada dasarnya metode PIV mengandalkan rekaman gambar partikel yang bergerak bersama obyek ukuran (*seeder*) di beberapa titik lokasi yang dapat terukur dengan baik. Sehingga dengan menggunakan teknik ini, informasi kecepatan dititik mana saja pada bidang (medan) aliran dapat diungkap pada suatu saat tertentu dan secara bersamaan. Selanjutnya hasil

rekaman gambar dibaca dan diolah untuk mendapatkan besar dan arah kecepatan di lokasi-lokasi *seeder* yang tertangkap dalam rekaman gambar.

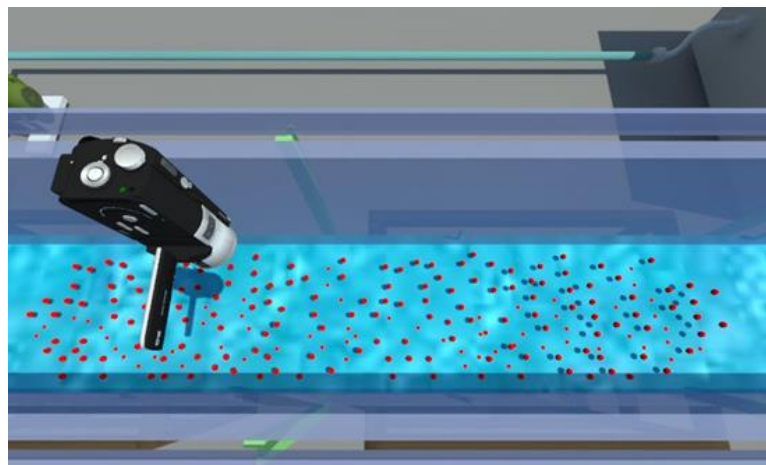
Caranya dengan memasukkan sejumlah partikel yang tidak larut kedalam zat cair yang sedang mengalir, sehingga partikel tersebut dapat bergerak mengikuti gerakan massa zat cair. Partikel yang dipakai harus memiliki massa jenis yang setara dengan massa jenis zat cair yang membawanya. Oleh karena itu butiran partikel akan bergerak sesuai dengan gerakan molekul atau massa zat cair yang membawanya. Setelah pergerakan direkam, dihasilkan beberapa frame yang kemudian frame tersebut digunakan untuk menganalisis kecepatan partikel. Atau mengetahui lama perpindahan partikel dari salah satu frame ke frame lainnya. Untuk mencari kecepatan digunakan rumus :

$$V = \frac{S}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : V = kecepatan (m/s)

S = jarak (m)

T = waktu (s)

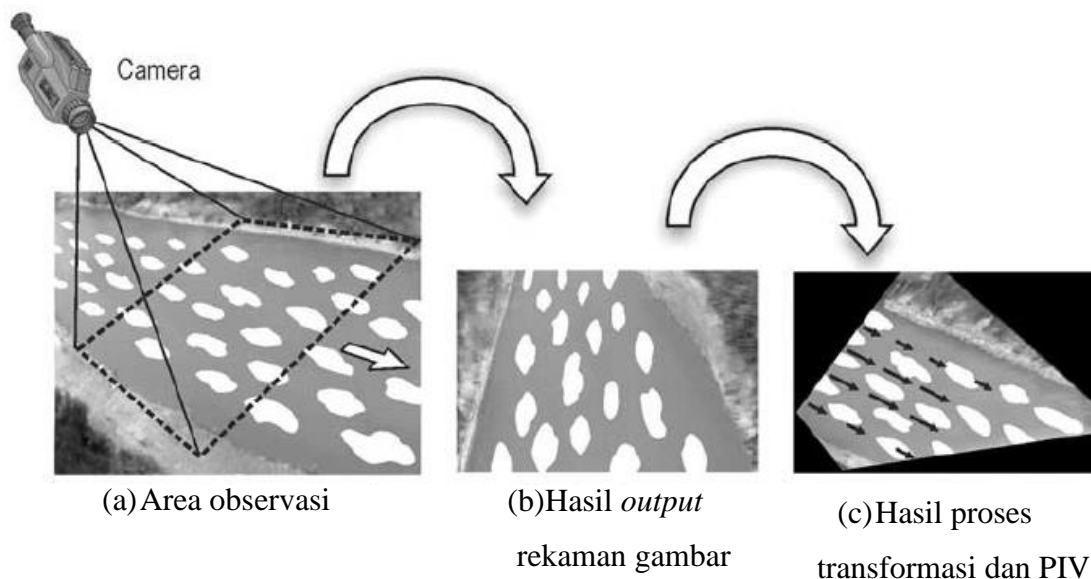


Gambar 3.5 Pengukuran menggunakan PIV

D. *Large-Scale Particle Image Velocimetry (LSPIV)*

Large-scale particle image velocimetry (LSPIV) merupakan metode pengukuran kecepatan aliran pada skala besar di permukaan bebas atau pada saluran terbuka dengan tidak mengganggu aliran pada saat dilapangan. Hasil *output* dari metode LSPIV adalah mendapatkan hasil kecepatan permukaan air di lapangan yang didapatkan secara langsung dan pengukuran yang mampu mencakup luasan area sampai ratusan meter persegi. Dengan dua jenis pengukuran yaitu pada saat terjadi banjir dan disekitar struktur aliran.

Dalam pengukuran metode LSPIV memerlukan beberapa komponen, yaitu visualisasi aliran / *seeder*, pencahayaan, perekam gambar dan pengolahan data gambar. Tata letak kamera sangat mempengaruhi pengamatan, sehingga diperlukan koreksi geometrik untuk menyamakan asumsi koordinat pada gambar dalam satu referensi. Mengingat bahwa LSPIV gambar mencakup area yang luas biasanya direkam dari sudut miring ke permukaan aliran.



Gambar 3.6 Pengukuran Menggunakan LSPIV

Gambar 3.6 menjelaskan metode pengukuran LSPIV dilakukan dengan cara, (a) memberi tanda atau partikel pada area pengukuran untuk memvisualisasikan kondisi aliran (pola putih pada gambar menunjukkan *flow tracking* alami ataupun buatan yang digunakan untuk memvisualisasikan aliran terbuka), selanjutnya (b) didapatkan kasaran

gambar yang direkam dengan kamera (kondisi terganggu), kemudian (c) gambar diproses untuk mendapatkan estimasi vektor kecepatan (kondisi tak terganggu).

1. Visualisasi aliran, pencahayaan dan rekaman

Secara umum komponen ini saling terkait, sehingga diperlukan satu pendekatan untuk jenis partikel, ukuran partikel dan penyebaran partikel yang diharapkan akan berpengaruh terhadap hasil dari rekaman gambar. Dalam penentuan tata letak atau posisi kamera sangat berpengaruh terhadap banyak/sedikitnya pencahayaan pada saluran, sehingga akan mempengaruhi hasil visualisasi aliran. Penggunaan metode LSPIV yang dilakukan di luar ruangan (misalnya di sungai secara langsung), memiliki kelemahan pada pengaturan pencahayaan yang hanya mengandalkan cahaya alami matahari. Pantulan ataupun bayangan partikel pada permukaan air, dapat menurunkan kualitas dari hasil gambar (Hauet dkk, 2008b dalam Muste, 2008).

Kondisi terbaik ketika saluran terbuka atau sungai dialiri atau divisualisasi dengan pola/*flow tracking* alami yang mengapung pada aliran terbuka (contoh *light floating debris*, busa atau *boils* yang dibuat di permukaan bebas oleh turbulensi). Pola atau *flow tracking* tidak selalu tersedia di alam, oleh karena itu perlu di gunakan pola tambahan pada aliran terbuka. Selain itu bayangan yang terbentuk dari interaksi cahaya dengan permukaan aliran bebas dapat digunakan sebagai *flow tracking*.

Susunan gambar aliran selama proses rekaman tergantung pada ketersediaan cahaya atau pencahayaan dan bentuk visualisasi aliran (*flow tracking*) pada permukaan bebas. Untuk ukuran gambar sangat tergantung dari resolusi rekaman dan kemampuan untuk membedakan pergerakan dari tampang aliran terhadap pasanagan gambar.

2. Pengolahan gambar

Dalam pengolahan gambar pada metode LSPIV digunakan algoritma LSPIV untuk memperkirakan kecepatan yang sama dengan yang digunakan dalam gambar

konvensional pada metode PIV. Sedangkan algoritma yang digunakan yaitu menggunakan koefisien korelasi silang sebagai indeks kesamaan (fujita dkk, 1998).

E. Distribusi Kecepatan Disekitar Pilar

Pada konstruksi jembatan, adanya pilar menyebabkan perubahan pola aliran dan kecepatan aliran. Dengan adanya pilar jembatan menyebabkan perubahan aliran berupa penyempitan aliran, atau adanya belokan karena terhalang oleh pilar jembatan. Karena adanya penyempitan aliran atau adanya belokan maka kecepatan alirannya pun akan berkurang.



Gambar 3.7 Distribusi kecepatan di sekitar pilar jembatan

Dari diketahuinya distribusi kecepatan aliran tersebut maka dapat diketahui pula pola alirannya. Sehingga nanti saat dilapangan dapat dilakukan perkuatan struktur atau pemilihan pilar yang efisien dari karakteristik sungai yang ada

