

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tinjauan Umum

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota khususnya perencanaan infrastruktur.

Menurut Dr. Ir. Suripin, M. Eng. (2004; 7) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum definisi drainase adalah serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut.

Sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi dalam 2 bagian, yaitu:

#### 1. Sistem Drainase Makro

Sistem drainase makro yaitu sistem saluran/ badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*catchment area*). Pada umumnya sistem drainase makro ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (*major system*) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal, atau sungai-sungai. Perencanaan drainase makro ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5 sampai 10 tahun dan pengukuran topografi yang detail mutlak diperlukan dalam perencanaan sistem drainase ini.

#### 2. Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/ selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat

ditampung tidak terlalu besar. Pada umumnya drainase mikro ini dapat direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5, atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan pemukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase mikro.

Penelitian dan upaya penanggulangan banjir di Propinsi DKI Jakarta sudah banyak dilakukan terkait dengan masalah saluran drainase. Salah satunya adalah kegiatan pembangunan Banjir Kanal Timur (BKT) dalam *East Jakarta Flood Control Project*. Pembangunan BKT dimaksudkan untuk melindungi bagian timur kota Jakarta dengan penanganan intensif yang telah dilakukan sesuai kapasitas dari beberapa saluran yang ada diantaranya : Kali Sunter, Kali Cakung, Kali Cipinang, Kali Jati Kramat, Kali Buaran dan Kali Cipinang yang melindungi kawasan dataran rendah di sekitarnya (Nikken, 1989). Kegiatan pembangunan BKT secara garis besar terbagi dalam 2 tahap diantaranya kegiatan konstruksi Banjir Kanal Timur dan saluran pendukung serta kegiatan konstruksi Stasiun pompa. Salah satu bagian dari tahapan kegiatan BKT adalah pembangunan Kali Cakung. Kali Cakung mengalir dari selatan ke utara kawasan studi, yaitu dari Jl. Perintis Kemerdekaan sampai kawasan Kebantenan. Secara umum, saluran-saluran disekitarnya membuang air ke Kali Cakung mengingat topografi kawasan adalah mayoritas menurun dari selatan ke utara. Panjang total saluran dari hulu ke hilir saluran Kali Cakung berkisar  $\pm 46.00$  km.

Dalam upaya penanganan masalah drainase, Kriaspesa Nusaperdana General Consultant (KNGC) melakukan kajian pengelolaan polder kawasan Kelapa Gading dimana Kali Cakung termasuk kedalam wilayah kajian tersebut. Menurut KNGC (2008) kondisi lahan sekitar Kali Cakung berupa pemukiman, sawah, rawa, kolam, dan kawasan industri dengan dimensi penampang saluran tidak teratur/ seragam serta banyaknya tumbuhan air dan sedimentasi lainnya pada badan saluran menyebabkan penyempitan sehingga kapasitas saluran menjadi berkurang.

Pada studi ini hanya menitik beratkan pada pengujian kapasitas tampung saluran terhadap debit banjir 2013 dan 2014. Selain itu studi ini ditekankan pada

penelitian sebelumnya dengan menggunakan debit banjir 2007 periode ulang 10 tahun sebesar  $136.08 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan periode ulang 25 tahun sebesar  $167.37 \text{ m}^3/\text{detik}$ , sedangkan dari hasil perhitungan kapasitas saluran yang ada, dengan besar dimensi saluran rata-rata sebesar  $\pm 12.50 \text{ m}$  dengan kedalaman rata-rata  $\pm 2.20 \text{ m}$ , didapat kapasitas saluran eksisting  $140.28 \text{ m}^3/\text{det}$  (KNGC, 2008).

### B. HEC-RAS versi 4.1

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, River Analysis System (RAS), yang dibuat oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam Institute for Water Resources (IWR), di bawah US Army Corps of Engineers (USACE). HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*) (USACE, 2010). HEC-RAS versi terbaru saat ini adalah Versi 4.1 yang beredar sejak Januari 2010.

### C. Aliran Tak Permanen (*Unsteady Flow*)

Menurut Simple Geometry River (2011: 32) apabila kecepatan, kedalaman, dan debit aliran tidak berubah terhadap waktu dalam kasus aliran permanen, maka ketiga parameter tersebut merupakan fungsi waktu dalam kasus aliran tak permanen (*unsteady flow*). Untuk menampilkan analisa aliran *unsteady* dibutuhkan data aliran yang terdiri dari kondisi batas dan kondisi awal.

#### 1. Boundary Condition (kondisi batas)

Besarnya debit yang harus dilayani oleh saluran yang direncanakan akan berlaku sebagai kondisi batas. Bagian hulu biasanya digunakan data *flow hydrograph*, *stage hydrograph*, dan *stage/ flow hydrograph*. Sedangkan pada bagian hilir umumnya digunakan *normal depth*. *Flow hydrograph* merupakan data debit banjir hasil analisis hidrologi. *Stage hydrograph* biasanya terdiri dari data pasang surut pada aliran sungai. Untuk *normal depth* merupakan kemiringan sungai/ saluran.

## 2. Initial Condition (kondisi awal)

Untuk menentukan kondisi awal dalam sistem sungai atau saluran, harus ditentukan elevasi muka air awal pada setiap pias saluran yang diamati.

### D. Persamaan Aliran Tak Permanen

#### 1. Persamaan Dasar

Berdasarkan Simple Geometry River (2011) aliran di saluran atau sungai merupakan proses fisik yang mengikuti hukum kekekalan massa dan momentum. Proses fisik ini dapat digambarkan dengan persamaan matematis, yang dikenal sebagai persamaan St. Venant. Persamaan tersebut terdiri dari persamaan kontinuitas (prinsip konversi massa) dan persamaan momentum (prinsip konversi momentum), yang dituliskan dalam bentuk persamaan diferensial parsial sebagai berikut :

##### a. Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_1 = 0 \quad (2.1)$$

##### b. Persamaan Momentum

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Qv}{\partial x} + qA \left( \frac{\partial z}{\partial x} + Sf \right) = 0 \quad (2.2)$$

dengan :

$A$  = luas total tampang aliran (jumlah luas tampang aliran di main channel dan overbank channel),

$Q$  = debit aliran,

$q_1$  = debit lateral per satuan panjang,

$V$  = kecepatan aliran,

$g$  = percepatan gravitasi,

$x$  = jarak, diukur searah aliran,

$z$  = elevasi muka air,

$t$  = waktu,

dimana  $S_f$  merupakan kemiringan garis energi (*friction slope*) dapat dihitung dengan persamaan Manning sebagai berikut :

$$S_f = \frac{Q|Q|n^2}{2.208 R^{4/3} A^2} \quad (2.3)$$

dengan :

$S_f$  = kemiringan garis energi (*friction slope*), dihitung dengan persamaan Manning

$n$  = koefisien kekasaran Manning,

$R$  = radius hidraulik.

## 2. Penerapan Persamaan Aliran Tak Permanen

HEC-RAS membagi alur saluran menjadi tiga bagian, yaitu bantaran kiri, alur utama, dan bantaran kanan. Saat air sungai naik, air bergerak menyamping, menjauh dari alur utama, menggenangi bantaran dan mengisi tampungan-tampungan yang ada di sepanjang bantaran. Seiring dengan kenaikan muka air lebih lanjut, air di bantaran mulai mengalir ke hilir, aliran di bantaran ini umumnya menempuh jarak yang lebih pendek dari pada aliran di alur utama. Saat air mulai surut, air di bantaran bergerak menuju alur utama, menggantikan aliran di alur utama. Karena arah utama aliran adalah sepanjang alur utama, aliran dua dimensi ini dapat didekati dengan anggapan aliran satu dimensi. Kawasan genangan di luar alur utama dapat dimodelkan sebagai kawasan tampungan yang airnya dapat saling berpindah ke dan dari alur utama. Aliran di bantaran dapat didekati sebagai aliran melalui alur terpisah dari alur utama.

Berbagai cara telah dilakukan untuk memodelkan permasalahan aliran melalui alur utama dan bantaran. Salah satu cara adalah mengabaikan kapasitas angkut bantaran dan menganggap bahwa bantaran hanya berfungsi sebagai tampungan. Cara ini cocok untuk sungai-sungai besar yang alurnya dibatasi tanggul dan bantarannya merupakan kawasan bervegetasi lebat atau merupakan sebuah kawasan tampungan (*offchannel storage*). Cara HEC-RAS

dikembangkan oleh Fread (1976) dan Smith (1978), yang kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Barkau (1982). Secara garis besar, metode ini adalah aliran melalui alur utama dan melalui bantaran sebagai dua aliran yang melewati dua tampang saluran terpisah serta menuliskan persamaan kontinuitas dan persamaan momentum untuk masing-masing tampang tersebut.

Penyederhanaan dilakukan dengan menganggap muka air di kedua tampang saluran pada arah lateral (tegak lurus arah aliran) datar atau horizontal. Dengan demikian: 1) transfer momentum di antara kedua tampang dapat diabaikan, dan 2) debit terbagi ke kedua ujung tampang berdasarkan kapasitas angkut (*conveyance*) masing-masing tampang yaitu :

$$Q_c = \Phi Q \quad (2.4)$$

dengan :

$Q_c$  = debit aliran melalui alur utama (*channel*),

$Q$  = debit total aliran,

$$\Phi = K_c / (K_c + K_f) \quad (2.5)$$

dengan :

$K_c$  = kapasitas angkut tampang alur utama,

$K_f$  = kapasitas angkut tampang bantaran.

Dengan anggapan tersebut, maka persamaan aliran satu dimensi dapat digabungkan menjadi satu kelompok persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi Q)}{\partial x_c} + \frac{\partial(1-\Phi)Q}{\partial x_f} = 0 \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\Phi)^2 Q^2 / A_f]}{\partial x_f} + g A_c \left[ \frac{\partial z}{\partial x_c} + S_{fc} \right] + g A_c \left[ \frac{\partial z}{\partial x_f} + S_{ff} \right] = 0 \quad (2.7)$$

Dalam kedua persamaan di atas, subskrip  $c$  mengacu pada alur utama dan subskrip  $f$  mengacu pada bantaran. Persamaan di atas dijabarkan dengan pendekatan beda hingga implisit dan persamaan yang diperoleh diselesaikan dengan cara iterasi Newton-Raphson. Barkau (1982) menyempurnakan cara penyelesaian di atas dengan menjabarkan kedua persamaan ke dalam bentuk beda hingga yang penyelesaiannya lebih efisien dan stabil.

Tabel 2.1 Angka kekasaran Manning

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
A. Saluran, dilapis atau dipoles			
A-1 Logam			
a. Baja dengan permukaan licin			
1. Tidak dicat	0,011	0,012	0,014
2. dicat	0,012	0,013	0,017
b. Baja dengan permukaan bergelombang	0,021	0,025	0,03
A-2 Bukan Logam			
a. Semen			
1. Acian	0,01	0,011	0,013
2. Adukan	0,011	0,013	0,015
b. Kayu			
1. Diserut, tidak diawetkan	0,01	0,012	0,014
2. Diserut, diawetkan dengan creosote	0,011	0,012	0,015
3. Tidak diserut	0,011	0,013	0,015
4. Papan	0,012	0,015	0,018
5. Dilapis dengan kertas kedap air	0,01	0,014	0,017
c. Beton			
1. Dipoles dengan sendok kayu	0,011	0,013	0,015
2. Dipoles sedikit	0,013	0,015	0,016
3. Dipoles	0,015	0,017	0,02
4. Tidak dipoles	0,014	0,017	0,02
5. Adukan semprot, penampang rata	0,016	0,019	0,023
6. Adukan semprot, penampang bergelombang	0,018	0,022	0,025
7. Pada galian batu yang teratur	0,017	0,02	
8. Pada galian batu yang tak teratur	0,022	0,027	
d. Dasar beton dipoles sedikit dengan tebing dari			
1. Batu teratur dalam adukan	0,015	0,017	0,02
2. Batu tak teratur dalam adukan	0,014	0,02	0,024
3. Adukan batu, semen, dipleser	0,016	0,02	0,024
4. Adukan batu dan semen	0,02	0,025	0,03
5. Batu kosong atau rip-rap	0,02	0,03	0,035
e. Dasar kerikil dengan tebing dari			
1. Batu acuan	0,017	0,02	0,025
2. Batu tak teratur dalam adukan	0,02	0,023	0,026
3. Batu kosong atau rip-rap	0,023	0,033	0,036
f. Bata			
1. Diglasir	0,011	0,013	0,015
2. Dalam adukan semen	0,012	0,015	0,018

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
g. Pasangan batu			
1. Batu pecah disemen	0,017	0,025	0,03
2. Batu kosong	0,023	0,032	0,035
h. Batu potong, diatur	0,013	0,015	0,017
i. Aspal			
1. Halus	0,013	0,013	
2. Kasar	0,016	0,016	
j. Lapisan dari tanaman	0,03		0,05
<b>B. Digali atau dikeruk</b>			
a. Tanah lurus dan seragam			
1. Bersih, baru dibuat	0,016	0,018	0,02
2. Bersih, telah melapuk	0,018	0,022	0,025
3. Kerikil, penampang seragam, bersih	0,022	0,025	0,03
4. Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
b. Tanah, berkelok-kelok dan tenang			
1. Tanah tetumbuhan	0,023	0,025	0,03
2. Rumput dengan beberapa tanaman pengganggu	0,025	0,03	0,033
3. Banyak tanaman pengganggu atau tanaman air pada saluran yang dalam	0,03	0,035	0,04
4. Dasar tanah dengan tebing dari batu pecah	0,028	0,03	0,035
5. Dasar berbatu dengan tanaman pengganggu pada tebing	0,025	0,035	0,04
6. Dasar berkerakal dengan tebing yang bersih	0,03	0,04	0,05
c. Hasil galian atau kerukan			
1. Tanpa tetumbuhan	0,025	0,028	0,033
2. Semak-semak kecil di tebing	0,035	0,05	0,06
d. Pecahan batu			
1. Halus, seragam	0,025	0,035	0,04
2. Tajam, tidak beraturan	0,035	0,04	0,05
e. Saluran tidak dirawat, dengan tanaman pengganggu dan belukar tidak dipotong			
1. Banyak tanaman pengganggu setinggi air	0,05	0,08	0,12
2. Dasar bersih, belukar di tebing	0,04	0,05	0,08
3. Idem, setinggi muka air tertinggi	0,045	0,07	0,11
4. Banyak belukar setinggi air banjir	0,08	0,1	0,14

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
<b>C. Saluran Alam</b>			
<b>C-1 Saluran kecil (lebih atas pada taraf banjir &lt; 100 kaki)</b>			
<b>a. Saluran di daratan</b>			
1. Bersih lurus, terisi penuh, tanpa rekahan atau ceruk dalam	0,025	0,03	0,033
2. Seperti di atas, banyak batu-batu, tanaman pengganggu	0,03	0,035	0,04
3. Bersih, berkelok-kelok, berceruk, bertebing	0,033	0,04	0,045
4. Seperti di atas, dengan batu-batu, tanaman pengganggu	0,035	0,045	0,05
5. Seperti di atas, tidak terisi penuh, banyak kemiringan dan penampang yang kurang efektif	0,04	0,048	0,055
6. Tenang pada bagian lurus, tanaman pengganggu, ceruk dalam	0,05	0,07	0,08
<b>b. Saluran di pegunungan, tanpa tetumbuhan di saluran tebing umumnya terjal, pohon dan semak-semak sepanjang tebing</b>			
1. Dasar: kerikil, kerakal dan sedikit batu besar	0,03	0,04	0,05
2. Dasar: kerakal dengan batu besar	0,04	0,05	0,07
<b>C-2 Dataran Banjir</b>			
<b>a. Padang rumput tanpa belukar</b>			
1. Rumput pendek	0,025	0,03	0,035
2. Rumput tinggi	0,03	0,035	0,05
<b>b. Daerah pertanian</b>			
1. Tanpa tanaman	0,02	0,03	0,04
2. Tanaman dibariskan	0,025	0,035	0,045
3. Tanaman tidak dibariskan	0,03	0,04	0,05
<b>c. Belukar</b>			
1. Belukar terpecah, banyak tanaman pengganggu	0,035	0,05	0,07
2. Belukar jarang dan pohon, musim dingin	0,035	0,05	0,06
3. Belukar jarang dan pohon, musim semi	0,04	0,06	0,08
4. Belukar sedang sampai rapat, musim dingin	0,045	0,07	0,11
5. Belukar sedang sampai rapat, musim semi	0,07	0,1	0,16

Sumber : Manual HEC-RAS (2010)