

Kajian Sistem Pengendalian Banjir Wilayah Tengah DKI-Jakarta Terhadap Beban Hidrograf Banjir Akibat Hujan Merata

M. Syahril Badri K.¹⁾
Dedi Tjahjadi¹⁾
Bagus²⁾
Farid²⁾

Abstrak

Sistem Pengendalian Banjir Wilayah Tengah DKI-Jakarta terdiri dari jaringan saluran terbuka, pompa, pintu pengendali dan waduk retensi. Makalah ini menyajikan hasil studi model matematik 1 dimensi mengenai perilaku hidraulik dari sistem pengendalian tersebut diatas terhadap beban banjir rencana yaitu Q_{100} dan debit banjir yang terjadi pada banjir 2002. Perilaku hidraulik didefinisikan sebagai kombinasi pengoperasian bangunan pengontrol untuk memanfaatkan kapasitas system pengendalian tersebut terhadap beban banjir. Beban banjir diperhitungkan sebagai hidrograf banjir akibat hujan merata yang ditempatkan pada tiap inlet system tersebut. Perilaku hidraulik sistem tata air yang ada diketahui dari hasil pengukuran lapangan dan data sekunder.

Hasil kajian menyimpulkan bahwa Kapasitas Sistem pengendalian Banjir Wilayah Tengah Jakarta lebih kecil dari debit banjir Q_{100} dan hanya hanya mampu melayani beban banjir dari system drainase setempat. Genangan pada beberapa daerah mulai terjadi pada saat debit banjir mencapai besaran Q_{25} dan meningkat drastis pada saat mendapat limpahan banjir dari hulu.

Kata-kata Kunci: Pengendalian banjir, model matematik.

Abstract

The flood control system of middle Jakarta consists of open channels system, gates, pumping station and small reservoir. This paper presents mathematical model study on the hydraulic behavior of the above flood control system due to the design flood of Q_{100} and to the highest expected flood discharges (Q_{1000}) as it was recorded in 2002. The hydraulic behavior is defined as a combination of control structure operation for maximizing the system capacity in responding the flood. The flood discharge is defined as a flood hydrograph generated in each inlet sub-system by a well distributed (homogeneous) rain fall. Lay out and canal dimension of the existing flood control was determined by field investigation and available secondary data.

Based on this study, it is found that the flood control capacity is smaller than Q_{100} and capable only for the flood discharge of the local drainage system. The inundation has already started when the flood discharge due the Q_{25} is achieved and significantly increased when the upstream flood discharge is entered to the channel system.

Keywords: Mathematical model, flood control.

1. Pendahuluan

Rendahnya kapasitas sistem pengendalian banjir DKI Jakarta telah menjadikan wilayah tersebut sebagai wilayah yang sangat rentan banjir, baik dari limpahan hujan lokal maupun dari limpahan hujan daerah BOPUNJUR. Rendahnya kapasitas tersebut antara lain karena rendah dan datarnya hidrotopografi (terutama wilayah sepanjang pantai Jakarta dan wilayah tengah), keterbatasan lahan untuk saluran dan tampungan,

kurang tepatnya prediksi beban banjir dan kurang efektifnya pengelolaan sistem pengendalian yang ada.

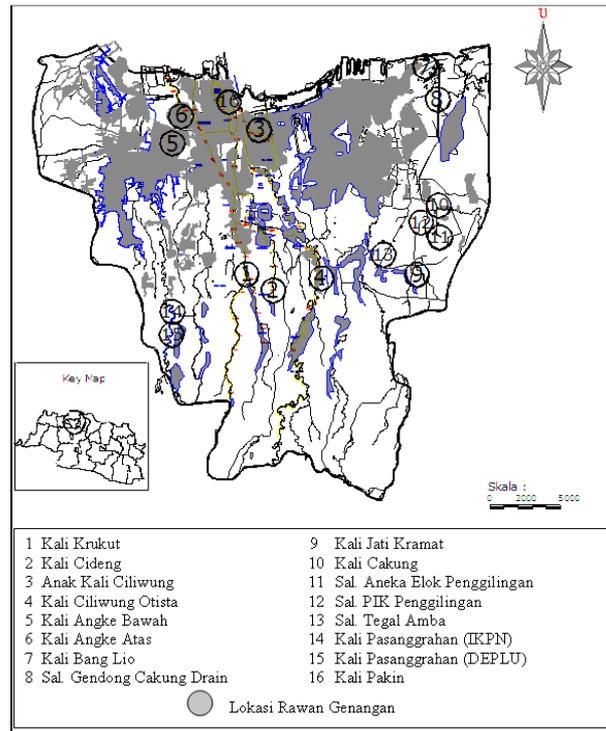
Banjir besar DKI Jakarta telah terjadi beberapa kali, antara lain adalah pada tahun 1699, 1711, 1714, 1854, 1918, 1942, 1976, 1996 dan awal 2002 (lihat gambar 1). Berdasarkan luas dan dalamnya genangan, bencana banjir Jakarta dapat dikelompokkan dalam golongan sbb :

1. Staf Pengajar KK TSA, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan - ITB
2. Asisten Lab. Uji Hidraulik Program Studi Teknik Sipil, FTSL- ITB

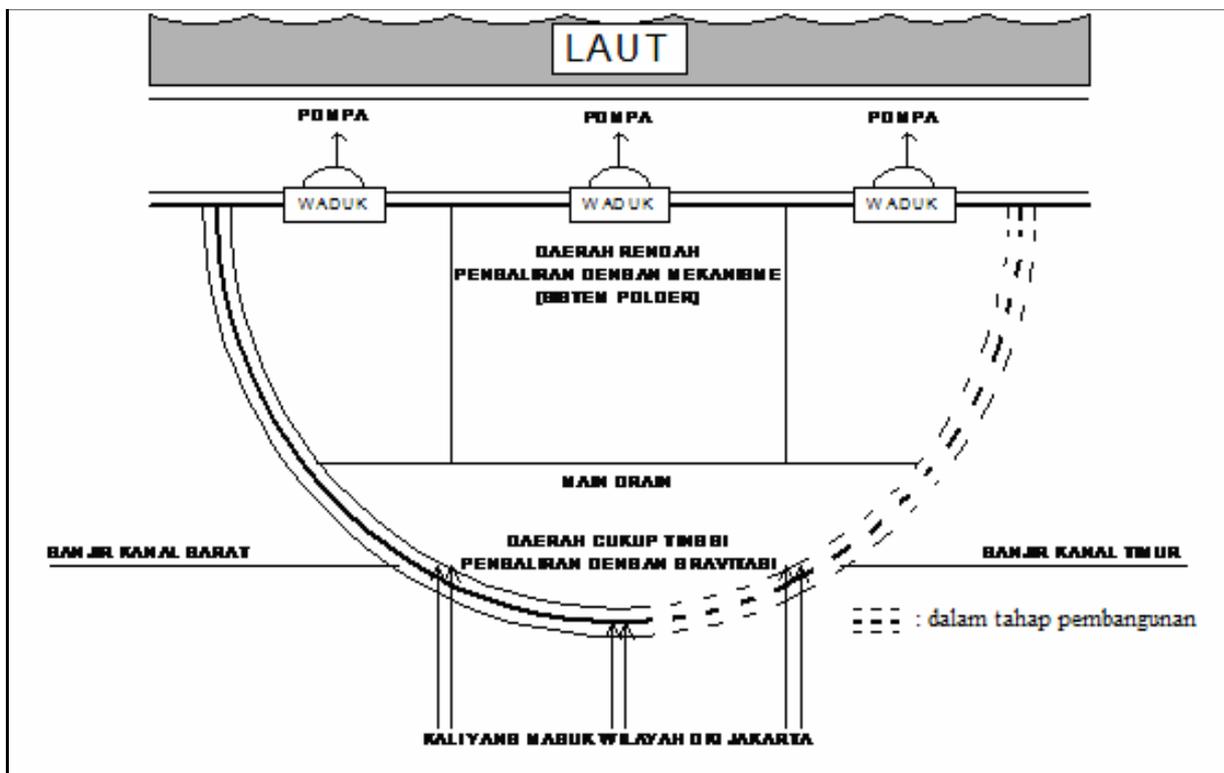
Catatan : Usulan makalah dikirimkan pada 12 Oktober 2006 dan dinilai oleh peer reviewer pada tanggal 07 Nopember 2006 - 27 Desember 2006. Revisi penulisan dilakukan antara tanggal 29 Desember 2006 hingga 1 Pebruari 2007.

1. Berat/parah bila luas genangan berkedalaman > 1,0 m mencapai > 10 Ha.
2. Sedang bila luas genangan berkedalaman 0,5 m - 1,0 m mencapai 5 - 10 Ha.
3. Ringan bila luas genangan berkedalaman 0,2 m - 0,5 m mencapai 1- 5 Ha.

Sistem pengendalian banjir DKI Jakarta dikembangkan berdasarkan pada konsep Prof. H. Van Breen (Master Plan 1973) dimana beban limpahan hujan dari luar Jakarta dialihkan melalui banjir kanal yang melingkari Jakarta, sementara beban limpahan hujan dari dalam kota Jakarta dibuang melalui jaringan drainase kota secara gravitasi pada wilayah yang cukup tinggi dan dibuang dengan sistem polder pada daerah-daerah rendah (lihat **Gambar 2** dan **3**) sepanjang pantai Jakarta. Sistem pengendalian banjir DKI Jakarta tersebut terdiri dari 13 sungai/saluran yaitu antara lain Kali Ciliwung Gunung Sahari, Kali Ciliwung Gajah Mada, Kali Mookervart, Cisadane, Kali krukut, Kanal Ancol dan lain-lain yang dikembangkan dengan beban banjir berperiode ulang 100 tahun.



Gambar 1. Genangan pada banjir 2002



Gambar 2. Konsep sistem pengendalian banjir DKI Jakarta

Berdasarkan master plan 1973, dikembangkan master plan 1997 yang membagi sistem tersebut atas 10 zona yang dikelompokkan dalam 3 wilayah pengelolaan, yaitu Barat, Tengah dan Timur. Masing-masing wilayah dapat dioperasikan secara independent ataupun dependent. Kondisi banjir dipantau melalui peningkatan tinggi muka air pada beberapa lokasi strategis sbb.:

1. Wilayah Barat pada Pos Sawangan s/d IKPN di Kali Pasanggrahan selama 4 jam.
2. Wilayah Tengah pada Pos Depok s/d Pintu Air Manggarai (S. Ciliwung) selama 6 jam.
3. Wilayah Timur pada Sunter Hulu s/d Pintu Air Pulo Gadung (S. Sunter) selama 8 jam.

Sampai saat ini, ketiga wilayah tersebut belum bisa dinyatakan bebas banjir. Pada makalah ini, pembahasan hanya dilakukan pada sistem pengendalian wilayah tengah.

2. Karakteristik Sistem Pengendalian Banjir Wilayah Tengah DKI Jakarta

Sistem pengendalian banjir wilayah tengah melayani empat zona (lihat **Gambar 3**) sbb.:

1. Zone 3 : Meliputi area yang dilayani sistem drainase Muara Karang.
2. Zone 4 : Meliputi area yang dilayani sistem drainase Ciliwung – Banjir Kanal.
3. Zone 5 : Meliputi area yang dilayani sistem drainase Pluit.
4. Zona 6 : Meliputi area yang dilayani sistem drainase Ciliwung – Gng Sahari.

Pada sistem pengendalian Banjir Wilayah Tengah digunakan beberapa Bangunan Pengendali Banjir berupa bangunan sbb.:

- a. Saluran : Penampang basah berbentuk segi empat atau trapesium yang didesain berdasarkan kriteria penampang hidraulik terbaik dengan asumsi aliran seragam.
- b. Pintu Pengendali Air : Berfungsi untuk mengatur agar kapasitas saluran (sebelah hilir dan hulu pintu) dapat digunakan secara optimum dan untuk memanfaatkan saluran sebelah hulu pintu sebagai long storage.
- c. Waduk : Berfungsi sebagai tampungan beban banjir selama periode pasang dimana pembuangan kelebihan air ke laut tidak dapat dilakukan secara gravitasi. Perhitungan kebutuhan kapasitas storage

waduk dilakukan berdasarkan persamaan neraca air sebagai berikut :

$$\Delta S = V_i - Q_p \times \Delta t$$

dimana :

ΔS = perubahan isi tampungan (m^3) \leq Kapasitas Tampungan Waduk

V_i = pengisian waduk akibat inflow hidrograf/ banjir rencana selama Δt (m^3)

Q_p = debit pompa untuk membuang air dari waduk (m^3/det)

Δt = selang waktu (jam)

Sementara itu, tampungan air yang dioperasikan untuk menunjang sistem Polder wilayah tengah DKI Jakarta adalah : Setia Budi, Melati, Istana, Mangga Dua Raya, Mangga Dua Abdad, Pluit, Bimoli, Cideng, Pademangan dan Sunter Barat.

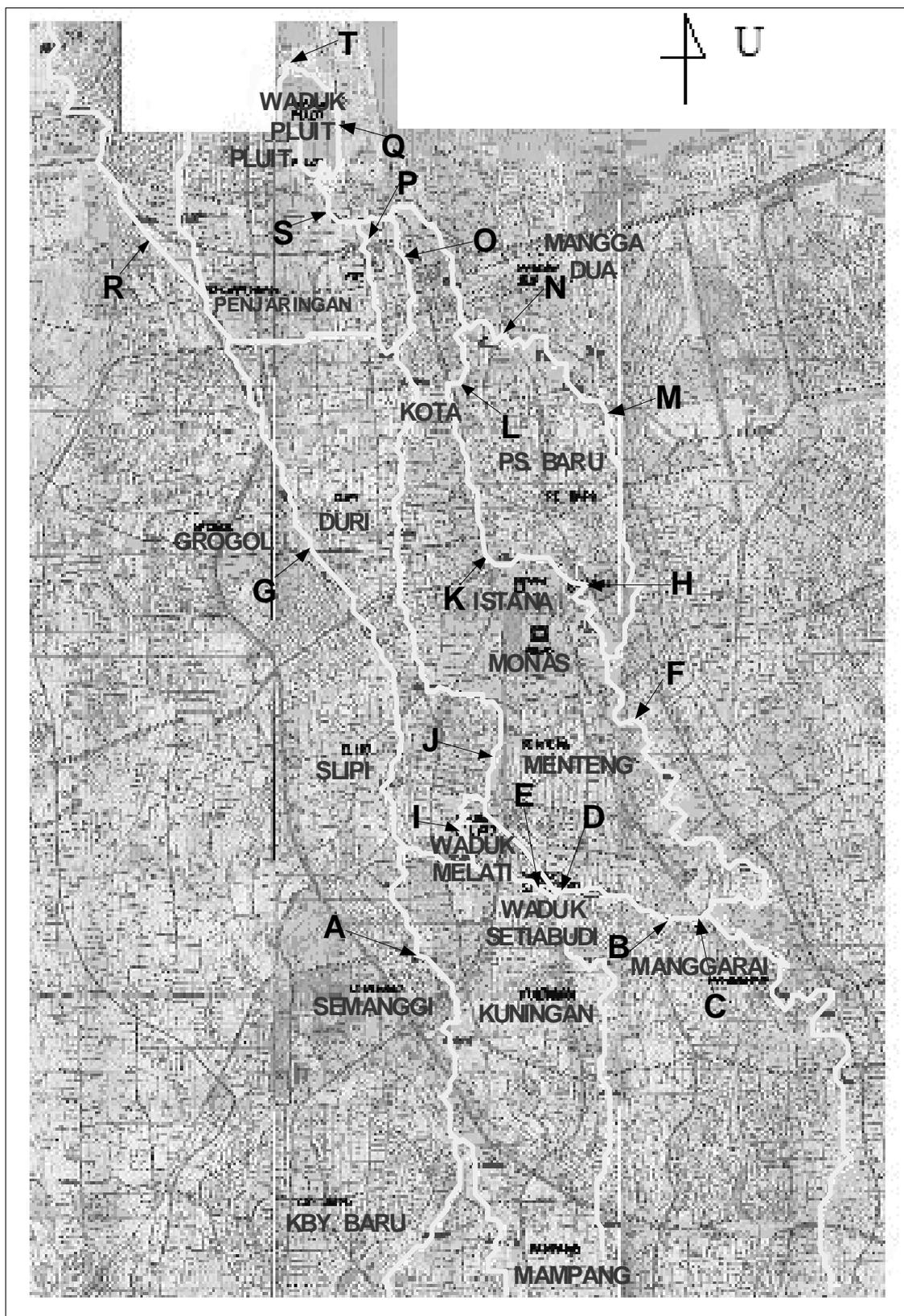
- d. Pompa Berfungsi untuk membuang air pada saat permukaan air di hilir lebih tinggi daripada permukaan air di hulu.

Berdasarkan peta lokasi genangan tahun 2002, terlihat bahwa permasalahan genangan yang cukup penting pada wilayah Jakarta tengah terjadi di ruas banjir kanal, cideng bawah, krukut bawah, ciliwung kota dan juga daerah pluit. Genangan ini digunakan sebagai indikator efektifitas sistem pengendalian banjir, mengingat pentingnya lokasi tersebut baik bagi aktifitas sehari-hari masyarakat ibu kota dan perannya dalam sistem drainase kawasan tengah itu sendiri.

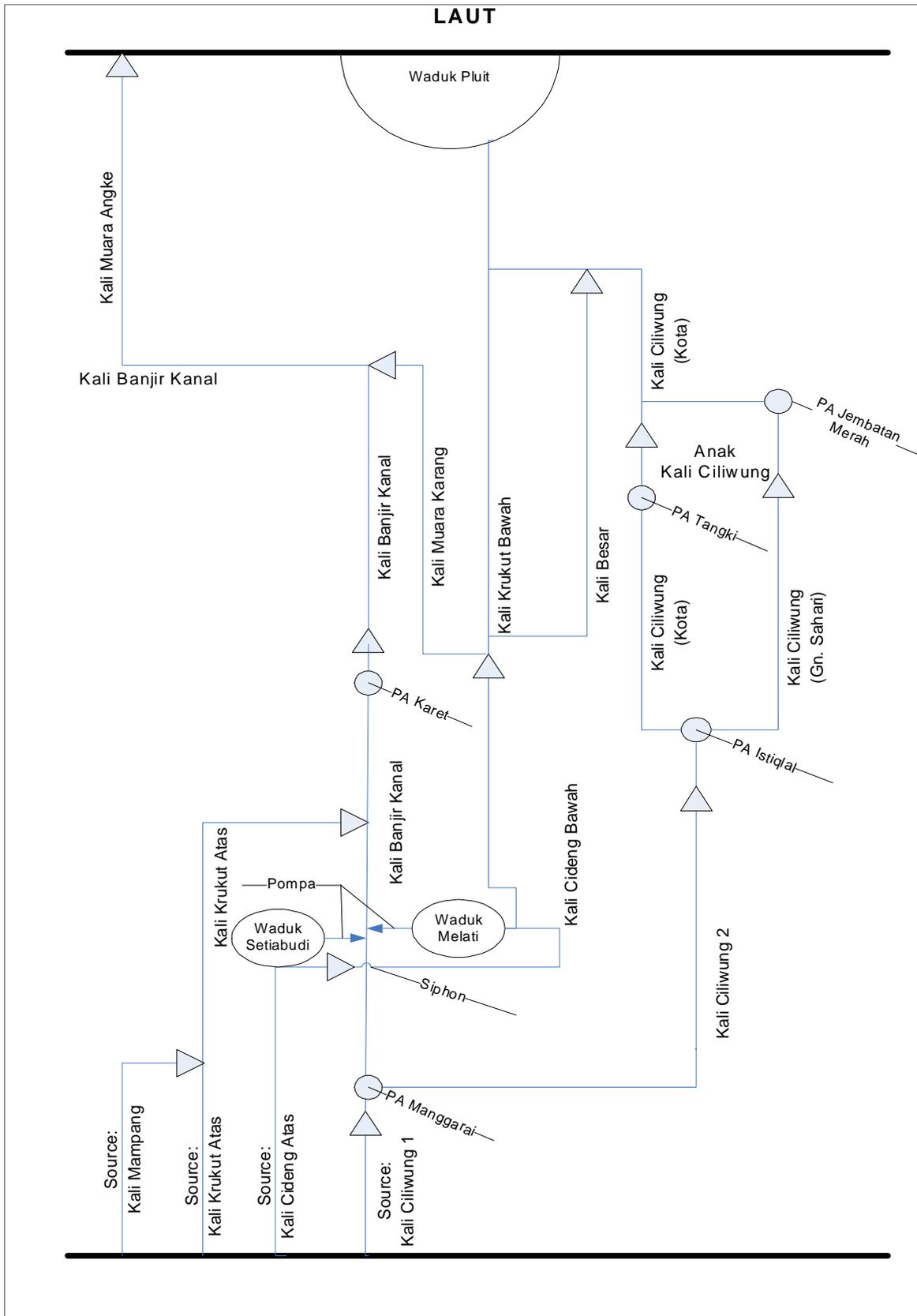
3. Deskripsi Permodelan

Pemodelan dilakukan dengan memanfaatkan model 1 dimensi DUFLOW mengikuti Skema pemodelan seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 5**. Beban limpahan banjir dibedakan atas dua tipe yaitu beban drainase berupa hidrograf aliran permukaan pada outlet sistem drainase lahan setempat yang berada di sepanjang ruas saluran utama dan beban limpahan banjir dari hulu sistem pengendalian banjir wilayah tengah DKI Jakarta yang masuk melalui banjir kanal.

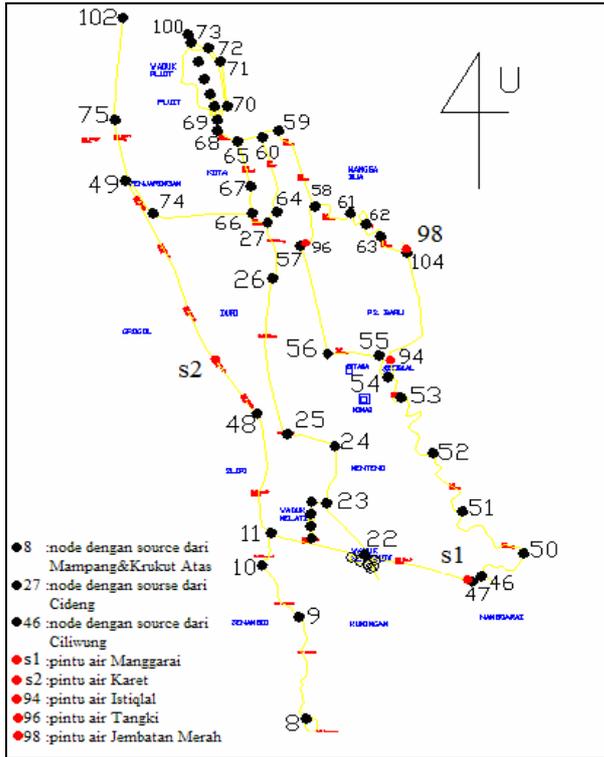
Dalam pemodelan, aliran pada sistem pengendalian banjir wilayah tengah dapat dianggap seragam. Koefisien kekasaran manning diambil sesuai ketepatan pada masterplan 1997 yaitu sebesar 0,025. Dimensi saluran dimasukkan sebagai lebar saluran untuk tiap interval perubahan kedalaman (diambil 1 meter). Jaringan tata air kemudian dibagi atas beberapa node perhitungan yang mewakili lokasi bangunan pengendali (pintu, pompa dan waduk) dan titik kontrol aliran yang diletakkan pada tiap jarak 500 meter sepanjang ruas saluran. Informasi node antara lain merupakan posisi (koordinat), parameter hidraulik dan parameter hidrologi.



Gambar 4. Lokasi bangunan pengendali



Gambar 5. Skema sistem pemodelan



Gambar 6. Skema jaringan tata air pada sistem pemodelan

4. Analisis Beban Banjir

Beban banjir ditentukan berdasarkan data curah hujan selama 11 tahun (1991-2001) dari 4 stasiun hujan yang tersebar di Jakarta. Keempat stasiun tersebut adalah stasiun no.27 BMG, stasiun no. 5TP Rajawali Selatan, stasiun no.3TP Pakubuwono, stasiun no. 2TP Kedoya. Curah hujan kawasan/regional (lihat Gambar 9) ditentukan dari data ke empat stasiun tersebut berdasarkan metode aritmetika (rata-ran hitung) dengan asumsi sbb.:

1. Daerah studi merupakan daerah datar.
2. Jarak antar stasiun berdekatan (tidak terlalu jauh).
3. Daerah beriklim relatif sama.

Hasil analisis distribusi frekuensi dari curah hujan kawasan menunjukkan bahwa data hujan dari stasiun yang ada disekitar DAS DKI Jakarta memenuhi kriteria Distribusi Gumbel (lihat Gambar 10) sbb.:

$$R_T = R + K \cdot S_x$$

dimana

- K = faktor frekuensi = $(Y_t - Y_n)/S_n$.
- $Y_T = -(0,834 + 2,303 \log T/T-1)$
- $R_T = R$ berperiode ulang T tahun (mm)
- R = Curah hujan harian maksimum rata-rata
- $S_x =$ Standar deviasi
- $S_n =$ koreksi standar deviasi rata-rata
- $Y_n =$ koreksi standar deviasi rata-rata

Hasil evaluasi terhadap distribusi data hujan tersebut di atas menyimpulkan bahwa curah hujan yang terjadi di Jakarta pada tahun 2002 (250 mm) merupakan curah hujan dengan periode ulang 1000 tahun.

Analisis intensitas hujan yang diperlukan dalam perhitungan beban banjir dilakukan dengan menggunakan metoda Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3}$$

dimana

- R_{24} = Curah hujan harian maksimum (mm).
- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- t = Lama waktu terjadinya intensitas hujan

Berdasarkan analisis, *Intensity Duration Curve* terbaik (Gambar 9) dapat diperoleh dengan menggunakan metoda Talbot sbb.:

$$I = \frac{a}{t + b}$$

dimana

$$a = \frac{[I.t][I^2]}{N[I^2]} \quad \frac{[I^2.t][I]}{[I][I]}$$

$$b = \frac{[I.t][I]}{N[I^2]} \quad \frac{N[I^2.t]}{[I][I]}$$

N = Frekuensi intensitas.

4.1 Beban drainase dari limpahan hujan langsung

Karena wilayah tengah DKI Jakarta merupakan daerah pedataran berair tanah permukaan cukup dangkal dan berdasarkan masterplan DKI Jakarta diperuntukkan sebagai daerah bisnis, perkantoran dan pemukiman, maka, hujan yang turun, setelah dikurangi evaporasi, dapat diasumsikan akan langsung menjadi aliran permukaan. Beban drainase q_p ($m^3/det/mm/km^2$), diperoleh dari hidrograf banjir akibat aliran permukaan pada inlet sistem drainase terkait. Karena sampai dengan saat ini, hidrograf banjir sistem pengendalian banjir Jakarta tidak tersedia maka untuk analisis didekati dengan hidrograf sintetik berdasarkan metode *Snyder-Alexeyev* sbb.:

$$Q_p = q_p \times A$$

dimana :

- $Q_p =$ debit puncak ($m^3/dtk/25.4mm$ hujan)
- $q_p =$ puncak hidrograf satuan ($m^3/det/mm/km^2$ luas daerah tangkapan = $0.278 C_p/T_p$)
- A = luas *catchment area* (m^2)
- $t_p =$ waktu antara titik berat curah hujan hingga

puncak (*time lag*) = $Ct (L Lc)^n$ (Jam)

t_e = waktu curah hujan efektif = $tp/5.5$

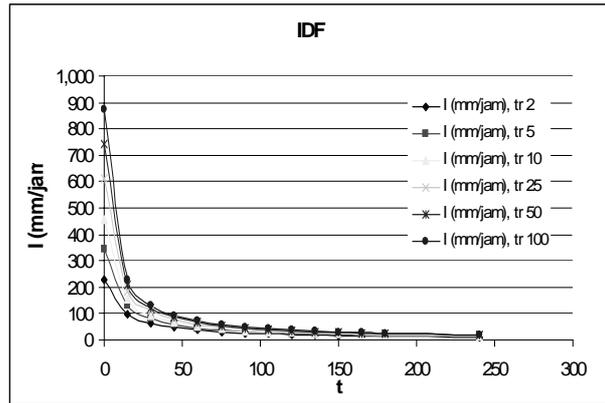
T_p = waktu antara permulaan hujan hingga puncak hidrograf (Jam)

$$= 0.5 + t_p + 0.25 (t_e - t_r) \text{ utk } t_e > t_r$$

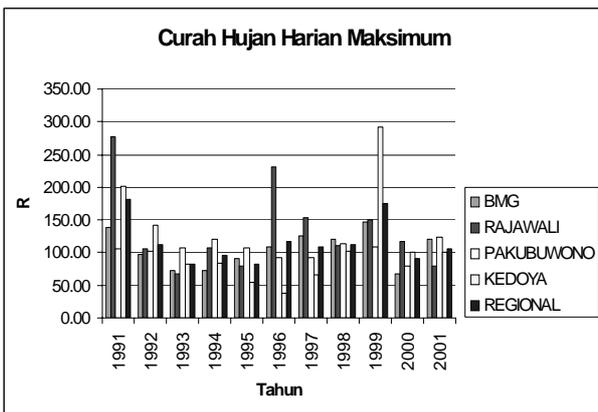
$$= 0.5 + t_p \text{ utk } t_e < t_r$$

C_t, C_p = Koefisien pengaliran

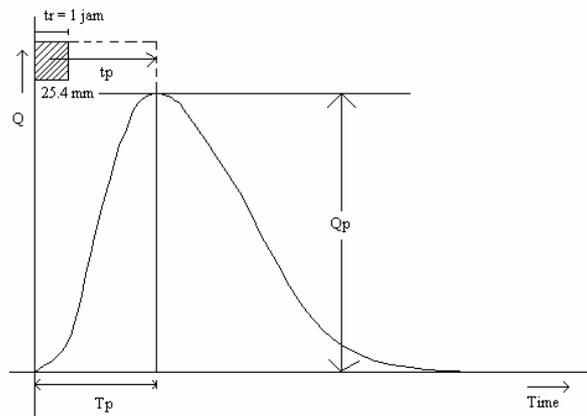
Berdasarkan metoda tersebut di atas, hujan efektif diperkirakan terjadi selama 5 jam. Karakteristik geometri bagi penentuan hidrograf pada setiap ruas diperoleh dari peta yang ada dan juga informasi dari Sub-Dinas Tata Air PU seperti yang disajikan pada **Tabel 1**. Tipikal dari sintetik hidrograf banjir dari metoda tersebut dapat dilihat pada **Gambar 10**. Hasil perhitungan parameter hidrograf disajikan pada **Tabel 2**. Hidrograf ini nantinya akan menjadi *Boundary Condition* untuk simulasi pada program.



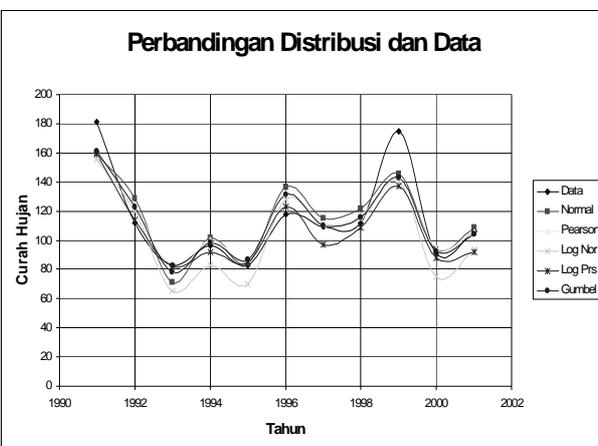
Gambar 9. Kurva IDF daerah studi



Gambar 7. Curah hujan harian maksimum 1991-2001



Gambar 10. Hidrograf satuan sintetik



Gambar 8. Grafik perbandingan curah hujan aktual dan teori

Tabel 1. Data panjang dan DAS saluran

Ruas	L (m)	Lc (m)	DAS (ha)
Source Mampang	4947.669	2748.705	690
Source Krukut Atas	13201.397	7334.110	2770
Source Cideng Atas	5244.101	2913.389	1018
Krukut Bawah	7162.960	3979.422	428
Cideng Bawah	8369.121	4649.512	745
Source Ciliwung	85000.000	47222.222	18710
Ciliwung 2	5589.318	3105.176	580
Ciliwung kota - Pa tangki	3689.966	2049.981	322
Ciliwung Gunung Sahari	6085.098	3380.610	736
Anak Ciliwung	2054.012	1141.118	94
Banjir Kanal-Pa Karet	7698.866	4277.148	1130
Muara Karang	5883.922	3268.846	711
Besar	2221.509	1234.171	81
Pa Karet-Banjir Kanal	3888.097	2160.054	557
Pa Tangki-Cil. Kota	2710.800	1506.000	234
Krukut Atas-Banjir Kanal	3901.740	2167.633	300

5. Hasil Pemodelan Banjir

5.1 Simulasi kondisi eksisting

Pada kondisi eksisting, evaluasi kapasitas sistem pengendalian dilakukan berdasarkan skenario pemodelan banjir dengan menggunakan beban banjir sesuai debit banjir rencana yaitu debit banjir 5, 10, 25, dan 100 tahunan, serta debit banjir 1000 tahunan untuk melihat kondisi banjir yang terjadi tahun 2002. Berdasarkan evaluasi studi terdahulu dan hasil wawancara di lapangan, diperoleh informasi mengenai pegerasian bangunan pengendali pada saat banjir tersebut terjadi dilakukan seperti yang disajikan pada (Tabel 1).

Data-data hidraulis (dimensi dan ketinggian air) dari saluran, pintu, waduk dan siphon dimasukkan pada ruas saluran dan pada node. Sebagai boundary condition digunakan hidrograf banjir pada tiap node yang ditinjau sebagai inlet nya. Hidrograf tersebut dapat dimasukkan sebagai Qadd dalam time series.

Sebagai Initial Condition pada waktu $t=0$ digunakan debit rata-rata harian yang diperoleh dari data pengukuran pada studi sebelumnya. Hasil dari run ini kemudian menjadi initial condition untuk run pada waktu t berikutnya. Pemodelan dilakukan dengan Timesteps 30 menit selama 7 hari (genangan banjir 2002 terjadi akibat hujan yang turun terus selama 7 hari). Sebagai indikator terhadap kondisi banjir adalah ketinggian muka air (dalam fungsi waktu) pada tiap ruas saluran dan node.

Contoh hasil pemodelan untuk skenario eksisting ini dengan debit banjir untuk periode ulang 25 tahun, 100 tahun, dan 1000 tahun dapat dilihat pada **Gambar 11** dan **Gambar 13**.

Dari hasil simulasi dapat disimpulkan beberapa hal sbb.:

- ⇒ untuk debit 5 tahunan tidak terjadi banjir.
- ⇒ untuk debit 10 tahunan terjadi genangan yang kurang signifikan di beberapa lokasi.
- ⇒ untuk debit 25 tahun
 - Elevasi air pada ruas banjir kanal masih dibawah tanggul. Dengan demikian, banjir pada tahun 2002 dengan debit Q_{25} terjadi sebagai akibat lebih rendahnya elevasi lahan daerah sekitar ruas tersebut dibanding elevasi tanggul sehingga air dari lahan sekitarnya tidak dapat masuk ke dalam banjir kanal.
 - Kapasitas ruas banjir kanal mulai dari hulu ciliwung (node 46) hingga pintu air karet (s2) sudah hampir dilampaui pada saat elevasi banjir maksimum 25 tahunan terjadi.
 - Kapasitas ruas mulai dari pintu air karet hingga

cabang muara anke masih belum dilampaui.

- Genangan maksimum yang terjadi di ruas ciliwung kota, cideng bawah, krukut bawah dan pluit berkisar antara 0.2 m hingga 0.5 m. Genangan yang terjadi mungkin bisa lebih dalam mengingat di beberapa tempat elevasi lahannya berada di bawah elevasi tanggul.
 - Waktu terjadinya genangan bervariasi. Untuk ruas Cideng Bawah, genangan terjadi kurang lebih selama 3 hari dari hari ke-2 hingga ke-5. Untuk ruas Krukut Bawah, genangan terjadi dari hari ke-1 hingga hari ke-6. Pada ruas Ciliwung Kota terjadi genangan pada hari ke-1 hingga hari ke-5. Dan yang terakhir pada ruas pluit terjadi genangan pada hari ke-2 hingga hari ke-6.
- ⇒ Untuk debit banjir 100 tahunan, genangan bertambah tinggi,
- Elevasi air pada ruas banjir kanal di beberapa tempat telah terlampaui sekitar 10 cm.
 - Kapasitas ruas mulai dari pintu air karet hingga cabang muara anke masih belum dilampaui.
 - Genangan maksimum dan durasi yang terjadi bervariasi seperti halnya dengan skenario debit banjir 25 tahun.
- ⇒ Untuk debit banjir 1000 tahunan, semua ruas, termasuk banjir kanal, mengalami peluapan air banjir. Elevasi muka air di daerah pintu Manggarai mendekati 6 meter (hampir melimpas) sementara pada rencana banjir 2002 lalu, pintu air Manggarai terlimpas, hal ini mungkin dikarenakan adanya penyumbatan akibat besarnya debit Sungai Ciliwung. Genangan yang terjadi sebagian besar berdurasi lebih dari 7 hari. Kondisi ini terjadi hampir di tiap ruas yang ditinjau. Ruas dimana genangan terjadi kurang dari 7 hari hanya terjadi di ruas Banjir Kanal.

Rekapitulasi kedalaman dan durasi genangan dari tiap ruas dapat dilihat pada **Tabel 5**. Skema genangan untuk debit dengan periode ulang 25 tahun, 100 tahun, dan 1000 tahun pada sistem dapat dilihat pada **Gambar 14**.

5.2 Simulasi pengurangan genangan

Simulasi dilakukan untuk memperoleh kinerja dari usulan skenario sistem pengendalian banjir yang dianggap dapat mengurangi beban banjir/genangan sbb.:

1. Penanggulan pada *Section* 57, 58, 59 60, 61, 62 dan 63 yang berada di daerah sekitar Istana.
2. Menggunakan pompa aksial poros vertikal dengan distribusi 8 buah pompa di Pluit, 3 pompa

di Angke dan 4 buah pompa di melati. Tiap pompa mempunyai kapasitas $5 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

Dengan asumsi ini, diperlukan tambahan sebanyak 3 pompa di pluit, 2 pompa di angke dan 1 pompa di melati. Di bawah ini disajikan contoh hasil simulasi pengopersian sistem pengendalian banjir yang telah dimodifikasi dengan penambahan kapasitas pompa Pluit, Angke dan Melati, serta penanggulangan di ruas Ciliwung Kota.

6. Kesimpulan dan Saran

- Pemodelan dengan menggunakan software DufLOW mampu memberikan informasi Wilayah Tengah DKI-Jakarta dengan berbagai skenario banjir dengan hasil cukup memuaskan. Hal ini ditunjukkan oleh hasil pemodelan dengan skenario banjir 2002 yang sesuai dengan kondisi di lapangan.
- Hasil simulasi terhadap kondisi eksisting menunjukkan bahwa sistem drainase yang ada masih mampu menerima beban limpasan hujan dari daerah sekitarnya saja, sehingga banjir yang terjadi pada saat hujan lokal kemungkinan besar sebagai akibat tidak berfungsinya bangunan pengendali (tersumbat sampah, tidak dioperasikan dengan baik dll).
- Pada pemodelan dengan debit banjir 25 tahun, Elevasi air pada ruas banjir kanal masih dibawah tanggul. Kapasitas ruas mulai dari pintu air karet hingga cabang muara angke masih belum dilampaui. Genangan maksimum yang terjadi di ruas ciliwung kota, cideng bawah, krukut bawah dan pluit berkisar antara 0.2 m hingga 0.5 m. Genangan yang terjadi mungkin bisa lebih dalam mengingat di beberapa tempat elevasi lahannya berada di bawah elevasi tanggul. Waktu terjadinya genangan bervariasi. Untuk ruas Cideng Bawah, genangan terjadi kurang lebih selama 3 hari dari hari ke-2 hingga ke-5. Untuk ruas Krukut Bawah, genangan terjadi dari hari ke-1 hingga hari ke-6. Pada ruas Ciliwung Kota terjadi genangan pada hari ke-1 hingga hari ke-5. Dan yang terakhir pada ruas pluit terjadi genangan pada hari ke-2 hingga hari ke-6.
- Pada pemodelan dengan debit banjir 100 tahun, genangan bertambah tinggi dibandingkan dengan debit banjir 25 tahun. Elevasi air pada ruas banjir kanal di beberapa tempat telah terlampaui sekitar 10 cm. Akan tetapi kapasitas ruas mulai dari pintu air karet hingga cabang muara angke masih belum terlampaui. Waktu terjadinya genangan bervariasi seperti halnya pada debit banjir 25 tahun.

- Pada pemodelan dengan debit banjir 1000 tahun, semua ruas, termasuk banjir kanal, mengalami peluapan air banjir. Elevasi muka air di daerah pintu Manggarai mendekati 6 meter (hampir melimpas) sementara pada bencana banjir 2002 lalu, pintu air Manggarai terlimpas, hal ini mungkin dikarenakan adanya penyumbatan akibat besarnya debit Sungai Ciliwung. Genangan yang terjadi sebagian besar berdurasi lebih dari 7 hari. Kondisi ini terjadi hampir di tiap ruas yang ditinjau. Ruas dimana genangan terjadi kurang dari 7 hari hanya terjadi di ruas Banjir Kanal.
- Sementara itu, beban banjir akibat limpasan dari daerah hulu banjir kanal (BOPUNJUR) tidak mampu dilayani sistem yang ada, sebagai contoh untuk beban banjir tahun 2002 terjadi genangan setinggi 0.4–1.0 m dengan durasi lebih dari 7 hari. Agar dapat melayani beban banjir limpasan BOPUNCUR harus dilakukan peningkatan kapasitas sistem yang ada atau membatasi beban banjir yang masuk ke dalam sistem yang ada. Peningkatan kapasitas sistem yang paling efektif dapat dilakukan dengan penambahan pompa di Pluit, Angke dan Melati yang dapat mereduksi genangan sampai dengan 0.5-0.8 m. Namun demikian, solusi yang paling efektif dan konseptual adalah mendeviasi beban banjir hulu dari BOPUNCUR agar tidak masuk ke dalam sistem pengendalian banjir wilayah tengah.
- Permasalahan banjir juga timbul dari kurang tepatnya prediksi beban banjir yang seharusnya dapat dilayani sistem pengendalian banjir yang dibangun, tidak efektifnya trase saluran yang mengakibatkan kehilangan tinggi tekan aliran dan terseumbatnya saluran oleh sampah.

Pustaka

- Adityawan, M.B., Farid, M., 2004, "Perencanaan Pengendalian Banjir Wilayah Tengah DKI-Jakarta".
- Ahmad, S., and Simonovic, S.P., 2006, "An Intelligent Decision Support System for Management of Floods".
- Correia, F.N., Saraiva, M.D.G., Da Silva, M.N., and Ramos, I., 1999, "Floodplain Management in Urban Developing Areas. Part I. Urban Growth Scenarios and Land-Use Controls".
- Chow, V.T., 1989, "Hidrolika Saluran Terbuka", Erlangga.
- DUFLOW, 1995, "A Micro-Computer Package for The Simulation of One Dimensional Unsteady Flow and Water Quality in Open Channel System", EDS Netherlands.

- Faganello, E., and Attewill, L., 2005, "*Flood Management Strategy for the Upper and Middle Odra River Basin: Feasibility Study of Raciborz Reservoir*".
- Fengqing, J., Cheng, Z., Guijin, M., Ruji, H., and Qingxia, M., 2005, "*Magnification of Flood Disasters and its Relation to Regional Precipitation and Local Human Activities since the 1980s in Xinjiang, Northwestern China*".
- Fiering, M.B., and Jackson, B.B., 1971, "*Synthetic Streamflows*", Mc Gregor & Werner Inc, Washington DC.
- Filippone, E.F., and Walsh, J.W., 1990, "*The Flood Control Saga in The Passaic River Basin*".
- Haan, C.T., 1977, "*Statistical Methods in Hydrology*", The Iowa University Press/Ames.
- Kusuma, M.S.B., 2000, Diktat Kuliah Hidrologi dan Rekayasa Drainase, Departemen Teknik Sipil ITB.
- Lazaro, T.R., 1979, "*Urban Hydrology; A Multidisciplinary Perspective, Ann Arbor Science*".
- Martin W. et al, 1997, "*Hydrology Quantity and Quality Control*", Wiley.
- NEDECO, *MASTERPLAN for DRAINAGE and FLOOD CONTROL of JAKARTA*, DPU Jakarta, 1973
- Pedoman Pelaksanaan Pengendalian Banjir, Dinas Pekerjaan Umum DKI-Jakarta, 1985.
- Riset Unggulan ITB, 2004, "*Teknologi Pengendalian Banjir, Studi Kasus Sistem Drainase Kawasan Cideng DKI-Jakarta*".
- Suyono Sosrodarsono, 1982, "*Roving Seminar on Conceptual Models for Operational Hydrological Forecasting*", Proceeding Seminar Pengairan, Dirjen Pengairan.

Tabel 2. Parameter hidrograf sintetik untuk tiap ruas

Saluran	n	Ct	Cp	L	Lc	A	tp	te	tr	Tp	qp	Qp	W	?	a
Source Mampang	0.30	1.40	1.00	4.95	2.75	6.90	3.06	0.56	1.00	3.56	89.77	15.73	175260.00	1.15	1.97
Source Cideng Atas	0.30	1.40	1.00	5.24	2.91	10.18	3.17	0.58	1.00	3.67	86.69	22.42	258572.00	1.15	1.95
Source Krukut Atas	0.30	1.40	1.00	13.20	7.33	27.70	5.52	1.00	1.00	6.02	49.82	35.05	703580.00	1.08	1.75
Krukut Bawah	0.30	1.40	1.00	7.16	3.98	4.28	3.82	0.70	1.00	4.32	71.90	7.82	108712.00	1.12	1.87
Cideng Bawah	0.30	1.40	1.00	8.37	4.65	7.45	4.20	0.76	1.00	4.70	65.49	12.39	189230.00	1.11	1.83
Source Ciliwung	0.30	1.40	1.00	85.00	47.22	1.00	16.87	3.07	1.00	17.89	16.30	0.41	25400.00	1.05	1.66
Ciliwung 2	0.30	1.40	1.00	5.59	3.11	5.80	3.30	0.60	1.00	3.80	83.44	12.29	147320.00	1.14	1.93
Ciliwung kota - Pa tangki	0.30	1.40	1.00	3.69	2.05	3.22	2.57	0.47	1.00	3.07	107.05	8.76	81788.00	1.18	2.07
Ciliwung Gunung Sahari	0.30	1.40	1.00	6.09	3.38	7.36	3.47	0.63	1.00	3.97	79.29	14.82	186944.00	1.13	1.91
Anak Ciliwung	0.30	1.40	1.00	2.05	1.14	0.94	1.81	0.33	1.00	2.31	152.13	3.63	23876.00	1.26	2.34
Banjir Kanal-Pa Karet	0.30	1.40	1.00	7.70	4.28	11.30	3.99	0.73	1.00	4.49	68.85	19.76	287020.00	1.11	1.85
Muara Karang	0.30	1.40	1.00	5.88	3.27	7.11	3.40	0.62	1.00	3.90	80.91	14.61	180594.00	1.14	1.92
Besar	0.30	1.40	1.00	2.22	1.23	0.81	1.89	0.34	1.00	2.39	145.14	2.99	20574.00	1.25	2.30
Pa Karet-Banjir Kanal	0.30	1.40	1.00	3.89	2.16	5.57	2.65	0.48	1.00	3.15	103.74	14.68	141478.00	1.18	2.05
Pa Tangki-Cil. Kota	0.30	1.40	1.00	2.71	1.51	2.34	2.14	0.39	1.00	2.64	128.80	7.66	59436.00	1.22	2.20
Krukut Atas-Banjir Kanal	0.30	1.40	1.00	2.71	1.51	3.00	2.14	0.39	1.00	2.64	128.80	9.81	76200.00	1.22	2.20

Tabel 3. Operasi bangunan pengendali sistem pengendalian banjir wilayah tengah

Struktur Pintu Air	Kode	Operasi Saat Banjir	Permodelan			
			Tipe	Width	Sill Level	Gate Level
Manggarai	s1	Dibuka	Under flow	20	-0.12	6
Karet	s2	Ditutup	Under flow	30	-1.67	-1.67
Istiqlal	-	Dibuka	Sebagai node			
Tanki	-	Dibuka	Sebagai node			
Jemb. Merah	-	Ditutup	Sebagai node			
Pluit	-	Ditutup	Sebagai node			
Muara Angke	-	Ditutup	Sebagai node			

Struktur Pompa	Kode	Operasi pada Saat Banjir	Permodelan		
			Kapasitas	Start Level	Stop Level
Pluit	S3	Kapasitas Maksimum	29.3	-1.3	-1.5
Angke	S4	Kapasitas Maksimum	15	-0.65	-1.2
Melati	S5	Kapasitas Maksimum	4.4	0.65	0.17
Setiabudi Barat	S6	Kapasitas Maksimum	5	0.5	0
Setiabudi Timur	S7	Kapasitas Maksimum	3	0.5	0

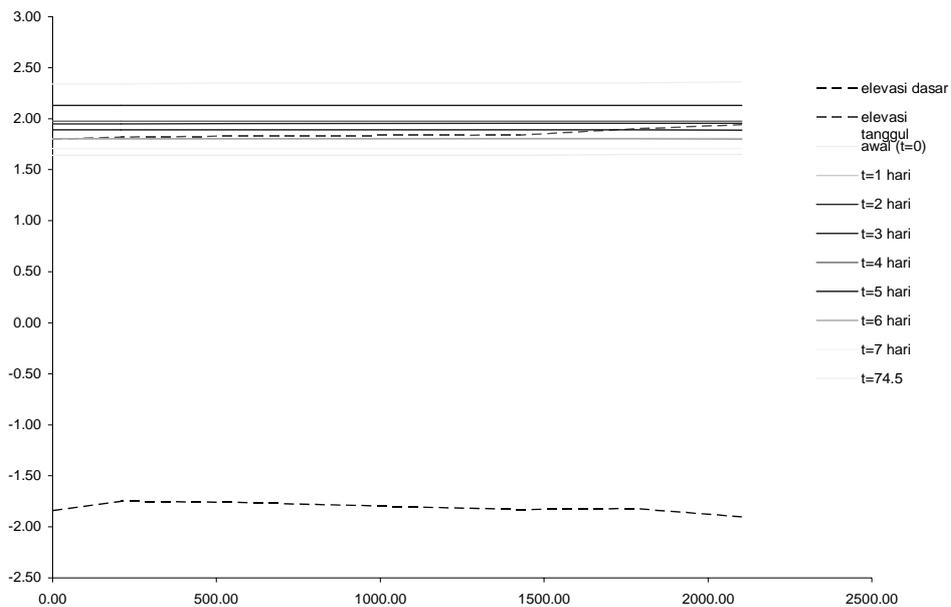
Struktur Siphon	Kode	Operasi Saat Banjir	Permodelan				
			Diameter	Begin Level		End Level	
				Mulai	akhir	Mulai	akhir
Cideng	S8,S9 S10	Sesuai tinggi Air	1	0.2	-0.1	0.2	-0.1

Tabel 4. Node-node boundary condition

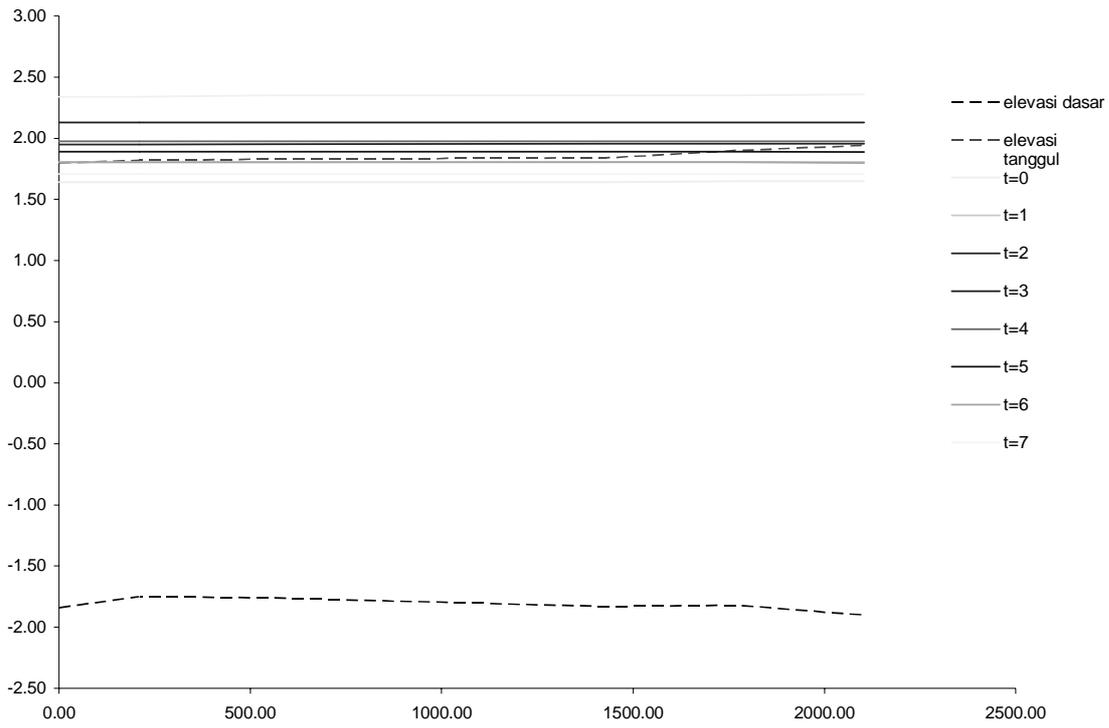
Ruas	Node
Source Mampang	8
Source Krukut Atas	8.1
Source Cideng Atas	20
Krukut Bawah	100
Cideng Bawah	27
Source Ciliwung	46
Ciliwung 2	54
Ciliwung kota - Pa tangki	96
Ciliwung Gunung Sahari	104
Anak Ciliwung	104.1
Banjir Kanal-Pa Karet	92
Muara Karang	102
Besar	65
Pa Karet-Banjir Kanal	49
Pa Tangki-Cil. Kota	60
Krukut Atas-Banjir Kanal	11

Tabel 5. Kedalaman dan durasi genangan

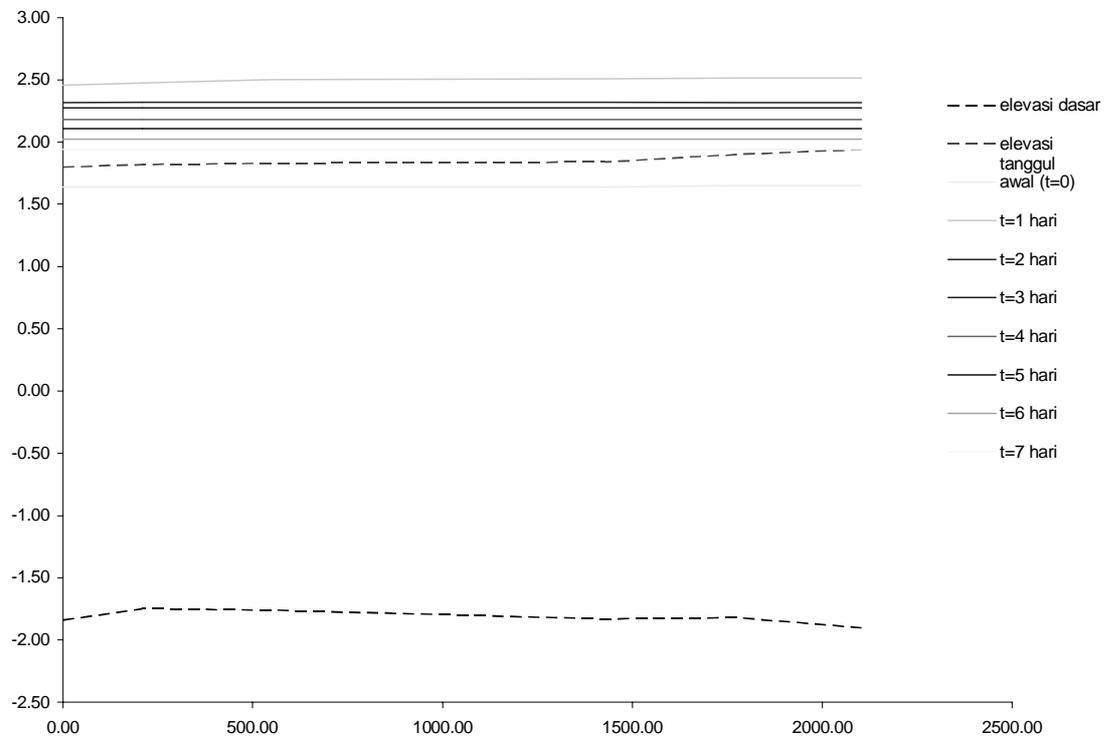
Saluran	Skenario (25 Tahun)		Skenario (100 Tahun)		Skenario (1000 Tahun)	
	Kedalaman	Durasi	Kedalaman	Durasi	Kedalaman	Durasi
Source Mampang	-	-	-	-	-	-
Source Cideng Atas	-	-	-	-	-	-
Source Krukut Atas	-	-	-	-	-	-
Krukut Bawah	± 0,5 m	± 5 hari	± 0,6 m	± 6 hari	±0.8 m	>7 hari
Cideng Bawah	± 0,2 m	± 3 hari	± 0,4 m	± 3 hari	±0.5 m	>7 hari
Source Ciliwung	-	-	-	-	-	-
Ciliwung 2	-	-	-	-	-	-
Ciliwung kota - Pa tangki	± 0,4 m	± 4 hari	± 0,5 m	± 5 hari	±0.7 m	>7 hari
Ciliwung Gunung Sahari	-	-	-	-	-	-
Anak Ciliwung	-	-	-	-	-	-
Banjir Kanal-Pa Karet	-	-	±0.1 m	2 hari	±0.4 m	2 hari
Muara Karang	-	-	-	-	-	-
Besar	-	-	-	-	-	-
Pa Karet-Banjir Kanal	-	-	-	-	-	-
Pa Tangki-Cil. Kota	-	-	-	-	-	-
Krukut Atas-Banjir Kanal	-	-	-	-	-	-
Pluit	± 0,5 m	± 4 hari	± 0,8 m	± 5 hari	±1 m	>7 hari



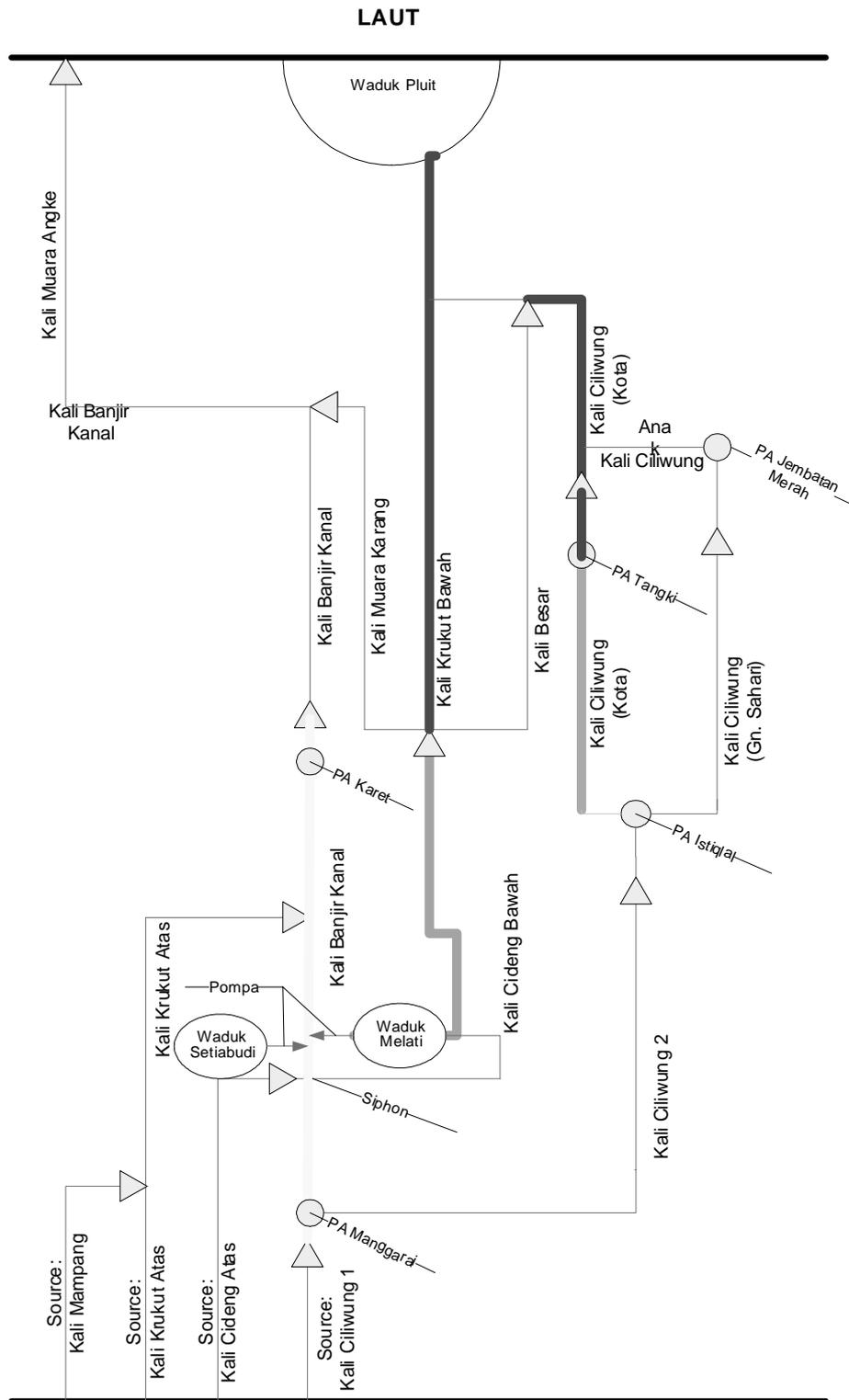
Gambar 11. Muka air ruas pluit (eksisting Q 25 tahun)

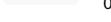


Gambar 12. Muka air ruas pluit (eksisting Q 100 tahun)

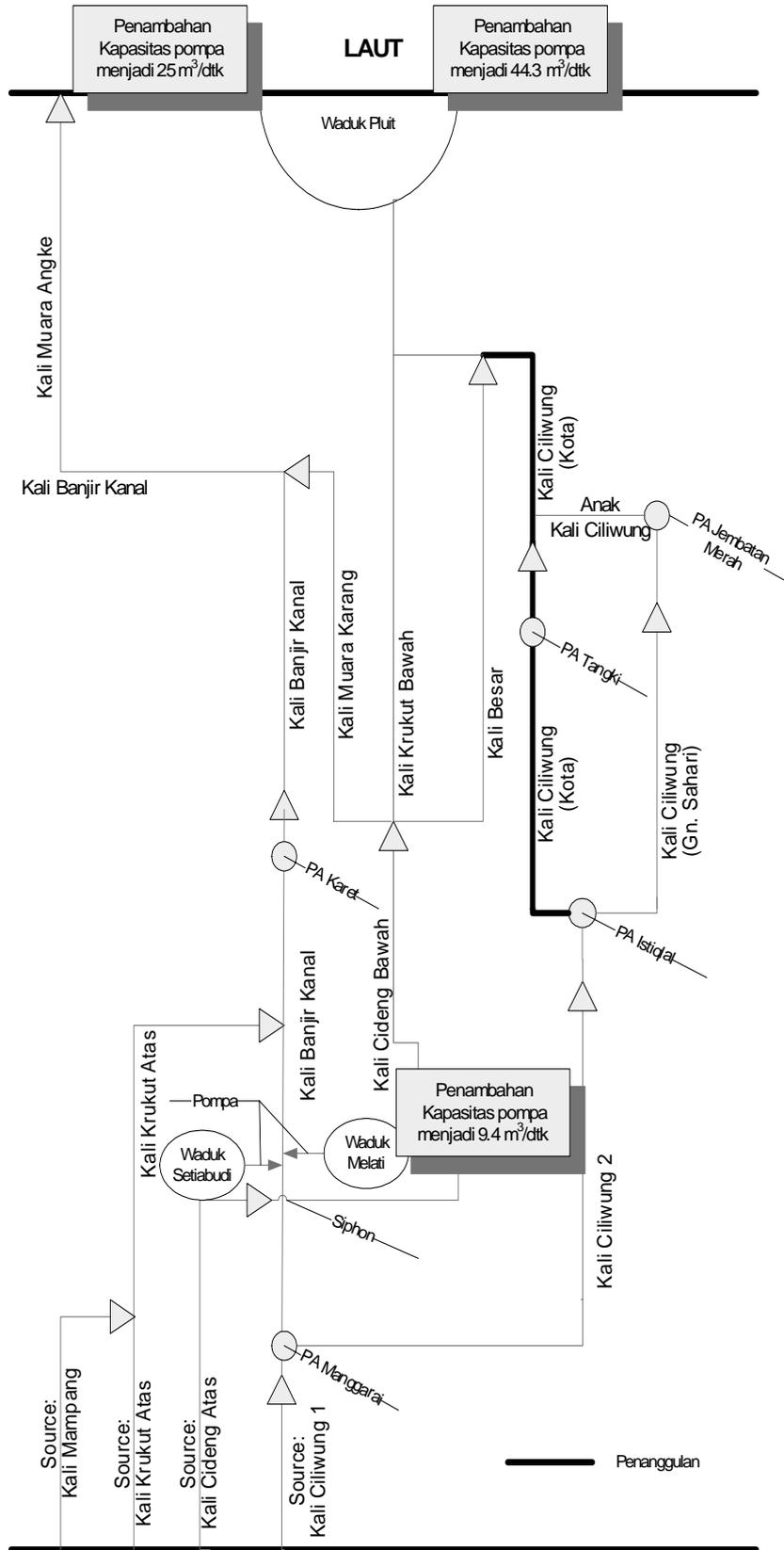


Gambar 13. Muka air ruas pluit (eksisting Q 1000 tahun)

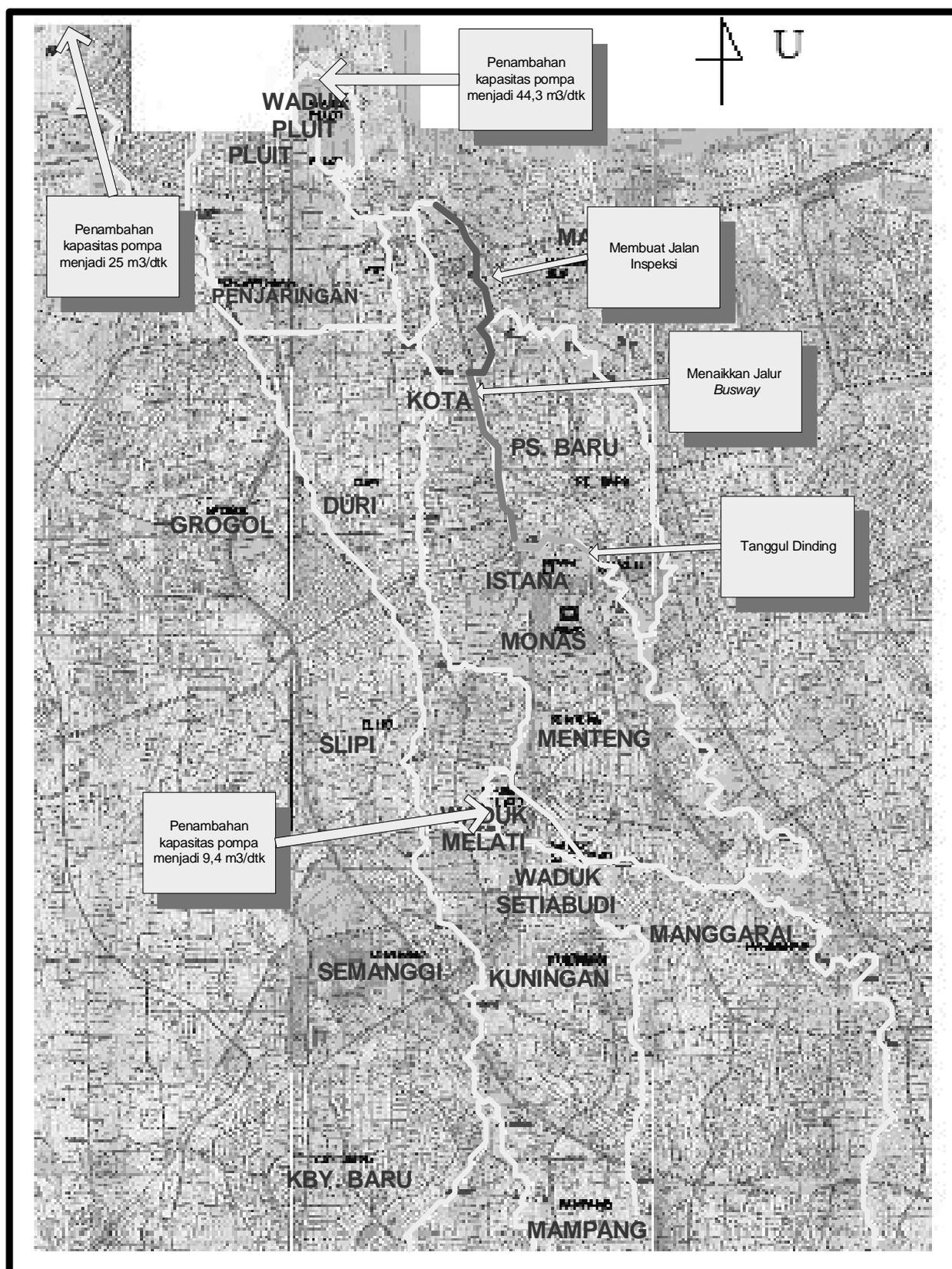


Periode Ulang 25 tahun	Periode Ulang 100 tahun	Periode Ulang 1000 tahun
 >0.4 m	 >0.5 m	 >0.8 m
 0.2-0.4 m	 0.3-0.5 m	 0.4-0.8 m
 0.0-0.2 m	 0.0-0.3 m	 0.0-0.4 m
	 0.0-0.1 m	 0.0-0.4 m

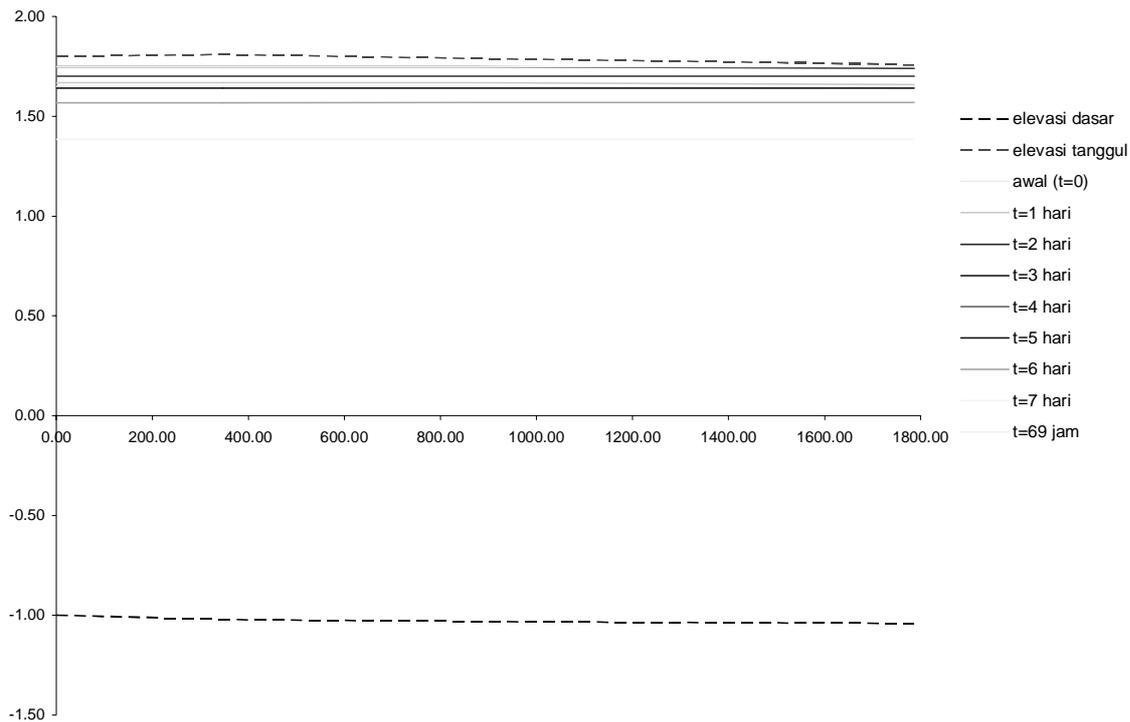
Gambar 14. Skema genangan



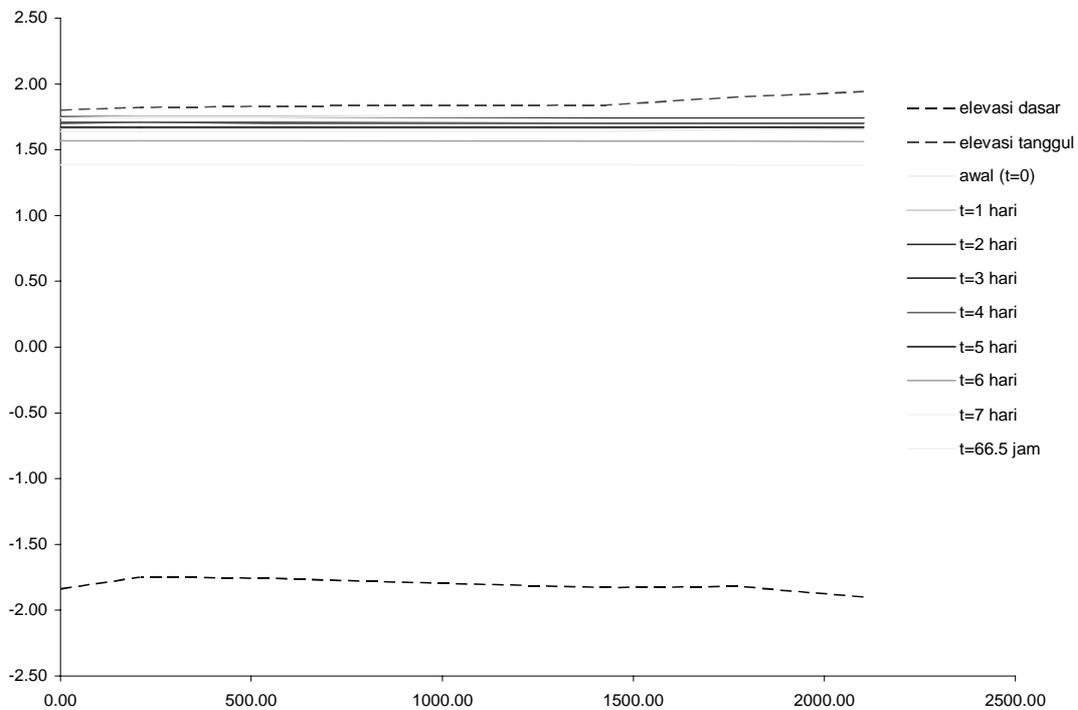
Gambar 15. Skema usulan



Gambar 16. Peta usulan



Gambar 17. Tinggi muka air ruas krukut bawah (desain)



Gambar 18. Tinggi muka air ruas pluit (desain)