

EFEKTIVITAS INFRASTRUKTUR TERPADU BAWAH TANAH (ITBT) UNTUK PENGENDALIAN BANJIR JAKARTA

THE EFFECTIVITY OF INTEGRATED UNDERGROUND INFRASTRUCTURE FOR JAKARTA FLOOD CONTROL

Segel Ginting¹⁾ William M Putuhena²⁾

^{1,2)}Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air
Jl. Ir. H. Djuanda 193 Bandung, Jawa Barat, Indonesia
E-mail: gintingsegel@gmail.com

ABSTRAK

Jakarta memiliki permasalahan yang sangat kompleks mulai dari banjir sampai dengan masalah kemacetan lalu lintas. Salah satu solusi yang telah diwacanakan adalah dengan memanfaatkan ruang bawah tanah sebagai jalur pengendalian banjir dan jalan tol. Pemanfaatan ruang bawah tanah disebut juga Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah (ITBT). ITBT yang diusulkan sebagai pengendalian banjir terdiri dari dua trase yaitu ITBT-1 mulai dari Balekambang ke Manggarai dan ITBT-2 mulai dari Ulujami ke Tanah Abang. Efektivitas kinerja ITBT-1 dan ITBT-2 sebagai pengendalian banjir dinilai berdasarkan pendekatan model matematis yang mensimulasikan karakteristik banjir di Jakarta. Kinerja yang dilihat adalah seberapa besar ITBT tersebut dapat mengurangi genangan banjir (risiko banjir). Hasil kajian menunjukkan pengurangan genangan banjir yang dilakukan oleh ITBT-1 dan ITBT-2 tidak signifikan, dimana pengalihan aliran banjir yang dilakukan oleh ITBT tersebut hanya mengurangi genangan pada daerah yang dikendalikan, namun menambah genangan di daerah lainnya. Pengurangan genangan banjir lebih efektif dengan normalisasi sungai dibandingkan dengan ITBT-1 dan ITBT-2. ITBT-1 lebih efektif dalam pengurangan genangan banjir jika trasenya dialihkan ke BKT atau diteruskan ke laut melalui trase dibawah BKT dan dilakukan pengaturan pada saat inlet ke ITBT-1.

Kata Kunci: Pengendalian banjir, Banjir Jakarta, Pemodelan banjir, Infrastruktur terpadu bawah tanah

ABSTRACT

Jakarta has very complex problems from flood to traffic jams. One solution that has been considered is the utilization of underground space called as Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah abbreviated as ITBT (Jakarta Integrated Tunnel) which is used for flood control and toll road. ITBT proposed as flood control consists of two traces, namely ITBT-1 from Balekambang to Manggarai and ITBT-2 from Ulujami to Tanah Abang. The performance effectiveness of ITBT-1 and ITBT-2 as flood controls assessed based on mathematical model approach that simulates the characteristics of floods in Jakarta. is the performance is done by predicting how much ITBT can reduce flood inundation (flood risk). The results indicate insignificant reductions since floodwaters diversion carried out by both ITBT only reduce the puddle within the controlled area, and create another in other areas. Flood inundation reduction is still more effective if done by river improvement. ITBT-1 would be more effective if the trace is transferred into east flood canal (BKT) or sea through alignment under BKT, moreover if there is an inlet regulation to ITBT-1.

Key words: Flood control, Jakarta flooding, Flood modelling, Flood control, Jakarta Integrated Tunnel.

PENDAHULUAN

Tingkat keparahan banjir di ibukota telah menjadi isu nasional yang mengakibatkan dampak dan kerugian finansial yang besar pada masyarakat di wilayah Jakarta. Meminimalisasi risiko banjir merupakan upaya dari pemerintah untuk membantu masyarakat yang terkena dampak melalui pengelolaan banjir baik secara struktural maupun non struktural. Pemerintah dalam hal ini, baik Pemerintah Pusat maupun Pemerintah Daerah melakukan kerja sama

dalam pengelolaan banjir tersebut. Berbagai pengelolaan banjir yang telah dilakukan seperti pembuatan Banjir Kanal Timur (BKT) telah dilaksanakan dan berdampak terhadap pengurangan frekuensi kejadian banjir di wilayah timur Jakarta (Putuhena dan Ginting, 2013). Selain itu, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dan Kementerian Pekerjaan Umum (PU) juga telah melaksanakan normalisasi dan meningkatkan sistem kanal eksisting dengan mengembalikan pada kapasitas awal dalam rangka pengelolaan

banjir tersebut. Semua upaya yang dilakukan pemerintah, dalam rangka untuk mengurangi risiko banjir. Penanganan masalah banjir yang dilakukan pemerintah seringkali ketinggalan dibandingkan perkembangan kota yang begitu pesat, sehingga pengendalian banjir yang telah dilakukan masih belum dapat bekerja secara maksimal. Jika implementasi pengendalian banjir dapat bekerja secara maksimal maka memerlukan investasi yang sangat besar (Caljouw, M., et.al, 2004).

Melihat permasalahan tersebut di atas yang belum dapat diatasi secara maksimal, maka PT. Antaredja Mulia Jaya (2015) mengusulkan sebuah program *Jakarta Integrated Tunnel (JIT)*. Program JIT ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan tersebut di atas. JIT ini untuk selanjutnya dalam tulisan ini disebut sebagai Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah (ITBT). Desain ITBT berupa terowongan ganda dan masing-masing terowongan sebagian digunakan untuk jalan tol dan sebagian lagi untuk pengendalian banjir. PT. Antaredja Mulia Jaya (2015) mengusulkan enam trase ITBT dan hanya dua trase yang digunakan untuk pengendalian banjir. Kedua trase ITBT yang digunakan sebagai pengendalian banjir adalah trase dari Bale Kambang ke Manggarai dan Trase Tanah Abang ke Ulujami. Kedua trase ini kemudian akan diuji efektivitasnya dalam mengatasi banjir di Sungai Ciliwung dan Pesanggrahan.

Infrastruktur terpadu bawah tanah yang merupakan kombinasi infrastruktur jalan tol dan pengendalian banjir yang diusulkan tersebut, jika disuperposisikan terhadap sistem pengendalian banjir yang ada di Jakarta, maka ITBT tersebut masuk ke dalam sistem pengendalian banjir wilayah barat dan wilayah tengah. Pemanfaatan ruang bawah tanah, merupakan salah satu upaya yang diusulkan untuk mengatasi permasalahan sosial berupa pembebasan lahan. Pemanfaatan ruang bawah tanah, harus bersinergi dengan program pengendalian banjir yang telah menjadi rencana ke depan untuk mengurangi risiko banjir (Balitbang PUPR, 2016).

Berkurangnya risiko banjir di Jakarta akibat dari pembangunan ITBT perlu dikaji secara teknis dan berapa besar pengurangan genangan banjir yang terjadi akibat adanya ITBT tersebut. Pengujian awal dilakukan dengan melihat efektivitas secara teknis dalam mengurangi risiko banjir. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan model matematis yang telah terbangun di Jakarta (Putuhena dan Ginting, 2013).

Maksud dari kajian ini adalah untuk melihat efektivitas sistem infrastruktur terpadu bawah

tanah (ITBT) dalam pengendalian banjir Jakarta dengan tujuan untuk mengurangi risiko banjir yang terjadi di Jakarta.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengendalian Banjir di Jakarta

Pengendalian banjir di Jakarta sudah dilakukan sejak jaman kolonial. Banjir yang terjadi di Batavia pada saat itu telah menyebabkan kota tersebut lumpuh. Pada awal perencanaan kota ini, dimaksudkan untuk membangun kota menyerupai kota-kota yang ada di Belanda, sehingga banyak dibangun kanal-kanal. Sampai dengan saat ini, banyak infrastruktur pengendalian banjir yang telah dibangun.

a) Pengendalian Banjir Era Kolonialisme

Pengendalian banjir pada masa kolonialisme tahun 1900-an telah dimulai secara sporadis tanpa adanya perencanaan yang komprehensif untuk penyelesaian banjir secara menyeluruh. Pengendalian banjir saat itu dilakukan dengan mengalihkan aliran Sungai Ciliwung sehingga mengelilingi kota lama Batavia, pembuatan Kanal Gunung Sari dan normalisasi Sungai Krukut untuk bagian tengah Kota Batavia. Di bagian barat Kota Batavia, Pemerintah Belanda membangun tanggul di beberapa tempat di Sungai Angke dan Pesanggrahan, serta di bagian timur dibuat Kanal Sentiong, yang menampung aliran Sungai Sunter (Ravesteijn, 2008). Pembuatan kanal-kanal di Batavia dapat dilihat pada sistem tata air di Batavia pada Tahun 1900-an seperti terlihat pada Gambar 1.

Pengendalian banjir dengan perencanaan yang komprehensif baru dimulai saat Batavia dilaksanakan oleh Herman van Breen. Van Breen menangani banjir di Kota Batavia dengan mengalihkan aliran Sungai Ciliwung serta sungai-sungai kecil yaitu Sungai Cideng dan Sungai Grogol melalui sebuah *Bandjir Kanaal*, yang dulunya disebut sebagai *Krokot Bandjir Kanaal* dan kini dikenal sebagai bagian dari Banjir Kanal Barat (BKB).

Rencana pengendalian banjir yang dilakukan oleh van Breen (1923) meliputi beberapa alternatif seperti berikut ini:

Trase I:

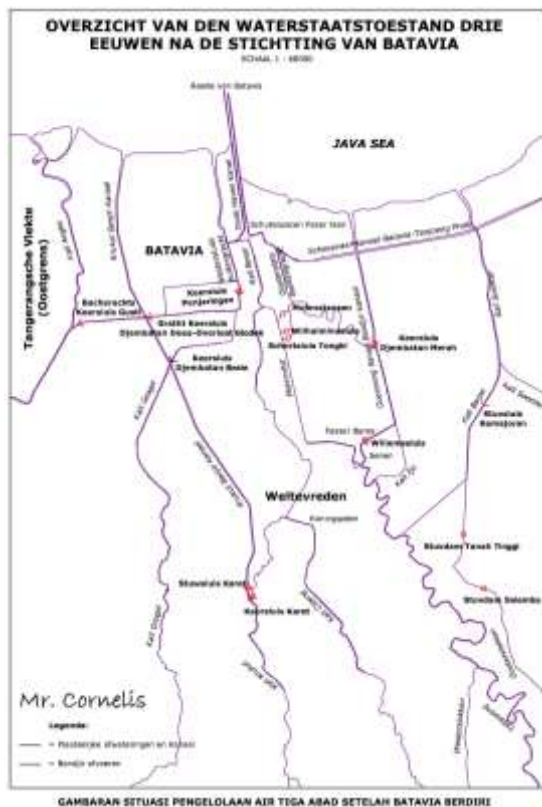
Dari Utara Cawang ke Barat melalui daerah Senayan kemudian ke utara melalui Pesing bergabung ke Sungai Angke. Rencana ini secara teknis paling sempurna, akan tetapi membutuhkan biaya yang paling mahal. Trase ini bila ditinjau sekarang adalah kurang lebih Jalan Gatot Subroto.

Trase II:

Dari Manggarai ke Barat di sebelah Selatan Bendung Karet, kemudian membujur ke utara melalui Pesing bergabung ke Sungai Angke. Rencana ini secara teknis kurang sempurna bila dibandingkan dengan Trase I, namun biayanya jauh lebih murah.

Trase III:

Merupakan variasi sementara dari Terasa II. Terusan di Bendung Karet digabung dengan Terusan Banjir Krukut kearah utara yang telah ada sejak pertengahan abad ke 19. Sungai Krukut sendiri dialihkan melalui Tanah Abang dan Petojo langsung ke utara untuk bergabung dengan Sungai Cideng. Trase ini yang sementara dipilih untuk selanjutnya ditingkatkan.



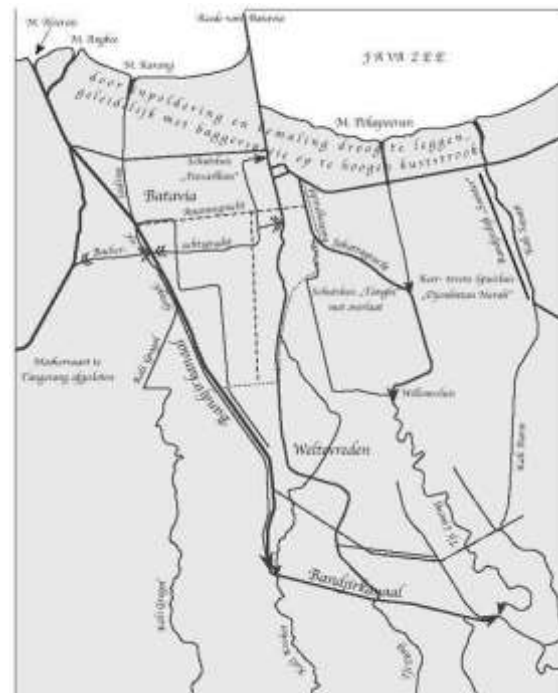
Gambar 1 Kondisi tata air Kota Batavia tahun 1900 (van Breen, 1923)

Trase III terpilih dalam pengendalian banjir di Batavia, membuat sistem tata air di Batavia menjadi berubah seperti terlihat pada Gambar 2. Trase III seperti pada Gambar 2, sekarang ini disebut sebagai Banjir Kanal Barat (BKB). BKB adalah kanal banjir yang hulunya berada di Sungai Ciliwung, kemudian mengalir kearah barat memotong aliran Sungai Cideng, Sungai Grogol dan di hilirnya bergabung dengan Sungai Angke sebelum masuk ke laut. Desain awal dari sistem pengaliran yang dibuat adalah debit maksimum 300 m³/s dialirkan ke BKB,

sedangkan debit yang masuk Ciliwung lama maksimum sebesar 80 m³/s.

b) Rencana Pengendalian Banjir Jaman Kemerdekaan.

Penanganan banjir di awal masa kemerdekaan masih berpedoman pada konsep dan strategi yang disusun oleh Van Breen. Pada masa transisi kemerdekaan, Blommestein (1949) merencanakan pengendalian banjir di Jakarta dengan membuat tanggul laut serta pembuatan kanal yang menghubungkan antara Sungai Cisadane-Ciliwung dan berakhir di Sungai Cibeet dan ditampung dalam rencana Waduk Pangkalan dengan kapasitas 800 juta m³. Kanal yang direncanakan berada pada elevasi +100 m atau dapat diturunkan pada elevasi + 75 m. Rencana dari W.J Blommestein dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Sistem tata air di Kota Batavia tahun 1918 (Soehoed, 2002)

Pada tahun 1965 Pemerintah Pusat membentuk Komando Proyek Pencegahan Banjir Jakarta, disingkat Kopro Banjir, langsung di bawah komando Presiden. Kopro Banjir pada saat itu bertugas sebagai badan yang khusus menangani masalah banjir di Jakarta. Hasil kerja Kopro Banjir dalam rangka pengendalian banjir di Jakarta adalah sebagai berikut:

- a. Pembangunan Waduk: Setia Budi, Waduk Pluit, Waduk Tomang, Waduk Grogol serta merehabilitasi sejumlah sungai di sekitarnya;

- b. Pembangunan Polder: Polder Melati, Polder Pluit, Polder Grogol, Polder Setia Budi Barat, dan Polder Setia Budi Timur;
- c. Pembuatan Sodetan Sungai: Sungai Grogol, Sungai Pesangrahan, dan Gorong-gorong Jalan Sudirman.

Pada tahun 1973 dalam pekerjaan Master Plan of Drainage and Flood Control of Jakarta disusun Master Plan Pengendalian Banjir di Jakarta yang kemudian dikenal sebagai Master Plan 1973. Prioritas pengendalian banjir yang dilakukan adalah sebagai berikut (Nedeco, 1973):

1. Memperpanjang saluran kolektor yang sudah ada ke arah barat, yang kini dikenal sebagai *Cengkareng Drain*;
2. Membangun saluran kolektor di bagian timur yang kemudian dikenal sebagai *Cakung Drain*, untuk menampung aliran air dari Sungai Sunter, Buaran, Cakung, dan Jati Kramat.



Gambar 3 Rencana pengendalian banjir di Jakarta (Blommenstein, 1949)

Selain prioritas utama yang dibangun, direncanakan juga untuk melakukan hal-hal berikut ini:

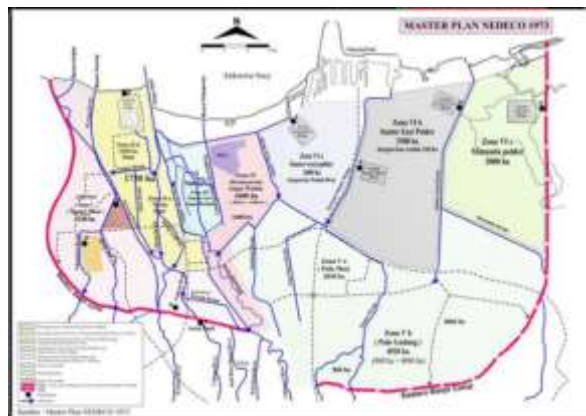
1. Merehabilitasi saluran terbuka yang telah ada;
2. Melaksanakan suatu improvisasi sistem drainase dari Jakarta Pusat dan Jakarta Barat yang terletak di hilir Saluran Banjir Kanal Barat.
3. Membangun saluran drainase Sunter Barat dan Timur untuk mitigasi banjir di Jakarta Timur.
4. Membangun pompa pembuang dari polder di Jakarta Barat dan Timur.

5. Mengisolasi tempat buangan sampah.
6. Memelihara saluran-saluran drainase dengan melakukan pembilasan

Master plan pada tahun 1973 sudah merencanakan pembangunan Banjir Kanal Timur (BKT). BKT direncanakan untuk menampung aliran Sungai Cipinang, Sungai Sunter, Sungai Buaran, Sungai Jati Kramat, dan Sungai Cakung. Merujuk pada rencana van Breen, Nedeco (1973) melakukan evaluasi dan juga membuat kembali rencana tata ruang induk di Jakarta dalam mengatasi permasalahan banjir. Masterplan ini meliputi:

1. Banjir Kanal Barat mengendalikan daerah seluas 7.500 ha
2. Banjir Kanal Timur mengendalikan daerah seluas 16.500 ha
3. Pengembangan polder-polder pada zona-zona seperti pada Gambar 4.

Rencana pengendalian banjir yang diusulkan oleh Nedeco (1973) tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Masterplan pengendalian banjir tahun 1973 (Nedeco, 1973)

Pengendalian banjir di Jakarta selalu mendapatkan perhatian secara nasional. Beberapa studi yang terkait dengan penanganan banjir di Jakarta telah dilakukan. Pekerjaan Study on Urban Drainage and Waste Water Disposal in Jakarta yang dilakukan oleh JICA pada tahun 1991, merekomendasikan beberapa hal yang penting yaitu:

1. Menyiapkan studi penurunan tanah dan pengisian kembali air tanah.
2. Memperbaiki sistem jaringan hidrologi dengan menambah stasiun hujan otomatis.
3. Penguatan operasi dan pemeliharaan, dengan penekanan pada pengerukan berkala, pembuangan sampah serta rehabilitasi dan perbaikan operasi fasilitas pengendalian banjir.

- 4 Peningkatan kesadaran masyarakat melalui sosialisasi.

Kejadian banjir besar yang terjadi pada tahun 2002 menjadi pertanda bahwa banjir yang terjadi di Jakarta belum dapat ditangani secara teknis. Oleh karena itu, pekerjaan *Quick Reconnaissance Study Flood in Jabodetabek* pada tahun 2002 dilaksanakan dan hasilnya merekomendasikan beberapa hal untuk pengendalian banjir yaitu (Nedeco, 2002):

- 1 Membangun beberapa bangunan untuk mengurangi resiko banjir;
- 2 Melakukan upaya non-struktural mengurangi resiko akibat banjir; dan
- 3 Menyiapkan kerangka dasar dari institusi yang harus melaksanakan upaya-upaya di atas.

Pengendalian banjir yang banyak dilakukan di Jakarta umumnya pendekatan secara struktural. Pada studi yang dilakukan di atas telah merekomendasikan salah satu pendekatan non struktural untuk pengendalian banjir di Jakarta. Pada pekerjaan *Flood Management Study for Jakarta* juga telah merekomendasikan pendekatan non struktural untuk pengendalian banjir. Rekomendasi yang dilakukan untuk pengendalian banjir tersebut adalah (Rijkswaterstaat, et.al., 2003):

- 1 Melaksanakan pengerukan untuk meningkatkan kapasitas aliran sungai dan drainase utama, perbaikan pompa di daerah Jakarta Utara;
- 2 Menyusun kerangka hukum dan administrasi untuk pengendalian banjir;
- 3 Mengalokasikan dana untuk implementasi infrastruktur yang mempunyai prioritas tinggi guna pengendalian banjir bagi BBWS Ciliwung – Cisadane dan Dinas PU DKI Jakarta;

Dalam mengendalikan banjir, prinsip dasar yang digunakan adalah mengalirkan air sungai yang masuk ke Jakarta melalui pinggir kota dan langsung ke laut. Tujuannya adalah agar air yang datang dari daerah hulu tidak memasuki wilayah tengah Kota Jakarta, tetapi dialirkan langsung menuju laut melalui Banjir Kanal Barat dan Cengkareng Drain di bagian Barat dan di bagian Timur melalui Banjir Kanal Timur dan Cakung Drain. Sementara itu, kawasan Jakarta Selatan yang permukaan tanahnya relatif tinggi dibuatkan drainase yang akan menyalurkan air secara alamiah dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Di daerah-daerah yang lebih rendah, di mana genangan air tidak dapat mengalir ke mana-mana, digunakan sistem polder – yaitu sistem yang akan memompa air keluar yang

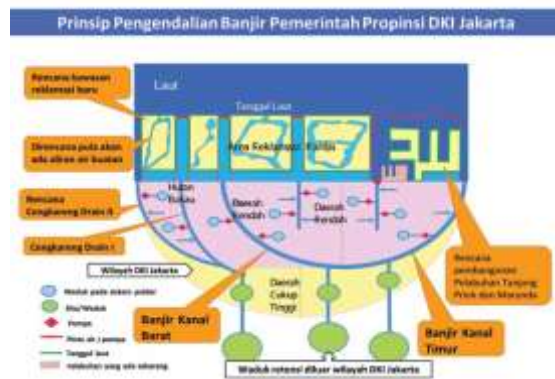
mengenangi daerah daerah yang rendah dan mengeringkan daerah rendah dari genangan air. Sistem polder adalah suatu cara penanganan banjir dengan bangunan fisik yang terdiri dari sistem drainase, kolam retensi (penahan), tanggul yang mengelilingi kawasan daerah rendah, serta pompa dan atau pintu air sebagai satu kesatuan pengelolaan air yang tidak dapat dipisahkan. Air hujan yang jatuh dalam kawasan ini dialirkan oleh saluran air serta waduk dan dari waduk air ini dipompa ke laut. Air dari genangan-genangan akan ditampung dalam waduk dan tanggul dan dipompa ke saluran-saluran pengendali, kemudian dialirkan ke Banjir Kanal Barat atau Banjir Kanal Timur yang mengalir ke laut. Upaya pengendalian banjir di Jakarta tidak hanya dilaksanakan semata-mata melalui pembangunan infrastruktur seperti saluran, waduk dan kanal, tetapi juga melalui pendekatan perubahan perilaku penduduk yang tinggal di Jakarta. Banjir di Jakarta tidak pernah dapat dipisahkan dari faktor manusia yang hidup di wilayahnya. Oleh karena itu, Pemerintah Provinsi Jakarta menggunakan dua pendekatan dalam pengendalian banjir, yakni pendekatan struktural dan non-struktural. Pengendalian banjir yang digunakan saat ini seperti terlihat pada Gambar 5.

Perkembangan kota yang sangat pesat, menyebabkan permasalahan yang muncul menjadi sangat kompleks. Pengendalian banjir yang ada saat ini masih kurang mampu untuk mengatasi banjir di Jakarta karena serangan dari laut yang sangat berisiko yang diakibatkan oleh penurunan tanah yang sangat tinggi. Untuk mengatasi permasalahan di Jakarta, maka Pemerintahan Belanda memberikan bantuan untuk melakukan studi pembuatan masterplan yang sangat komprehensif, dimana mengintegrasikan sistem transportasi, lingkungan laut, banjir dari hulu dan hilir dan permasalahan penurunan tanah dalam satu kajian berupa *National Capital Integrated Coastal Development (NCICD)*. NCICD adalah sebuah proyek yang digunakan untuk menjawab permasalahan di Jakarta. Salah satu keluaran yang dihasilkan dalam pekerjaan NCICD adalah adanya tanggul laut dan reklamasi di pantai utara Jakarta serta rencana waduk lepas pantai. Semuanya ini dirangkum dalam satu kata yaitu Great Garuda. Rencana dari Great Garuda dapat dilihat pada Gambar 6.

c) Pengendalian Banjir di Jakarta Saat Ini

Secara garis besar, sistem pengendalian banjir di Jakarta dibagi menjadi tiga sub sistem yaitu Sistem Pengendalian Wilayah Barat,

Pengendalian Wilayah Tengah dan Pengendalian Banjir Wilayah Timur.



Gambar 5 Rencana Pengendalian Banjir Jakarta (Tim Mirah Sakethi, 2010)

Pengendalian banjir di Jakarta tidak terlepas dari strategi pengendalian banjir mulai dari hulu sampai ke hilir. Penanganan kawasan hulu meliputi pendekatan non struktural dan struktural.

Pendekatan non struktural terdiri dari penanaman atau kegiatan vegetatif (penghijauan atau reboisasi), penataan sempadan, lahan ruang terbuka hijau, penertiban pemanfaatan ruang DAS Ciliwung, dan pendekatan struktural terdiri dari revitalisasi situ-situ, pembuatan check dam (dam parit), pembangunan kolam dan sumur resapan. Penanganan kawasan hilir secara umum dilakukan dengan pendekatan struktural. Secara struktural, pengendalian infrastruktur banjir Jakarta adalah sebagai berikut:

Pengendalian banjir untuk wilayah Barat:

- 1 Cengkareng Drain

Pengendalian banjir di Wilayah Tengah:

- 1 Banjir Kanal Barat (BKB)
- 2 Sistem Polder (Pluit, Melati, Cideng, Setiabudi dan lainnya)

Pengendalian Banjir di Wilayah Timur

- 1 Banjir Kanal Timur
- 2 Cakung Drain
- 3 Sunter Drain
- 4 Sistem Polder (Ancol, Cideng)

Upaya peningkatan pengendalian banjir untuk menghadapi peningkatan besarnya debit banjir yang terus meningkat, dilakukan dengan beberapa upaya berikut ini:

Peningkatan pengendalian banjir untuk Wilayah Barat:

- 1 Diversi Kanal dari Sungai Angke ke Sungai Cisadane
- 2 Cengkareng Drain II
- 3 Normalisasi Sungai Pesanggrahan, Angke
- 4 Dan Sistem Polder (Muara Karang dan Lower Angke, serta Polder Kamal)

Peningkatan pengendalian banjir di Wilayah Tengah terdiri dari beberapa pendekatan yaitu:

- 1 Pembangunan DAM Ciawi dan Sukamahi
- 2 Diversi Kanal dari Sungai Ciliwung ke Cisadane + Waduk di Cisadane
- 3 Koneksi Ciliwung ke BKT (Tunnel)
- 4 Koneksi Gunung Sahari ke Pluit
- 5 Normalisasi Sungai Ciliwung

Peningkatan pengendalian banjir di Wilayah Timur

- 1 Sistem Polder (Polder Marunda, Polder Ancol-Sentiong, dan Polder Marina)
- 2 Normalisasi Sungai Cakung dan Sunter



Gambar 6 Great Garuda untuk Pengendalian Banjir Jakarta (Kemenko Perekonomian, 2014)

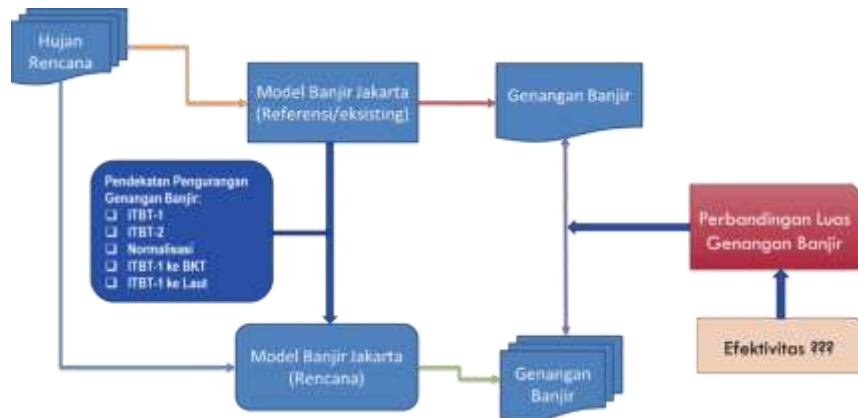
METODOLOGI

Metodologi yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar efektivitas pengendalian banjir yang dilakukan di Jakarta, pada Gambar 7 berikut ini digunakan sebagai dasar untuk menilai efektivitas dari setiap pengendalian banjir.

Model Hidrologi di DAS Jakarta

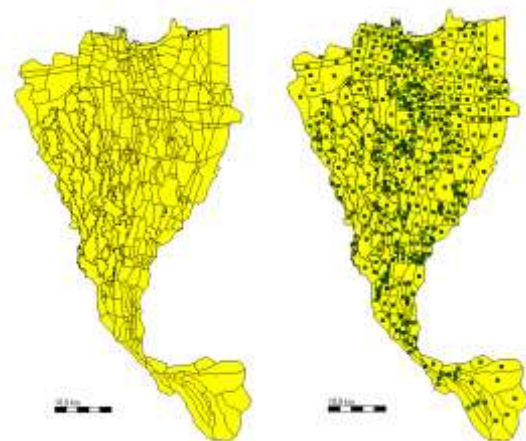
Sebagai batasan yang digunakan untuk mensimulasikan banjir di Jakarta, maka digunakan data debit banjir sebagai masukannya. Data debit banjir tersebut diperoleh berdasarkan proses daur hidrologi yang mengubah hujan menjadi limpasan. Proses tersebut sering disebut sebagai pemodelan hidrologi.

Metode yang digunakan untuk merubah hujan menjadi limpasan adalah metode Sacramento. Metode ini digunakan karena memperhitungkan adanya kondisi karakteristik kelengasan tanah (*soil moisture*), karena di Jakarta kejadian banjir umumnya disebabkan oleh kejadian hujan beberapa hari (Ginting *et.al.*, 2015).



Gambar 7 Diagram alir penilaian efektivitas pengendalian banjir

Metode Sacramento yang digunakan dibentuk sesuai dengan model lumped, sehingga memerlukan usaha yang lebih untuk dapat mengakomodasi pemodelan banjir di Jakarta, dimana memerlukan beberapa input data banjir dari setiap sungainya. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka pemodelan hidrologi yang dilakukan di DAS Jakarta bersifat semidistribusi (*semi distributed model*), dimana DAS Jakarta dibagi menjadi beberapa Sub DAS yang lebih kecil. Proses pembentukan SubDAS di Jakarta telah dilakukan pada studi *flood hazard modelling* serta menentukan parameter yang digunakan. (Ogink, *et al.*, 2009). Dalam studi ini proses pemodelan hidrologi tidak mengalami perubahan dengan yang telah digunakan sebelumnya, dimana di DAS Jakarta dibagi menjadi 449 SubDAS. Pembagian SubDAS tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Batas sub DAS dan node yang digunakan dalam modeling (Ogink, *et al.*, 2009)

Model Hidraulik 1D

Pemodelan hidraulik di Jakarta dilakukan berdasarkan sistem tata air makro. Model hidraulik yang dikembangkan berdasarkan perhitungan 1D dengan menggunakan paket program SOBEK. Program ini digunakan karena model hidrologi dan hidraulik terintegrasi dalam satu paket program, sehingga memudahkan untuk melihat terjadinya perubahan yang terjadi. Model hidraulik 1D yang digunakan selanjutnya diintegrasikan juga dengan 2D untuk menentukan daerah genangan banjir.

Model banjir Jakarta telah dikembangkan dalam rangka untuk pembuatan *flood hazard map* di Jakarta pada tahun 2007 (Verschelling & Udo, 2007) dan dilanjutkan lagi pada tahun 2009 sebagai *flood hazard map 2* (Ogink, *et al.*, 2009). Model yang dihasilkan pada studi tersebut digunakan sebagai model banjir Jakarta referensi setelah melakukan pembaharuan (*updating*) data khususnya data geometri sungai.

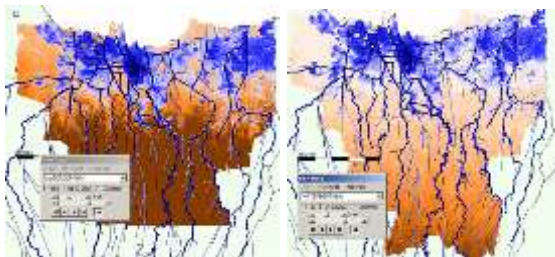
Beberapa pembaharuan data yang dilakukan terhadap model sebelumnya adalah adanya perubahan kondisi eksisting di lapangan seperti telah dibangunnya Banjir Kanal Timur, Rehabilitasi terhadap Waduk Pluit, Rehabilitasi terhadap Pintu Manggarai, Normalisasi Banjir Kanal Barat dan terdapatnya data pengukuran baru yang dihasilkan dalam *Jakarta Urgent Flood Mitigation Project-Jakarta Emergency Dredging Initiative* pada beberapa sungai dan saluran yang ada di Jakarta.

Model Genangan Banjir (*Flood Inundation Model*)

Model genangan banjir yang dibuat di Jakarta merupakan integrasi dari model hidraulik 1D dan model hidrologi dan selanjutnya diintegrasikan dengan 2D. Model genangan banjir adalah model *hydrodynamic 2D*. Pengembangan model genangan banjir memerlukan data *digital elevation model* (DEM) di wilayah administratif Jakarta. Data *digital elevation model* dibentuk berdasarkan data titik-titik ketinggian (*spotheights*) dan data kontur

dengan perbedaan elevasi 1 m. Jumlah titik-titik ketinggian yang digunakan seluruh wilayah Jakarta sekitar 78000 titik. DEM yang dibentuk berdasarkan data tersebut tidak mempertimbangkan elevasi bangunan-bangunan yang ada di Jakarta, namun hanya mempertimbangkan elevasi tanggul yang terdapat di daerah pesisir pantai dan sungai sebagai proteksi untuk menghalangi air masuk ke Jakarta akibat pasang surut air laut dan luapan sungai.

Data DEM yang dibentuk dari kondisi di atas dalam tipe format *grid* dengan ukuran *grid* yang digunakan adalah 100 x 100 m. Semakin kecil ukuran *grid* yang digunakan tentu saja akan memberikan hasil yang lebih baik, namun memerlukan waktu yang sangat lama untuk melakukan simulasi banjir di seluruh DKI Jakarta. Berdasarkan hasil studi oleh Verschelling & Udo, (2007) telah melakukan pengujian terhadap pola genangan banjir di Jakarta dengan ukuran *grid* berbeda yang digunakan seperti dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Perbandingan genangan banjir dengan ukuran *grid* 50x50 (kiri) dan 100 x 100 (kanan)

Pola genangan banjir yang terjadi seperti pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa pada DEM dengan ukuran *grid* 50 x 50 m tidak jauh berbeda dengan penggunaan DEM ukuran *grid* 100 x 100 m. Merujuk pada pengalaman tersebut, maka ukuran *grid* yang digunakan dalam pemodelan genangan banjir dalam penelitian ini juga menggunakan ukuran 100 x 100 m. Selain juga mempertimbangkan keperluan praktis dalam pemodelan agar tidak memerlukan waktu yang banyak dalam melakukan simulasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah

Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah (ITBT) seperti yang diusulkan oleh pengembang kepada pemerintah dalam rangka untuk mengurangi kemacetan dan resiko banjir di Jakarta. Enam trase yang diusulkan oleh pengembang terdapat dua trase yang digunakan untuk pengendalian

banjir yaitu ITBT-1 dan ITBT-2. Efektivitas kedua trase yang diusulkan untuk pengendalian banjir di Jakarta diuraikan pada subbab berikutnya.

Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah- 1 (ITBT-1)

Pengendalian banjir dengan ITBT-1 yaitu melalui Bale Kambang ke Manggarai. Sistem ini termasuk ke bagian sistem pengendalian banjir wilayah tengah. ITBT-1 yang diusulkan melalui Terowongan dari Sungai Ciliwung ke Banjir Kanal Barat bertujuan untuk mengurangi genangan banjir di daerah Kampung Melayu dan sekitarnya. Permasalahan banjir di Kampung Melayu dan sekitarnya sudah menjadi rutinitas di setiap musim penghujan. Karena daerahnya yang berpemukiman padat menyebabkan beberapa alur sungai yang ada mengalami penyempitan sehingga kapasitas salurannya menjadi berkurang. Upaya terowongan dari Sungai Ciliwung ke Banjir Kanal Barat (BKB) diharapkan dapat memotong puncak banjir yang terjadi di Sungai Ciliwung sehingga mengurangi beban aliran banjir mengalir di daerah Kapung melayu dan sekitarnya sehingga dapat menurunkan muka air banjir. Terowongan ini bertujuan untuk mengalihkan sebagian aliran banjir yang melewati daerah rawan banjir di Sungai Ciliwung. Rencana trase Infrastruktur Bawah Tanah dan daerah banjir yang dikendalikan dapat dilihat pada Gambar 10 dan skema rencana tunnel di bawah tanah dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 10 Rencana Infrastruktur Bawah Tanah dari Bale Kambang ke BKB

Efektivitas Pengendalian Banjir ITBT-1

Terowongan dari Sungai Ciliwung ke BKB seperti yang telah disebutkan sebelumnya merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi genangan banjir di Jakarta, khususnya di daerah upstream Manggarai.

Pengendalian banjir ini dapat dinilai efektif jika dapat mengurangi risiko banjir di daerah layanannya. Untuk mengetahui seberapa besar efektivitas dari pengendalian banjir ini, maka

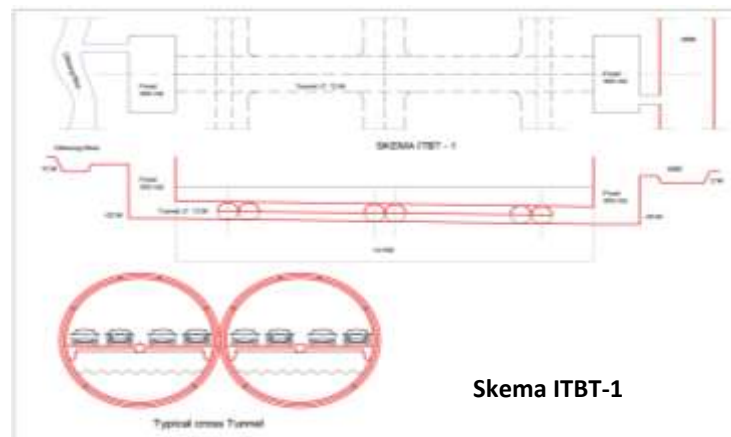
dilakukan analisis terhadap profil muka air banjir di sepanjang sungai.

Berdasarkan model banjir di Jakarta yang telah dihasilkan sebelumnya, selanjutnya dikembangkan model dengan membuat terowongan dari Sungai Ciliwung ke BKB. Model banjir yang telah dibentuk ini, digunakan untuk menilai efektivitas pengendalian banjir. Kinerja pengendalian banjir tersebut dilihat dengan melakukan simulasi terhadap data hujan rencana 100 tahun. Besarnya hujan rencana 100 tahun di daerah aliran sungai-sungai yang masuk ke Jakarta dapat dilihat pada Gambar 12. Perhitungan hujan rencana tersebut dilakukan secara regional dengan metode L-Moment (Ginting, 2015). Kisaran hujan rencana yang terjadi di daerah aliran sungai-sungai yang masuk ke Jakarta sekitar 200 mm sampai dengan 276 mm selama satu hari.

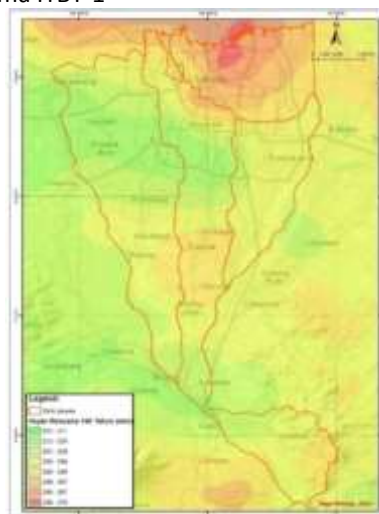
Pengurangan debit puncak banjir tersebut tidak disertai dengan pengurangan luas genangan banjir di Jakarta. Pengurangan luas genangan hanya terjadi pada daerah yang

dikurangi debit banjirnya, namun pada lokasi yang menerima beban lebih dari pengalihan tersebut akan bertambah luas genangannya. Oleh karena hal tersebut, maka dilakukan analisis terhadap daerah yang akan berdampak terhadap pendekatan yang dilakukan tersebut seperti terlihat pada Gambar 14.

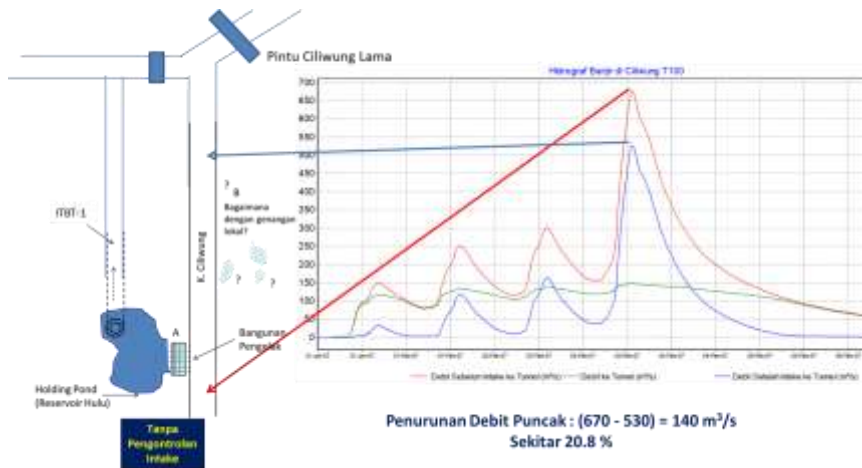
DKI Jakarta telah dibagi menjadi 18 distrik dalam 3 sistem pengendalian banjir yaitu sistem wilayah barat, sistem wilayah tengah dan sistem wilayah timur. Dari ke-18 distrik ini, akan dilihat distrik mana yang akan berpengaruh dan yang terkena dampak akibat dari pada *flood measure* yang diterapkan. Berdasarkan analisis dari genangan banjir yang telah dilakukan terhadap pendekatan ITBT-1, maka diperoleh hasil bahwa terdapat beberapa distrik yang akan terkena dampak seperti adanya peningkatan luas genangan pada distrik tertentu dan adanya pengurangan genangan pada distrik tertentu seperti pada Gambar 15. Besaran perubahan kedalaman genangan yang terjadi akibat dari ITBT-1 ini dapat dilihat pada Gambar 15.



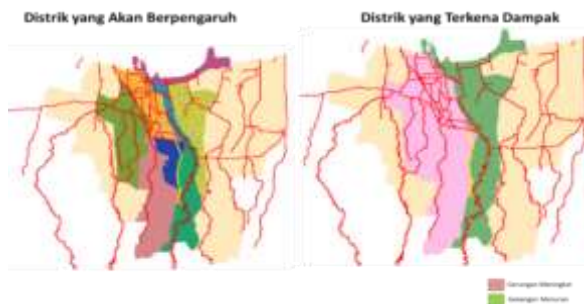
Gambar 11 Skema ITBT-1



Gambar 12 Hujan rencana periode ulang 100 tahun



Gambar 13 Perubahan Hidrograf Banjir di S Ciliwung



Gambar 14 Distrik yang berpengaruh dan yang terkena dampak



Gambar 16 Ilustrasi perubahan debit puncak banjir akibat ITBT-1



Gambar 15 Genangan yang mengalami peningkatan dan penurunan

Perubahan luas genangan yang terjadi untuk setiap distrik di Jakarta akibat dari ITBT-1 secara detail dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan jumlah luas genangan sebelum dan sesudah adanya ITBT-1 dapat dihitung dan dengan adanya ITBT-1, maka terjadi peningkatan luas genangan banjir di Jakarta. Hal ini terjadi karena, perubahan debit yang menuju ke Ciliwung Lama semakin kecil dibandingkan dengan sebelum adanya ITBT-1. Ilustrasi perubahan debit tersebut dapat dilihat pada Gambar 16.

Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah ke -2 (ITBT-2)

Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah ke-2 masuk dalam sistem pengendalian banjir di wilayah barat. Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah ke-2 berfungsi untuk mengendalikan banjir yang terjadi di daerah Daan Mogot dan sekitarnya, yang diakibatkan oleh meluapnya Sungai Pesanggrahan dan mengurangi beban di Cengkareng Drain. ITBT-2 dilakukan dengan pendekatan struktur dengan membuat terowongan untuk mengalirkan banjir dari Sungai Pesanggrahan di Ulujami ke Banjir Kanal Barat di Tanah Abang. Adapun rencana jalur dari ITBT-2 dapat dilihat pada Gambar 17. Dimensi terowongan yang digunakan dalam simulasi adalah berupa double tunnel masing-masing berdiameter 12 m. Adapun skematisasi dari ITBT-2 dapat dilihat pada Gambar 18.

Efektivitas Pengendalian Banjir dengan ITBT-2

Upaya Pengendalian banjir yang dilakukan tersebut adalah untuk mengurangi beban aliran sungai Pesanggrahan terhadap daerah rawan banjir di sekitar Jalan Daan Mogot. Upaya yang dilakukan ini tentu saja akan berdampak

terhadap luas genangan banjir yang terjadi di Jakarta.



Gambar 17 Usulan ITBT-2 dari Ulujami ke Tanah Abang

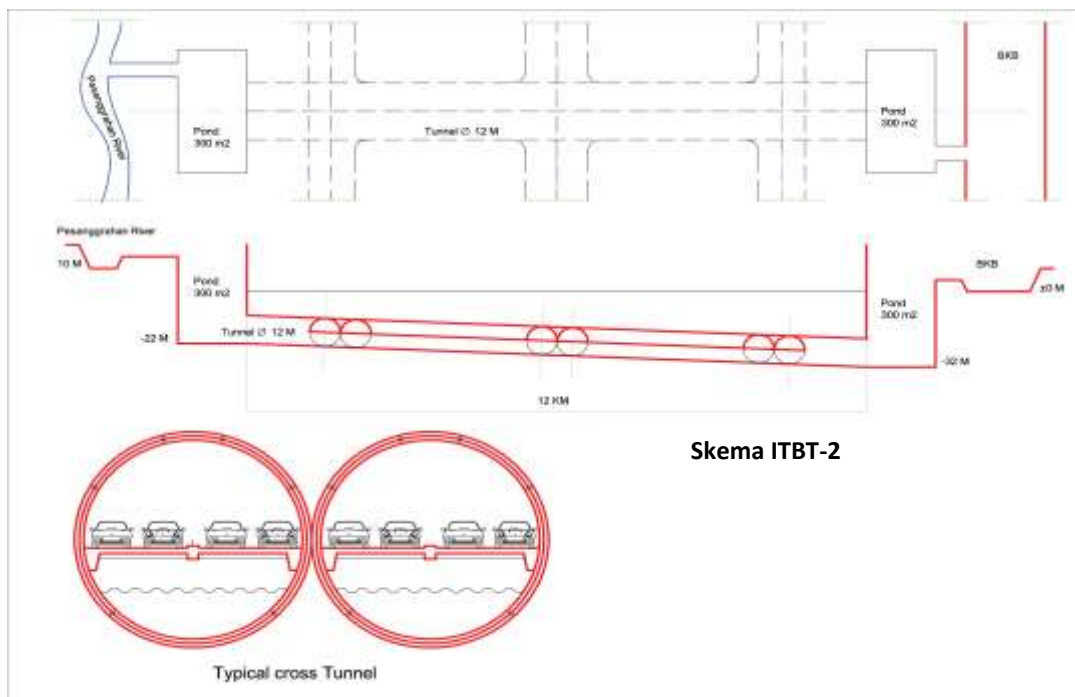
Berdasarkan simulasi model dengan penerapan ITBT-2 ke BKB, maka dihasilkan perubahan debit puncak banjir yang menuju Cengkareng Drain semakin berkurang. Debit puncak banjir yang terjadi di titik intake tunnel sekitar $204 \text{ m}^3/\text{s}$ dan yang menuju ke tunnel sekitar $125 \text{ m}^3/\text{s}$ sehingga yang diteruskan melalui Sungai Pesanggrahan sekitar $78 \text{ m}^3/\text{s}$. Berdasarkan hasil ini, maka dapat diketahui efektivitas dari ITBT-2 dalam mengurangi puncak banjir di Sungai Pesanggrahan sekitar 61%. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 19.

Perubahan debit puncak banjir di Sungai Pesanggrahan hanya dapat mengurangi resiko

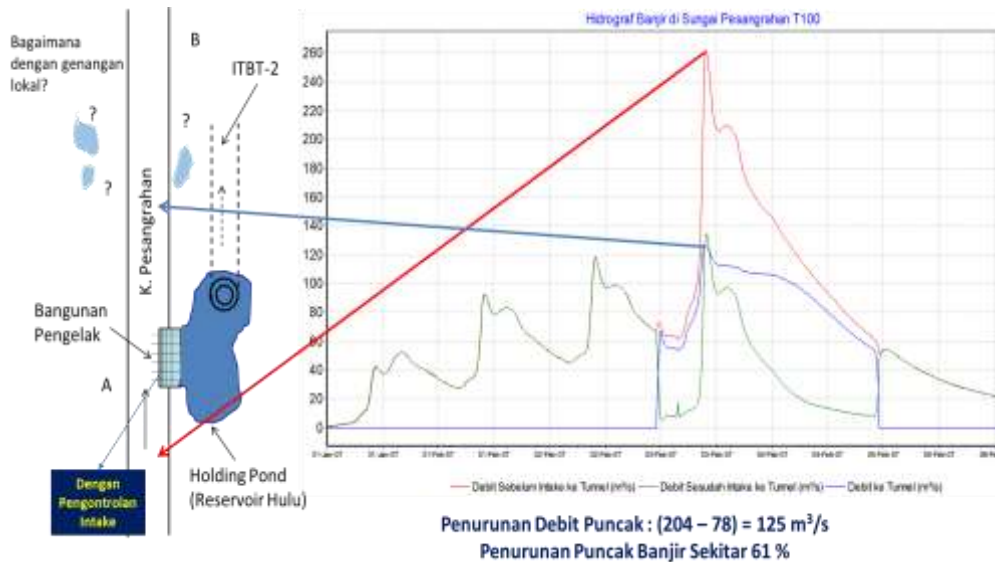
banjir di daerah hilir dari Sungai Pusanggrahan, namun akan menambah beban di BKB sehingga menambah resiko banjir di area BKB. Untuk melihat hal ini, maka dilakukan simulasi banjir dengan 2D agar diperoleh daerah yang mengalami genangan banjir dibandingkan dengan genangan banjir sebelum dilakukan ITBT-2.

Tabel 1 Indikasi perubahan luas genangan dengan ITBT-1

No	BASIN_ID	Area	Luas Genangan (Ha)	
			Ref	ITBT-1
1	Sunter US	4482	242	242
2	XCipinang US	2484	102	101
3	K. Ciliwung	4294	258	182
4	Sentiong - Ancol	4322	899	817
5	Buaran US	1296	145	145
6	K. Krukut	6088	346	347
7	K. Baru Barat - Cideng - Setiabudi	1543	84	178
8	Cakung Drain	2275	141	141
9	Sunter DS	4224	1170	1170
10	Cengkareng Floodway System	11118	3179	3179
11	Ciliwung Gn Sahari System	1090	366	253
12	BKT	3463	485	485
13	Old Cakung	3062	1372	1373
14	North Sunter	1218	657	657
15	Bang Lio	304	1	1
16	Northern Ancol	1542	58	51
17	Pluit System	3342	886	1125
18	Grogol - Sekretaris - Lower Angke	5674	1846	1872
Luas Genangan		61,821	12,237	12,319



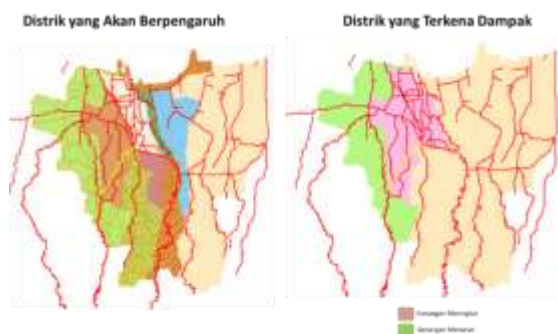
Gambar 18 Skema ITBT-2



Gambar 19 Perubahan Hidrograf Banjir di Sungai Pesanggrahan

Untuk melihat daerah yang terkena dampak, maka dapat diidentifikasi, bahwa distrik yang akan berpengaruh dari *flood measure* ini adalah yang masuk dalam sistem wilayah barat dan tengah, seperti terlihat pada Gambar 20. Distrik yang berpengaruh belum tentu akan terkena dampak akibat dari ITBT-2, dan hal ini dapat dilihat pada Gambar 20 bahwa dengan adanya ITBT-2 terdapat distrik yang mengalami penurunan genangan dan penambahan luas genangan pada distrik yang terkena dampak.

Untuk melihat secara detail perubahan genangan yang terjadi dimasing-masing distrik maka dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat secara keseluruhan, bahwa luas genangan yang terjadi di Jakarta mengalami penurunan. Penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan dalam mengurangi genangan banjir di Jakarta.



Gambar 20 Distrik yang berpengaruh dan yang terkena dampak akibat ITBT-2

Tabel 2 Perubahan luas Genangan akibat ITBT-2

No	BASIN_ID	Area	Luas Genangan (Ha)	
			Ref	ITBT-2
1	Sunter US	4482	242	242
2	XCipinang US	2484	102	102
3	K. Ciliwung	4294	258	258
4	Sentiong - Ancol	4322	899	900
5	Buaran US	1296	145	145
6	K. Krukut	6088	346	348
7	K. Baru Barat - Cideng - Setiabudi	1543	84	113
8	Cakung Drain	2275	141	141
9	Sunter DS	4224	1170	1170
10	Cengkareng Floodway System	11118	3179	2789
11	Ciliwung Gn Sahari System	1090	366	367
12	BKT	3463	485	484
13	Old Cakung	3062	1372	1372
14	North Sunter	1218	657	657
15	Bang Lio	304	1	1
16	Northern Ancol	1542	58	58
17	Pluit System	3342	886	1047
18	Grogol - Sekretaris - Lower Angke	5674	1846	1935
Luas Genangan		61,821	12,237	12,129

Efektivitas ITBT-1 dan ITBT-2 dengan Program Normalisasi

Salah satu upaya yang sedang dilakukan pemerintah dalam mengurangi resiko banjir adalah melakukan normalisasi beberapa sungai di Jakarta. Program normalisasi sungai yang digunakan sebagai bagian dari pengendalian banjir dapat dilihat Gambar 21.

Program Normalisasi Sungai yang ada terdiri dari: sungai Mokervaart, sungai Angke, sungai Pesanggrahan, sungai Ciliwung dan sungai Sunter. Program Normalisasi sungai tersebut secara umum termasuk dalam dua wilayah sungai yaitu di bagian barat yang kemudian dapat dijadikan sebagai pembandingan dengan program ITBT-2 dan di wilayah tengah

yang dapat dijadikan sebagai perbandingan dengan rencana ITBT-1.



Gambar 21 Program Normalisasi Sungai di Jakarta

Program pemerintah dengan melakukan normalisasi sungai sebagai salah satu upaya yang sedang berjalan dapat dilihat efektivitas dalam pengurangan genangan banjir di Jakarta seperti terlihat pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa program normalisasi sungai dapat mengurangi genangan banjir dan sebagai perbandingan hasil ini dibandingkan dengan upaya pengendalian banjir yang diusulkan melalui ITBT. Hasil perbandingan antara normalisasi dengan ITBT-1 dan ITBT-2 dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa dengan melakukan normalisasi lebih efektif dibandingkan dengan program ITBT-1 dan ITBT-2.

Tabel 3 Perbandingan luas genangan hasil normalisasi dengan ITBT-1 dan ITBT-2

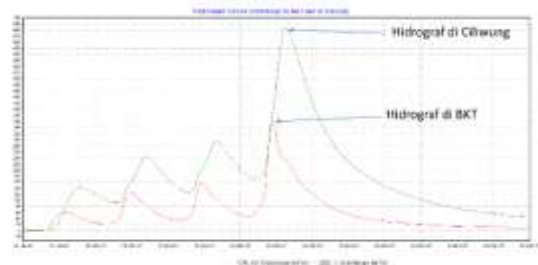
No	BASIN_ID	Area	Luas Genangan (Ha)			
			Ref	ITBT-1	ITBT-2	Normalisasi
1	Sunter US	4482	242	242	242	140
2	XCipinang US	2484	102	101	102	99
3	K. Ciliwung	4294	258	182	258	104
4	Sentiong - Ancol	4322	899	817	900	946
5	Buaran US	1296	145	145	145	151
6	K. Krukut	6088	346	347	348	347
7	K. Baru Barat - Cideng - Setiabudi	1543	84	178	113	101
8	Cakung Drain	2275	141	141	141	141
9	Sunter DS	4224	1170	1170	1170	1169
10	Cengkareng Floodway System	11118	3179	3179	2789	2247
11	Ciliwung Gn Sahari System	1090	366	253	367	412
12	BKT	3463	485	485	484	734
13	Old Cakung	3062	1372	1373	1372	1372
14	North Sunter	1218	657	657	657	657
15	Bang Lio	304	1	1	1	1
16	Northern Ancol	1542	58	51	58	93
17	Pluit System	3342	886	1125	1047	1039
18	Grogol - Sekretaris - Lower Angke	5674	1846	1872	1935	1891
Luas Genangan		61,821	12,237	12,319	12129	11644

Selain dari faktor teknis seperti efektivitas dari pengurangan luas genangan yang kurang efektif bila dibandingkan dengan hasil dari normalisasi sungai, faktor lainnya adalah karena adanya *land subsidence* di sebelah barat Jakarta yang cukup besar bila dibandingkan dengan di bagian timur Jakarta. Oleh karena itu alternatif dari ITBT tersebut dimodifikasi dan dialihkan ke bagian timur Jakarta.

Alternatif Kemungkinan Trase Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah (ITBT) untuk Pengendalian Banjir

a) ITBT-1 Ke BKT

Mengingat pengalihan aliran banjir ITBT-1 ke BKB tidak signifikan mengurangi banjir, maka upaya pembuatan terowongan ke BKB tidak dapat dilakukan. Alternatif lain yang digunakan sebagai pengendalian banjir adalah ITBT-1 ke BKT. Pengalihan aliran banjir ke BKT dilakukan mengingat daerah layanan dari BKT seperti Sungai Cipinang, Sunter, Cakung, Jatikramat dan Buaran memiliki waktu konsentrasi yang lebih pendek dibandingkan dengan Sungai Ciliwung. Oleh karena itu, diharapkan dengan perbedaan waktu konsentrasi ini tidak terlalu membebani BKT dibandingkan bila dialirkan ke BKB seperti terlihat pada Gambar 22. Rencana jalur dari ITBT-1 ke BKT seperti terlihat pada Gambar 23. Rencana jalur ITBT-1 ke BKT memiliki skema seperti terlihat pada Gambar 24.



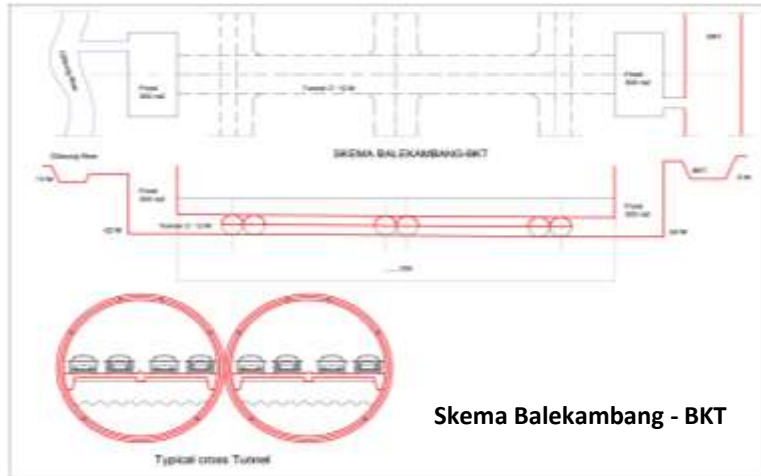
Gambar 22 Perbedaan puncak hidrograf banjir di Sungai Ciliwung dan BKT



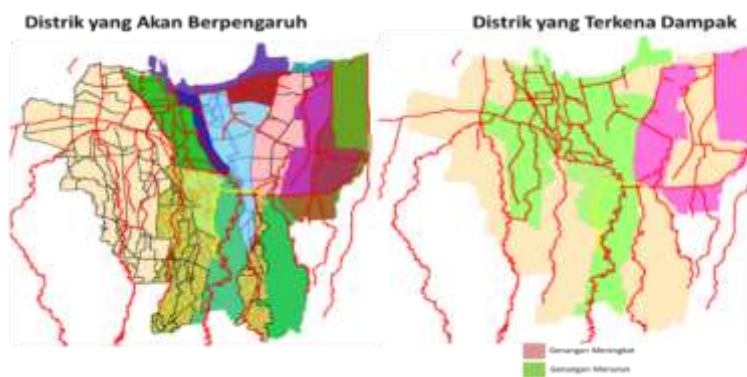
Gambar 23 Rencana Jalur ITBT-1 ke BKT

Efektivitas ITBT-1 Ke BKT

Efektivitas pengendalian banjir ITBT-1 ke BKT dapat dilihat dari beberapa distrik yang akan terkena dampak. Distrik yang berpengaruh dengan rencana ITBT-1 ke BKT terdapat sekitar 15 distrik dan yang terkena dampak langsung akibat ITBT-1 ke BKT sekitar 10 distrik. Distrik yang terkena dampak tersebut mengalami peningkatan dan penurunan luas genangan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 24 Skema ITBT-1 ke BKT



Gambar 25 Distrik yang berpengaruh dan yang terkena dampak akibat ITBT-1 ke BKT

Untuk melihat secara kuantitatif perubahan luas genangan yang terjadi akibat ITBT-1 ke BKT dapat dilihat pada Gambar 26. Berdasarkan pada Gambar 26 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan genangan mulai dari nilai negatif sampai dengan positif. Nilai negatif mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan luas genangan atau peningkatan kedalaman banjir, sementara nilai positif mengindikasikan terjadi penurunan luas genangan atau kedalaman genangan banjir. Dari Gambar 26 dapat terlihat bahwa pengurangan luas genangan terjadi di sistem wilayah tengah, sementara peningkatan luas genangan banjir terjadi di sistem wilayah timur. Peningkatan luas genangan yang terjadi di BKT akibat dari meluapnya BKT pada daerah sekitar pintu 2. Untuk menghilangkan luapan tersebut selanjutnya digunakan upaya lain berupa peninggian tanggul pada titik yang rendah.



Gambar 26 Perubahan luas genangan banjir akibat ITBT-1 ke BKT

Perubahan luas genangan di setiap distrik di Jakarta dapat juga dilihat melalui Tabel 4. Berdasarkan pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa distrik yang mengalami peningkatan dan distrik yang mengalami penurunan. Distrik yang mengalami penurunan adalah Sungai Ciliwung, Ancol-Sentiong, Sungai Baru Barat-Cideng, Ciliwung-Gunung Sahari, Northern Ancol Pluit System dan Grogol-Sekertaris-Lower Angke. Sementara distrik yang mengalami peningkatan luas genangan adalah Sunter US, Buaran US dan BKT.

Tabel 4 Perubahan luas genangan di masing-masing distrik akibat ITBT-1 ke BKT

No	BASIN_ID	Area	Luas Genangan (Ha)	
			Ref	ITBT-1 ke BKT
1	Sunter US	4482	242	255
2	XCipinang US	2484	102	103
3	K. Ciliwung	4294	258	185
4	Sentiong - Ancol	4322	899	804
5	Buaran US	1296	145	151
6	K. Krukut	6088	346	346
7	K. Baru Barat - Cideng - Setiabudi	1543	84	47
8	Cakung Drain	2275	141	141
9	Sunter DS	4224	1170	1171
10	Cengkareng Floodway System	11118	3179	3175
11	Ciliwung Gn Sahari System	1090	366	155
12	BKT	3463	485	835
13	Old Cakung	3062	1372	1372
14	North Sunter	1218	657	657
15	Bang Lio	304	1	1
16	Northern Ancol	1542	58	51
17	Pluit System	3342	886	595
18	Grogol - Sekretaris - Lower Angke	5674	1846	1846
Luas Genangan		61,821	12,237	11,886

a) ITBT-1 Ke Laut Melalui Jalur BKT

Salah satu alternatif yang digunakan untuk mengendalikan banjir di Jakarta, khususnya di daerah upstream Manggarai adalah dengan membuat ITBT-1 langsung ke laut melalui jalur BKT. Pendekatan yang telah dilakukan sebelumnya yaitu ITBT-1 ke BKT telah menunjukkan hasil yang cukup besar dalam mengurangi banjir, apalagi bila dikombinasikan dengan beberapa daerah dengan peninggian tanggul akan menambah efektivitas dari pendekatan tersebut.

Untuk menghindari penambahan beban di BKT, maka alternatif lainnya dengan membuat tunnel langsung menuju ke laut. Jalur tunnel yang digunakan di bawah dari BKT menuju ke laut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 27.

**Gambar 27** Rencana Jalur ITBT-1 ke Laut**Efektivitas ITBT-1 Ke Laut Melalui Jalur BKT**

ITBT-1 ke Laut sangat efektif dalam mengurangi luas genangan banjir. Penambahan luas genangan banjir pada daerah tertentu tidak terjadi pada pendekatan ini, karena beban yang dialihkan dari Sungai Ciliwung langsung dibuang ke laut. Pengurangan luas genangan dengan pendekatan ini mencapai 723 Ha di seluruh Jakarta. Pengurangan luas genangan tidak hanya terjadi di upstream Manggarai, namun termasuk distrik yang berada di sistem wilayah tengah. Pengurangan luas genangan banjir terjadi pada sekitar 8 distrik dari 18 distrik di Jakarta. Untuk melihat secara detail pengurangan luas genangan dari masing-masing distrik dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa efektivitasnya pengurangan luas genangan dapat mencapai 6 %.

Berdasarkan hasil pemodelan yang dilakukan, maka konsep Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah ke-1 (ITBT-1) yang dialihkan ke bagian timur lebih memungkinkan dibandingkan dengan dialihkan ke bagian barat. ITBT-1 ke BKT dapat dilakukan dengan sistem pengaturan dan juga dengan melihat perbedaan waktu konsentrisasi dari Sungai Ciliwung dan Sungai-Sungai yang masuk ke Banjir Kanal Timur.

Tabel 5 Perubahan luas genangan di masing-masing distrik akibat ITBT-1 ke Laut

No	BASIN_ID	Area	Luas Genangan (Ha)	
			Ref	ITBT-1 Ke Laut Melalui BKT
1	Sunter US	4482	242	242
2	XCipinang US	2484	102	102
3	K. Ciliwung	4294	258	198
4	Sentiong - Ancol	4322	899	803
5	Buaran US	1296	145	145
6	K. Krukut	6088	346	346
7	K. Baru Barat - Cideng - Setiabudi	1543	84	64
8	Cakung Drain	2275	141	141
9	Sunter DS	4224	1170	1170
10	Cengkareng Floodway System	11118	3179	3171
11	Ciliwung Gn Sahari System	1090	366	173
12	BKT	3463	485	485
13	Old Cakung	3062	1372	1372
14	North Sunter	1218	657	657
15	Bang Lio	304	1	1
16	Northern Ancol	1542	58	51
17	Pluit System	3342	886	585
18	Grogol - Sekretaris - Lower Angke	5674	1846	1808
Luas Genangan		61,821	12,237	11,514

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Dengan *double tunnel yang masing-masing* berdiameter 12 m, ITBT-1 mampu mengurangi puncak banjir hingga 165 m³/s (dari + 767.5 m³/detik untuk Periode Ulang 100 Tahun) atau sekitar 21 %. ITBT-2 mampu mengurangi puncak banjir hingga 125 m³/s (dari + 204 m³/detik untuk Periode Ulang 100 Tahun) atau

sekitar 61 %. Efektivitas (Pengurangan Luas Genangan) dari ITBT-1 dan ITBT-2 masih dapat diimbangi dengan melakukan Normalisasi Sungai, Namun apabila diperuntukkan untuk mengantisipasi banjir dimasa mendatang maka perlu dipertimbangkan ITBT-1 ke BKT. ITBT-1 ke BKT lebih memungkinkan dalam mengurangi daerah genangan banjir dibandingkan dengan ITBT-1 ke BKB apalagi dilakukan dengan peninggian tanggul BKT. Mengingat kondisi di BKB yang mengalami penurunan tanah yang cukup tinggi maka dikuatirkan menperlambat aliran menuju ke laut sehingga ITBT-1 ke BKB menjadi kurang efektif, apalagi ditambah beban dari ITBT-2.

DAFTAR PUSTAKA

- Balitbang PUPR, 2016. *Laporan Kajian Awal Kelayakan: Pembangunan Infrastruktur Terpadu Bawah Tanah (Sistem Jalan Tol, Pengendali Banjir, Sanitasi, Tampung Air Baku, dan Utilitas)*. Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Blommestein, W.J., 1949. Een Federaal Welvaartsplan voor het westelijk gedeelte van Java. *De Ingenieur In Indonesie. No 4 & 5 1949*
- Caljouw, Mark., Peter J.M. Nas, Pratiwo, 2004. Flooding in Jakarta. *The 1st International Conference on Urban History, Surabaya, August 23rd-25th 2004*
- Kemenko Perekonomian, 2014. *Master Plan National Capital Integrated Coastal Development: Engineering report. Coordinating Ministry for Economic Affairs, Special Capital Region of Jakarta*, National Development Planning Agency, Ministry of Public Works and Government of the Netherlands.
- Ginting, S., 2015. *Kajian dan Efektivitas Pengendalian Banjir di DKI Jakarta*. Tesis Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Ginting, S., M. Farid, dan Syahril B Kusuma, 2015. Pengembangan Peta Bahaya Banjir Berdasarkan Model Matematik Quasi 2 Dimensi. *Jurnal Teknik Sipil. Vol. 22 No 3*. Institut Teknologi Bandung.
- NEDECO, 1973. *Master Plan for Drainage and Flood Control of Jakarta*, Final Report. Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works and Electric Power & Directorate of International Technical Assistance, Ministry of Foreign Affairs, Kingdom of the Netherlands, December 1973.
- NEDECO, 2002. *Quick Reconnaissance Study Flood Jabodetabek 2002*, Final Report. Ministry of Transport, Public Works and Water Management of the Kingdom of The Netherlands in co-operation with Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah and DKI Jakarta.
- Ogink, HJM., Prinsen, GF., Verschelling, E., Brinkman. J.J., 2009. *FHM modelling framework: Hydrology and Hydraulics*. Flood Hazard Mapping 2.
- Putuhena, W.M., dan Ginting, S., 2013. Pengembangan Model Banjir Jakarta. *Jurnal Teknik Hidraulik*, vol.4 No.1.
- PT. Antaredja Mulia Jaya, 2015. *Proyek Pembangunan Terowongan Jalan Tol dan Pengendalian Banjir Terpadu Jakarta*. Laporan Rencana Bisnis.
- Ravesteijn, W., 2008. *For profit and prosperity: The construction of public works in the Dutch east Indies 1800-1950*. Rotterdam, 4S/EASST.
- Rijkswaterstaat et.al., 2003. *Flood Management DKI Jakarta Report*.
- Soehoed, A.R., 2002. *Banjir Ibukota: Tinjauan Historis dan Pandangan Kedepan*. Penerbit Djambatan, Jakarta.
- Tim Mirah Sakethi, 2010. *Mengapa Banjir Jakarta? Pengendalian Banjir Pemerintah Provinsi DKI Jakarta*. PT. Mirah Sakethi, Jakarta.
- Verschelling, E., and Udo, J., 2007. Dutch assistance with non-structural measures Jakarta Flood Management: *Hydraulic. Flood Hazard Mapping Component*.
- Van Breen, H., 1923. Verbetering van de Waterstaat va de hoofdplaats Batavia. *Waterstaats Ingenieur* No 25, 26, 27 & 28, 1923.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian hasil kajian cepat untuk pra kelayakan dari *Jakarta Integrated Tunnel* yang diusulkan oleh PT. Antaredja Mulia Jaya. Terima kasih disampaikan kepada pihak PT. Antaredja Mulia Jaya atas data dan diskusi yang membangun. Terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Dr. Arie Moewanto, M.Sc atas masukan dan koreksinya.

