

STRATEGI PENGENDALIAN BANJIR KOTA SEMARANG

SEMARANG CITY FLOOD CONTROL STRATEGY

Hermono S. Budinetrio¹⁾, Sri Rahayu²⁾, Tauvan Ari Praja³⁾, Ahmad Taufiq⁴⁾, Dedi Junarsa⁵⁾

^{1, 2, 3)}Balai Sungai, Pusat Litbang SDA, Jl. Solo – Kartosuro Km 7, Pabelan, Surakarta

⁴⁾Balai Bangunan Hidraulika dan Geoteknik Keairan

Pusat Litbang SDA, Jl. Ir. H. Juanda No. 193 Bandung

⁵⁾Balai Pantai, Pusat Litbang SDA, Jl. Sapan No. 37 Ciparay, Bandung

E-mail: hermonob@yahoo.com

Diterima: 16 November 2011; Disetujui: 4 September 2012

ABSTRAK

Karakter fisik Kota Semarang, di sebelah selatan terdiri daerah tinggi yang berbukit, dan di sebelah utara adalah daerah rendah yang datar. Karena kondisi tersebut daerah kota sebelah utara selalu terancam oleh banjir dan genangan, terutama genangan akibat masuknya air laut ke daratan, yang biasa disebut rob. Penurunan muka tanah, dan naiknya muka air laut, menyebabkan bertambahnya tinggi dan lama genangan akibat banjir. Telah dilakukan studi pengendalian banjir dan genangan dengan konsep "Menahan banjir di hulu, menjaga di tengah dan menarik ke hilir serta menjaga agar air dari laut tidak naik ke darat". Di daerah hulu telah diidentifikasi lokasi yang mungkin dibangun dam pengendali banjir, di daerah tengah dilakukan dengan tanggul dan normalisasi sungai sehingga dapat menghindari banjir kiriman dari hulu. Di daerah hilir diusulkan, konsep pengendalian banjir dan genangan dengan konsep on-land defense, off-land defense atau kombinasi on dan off-land defense. Dari hasil analisis dengan metode weighted factor yang melibatkan berbagai faktor yang terkandung didapat konsep kombinasi on-land dan off-land yang paling optimal dalam pengendalian genangan akibat rob, dengan total nilai -13 dan tanah reklamasi yang dapat dimanfaatkan seluas 3.286 ha.

Kata kunci: Pengendalian banjir perkotaan, rob, on-land defense, off-land defense, weighted factor

ABSTRACT

The physical character of Semarang City consists of hilly area in the south and flat area in the north. Due to this condition, the northern part of the city is always threatened by flood and inundation, particularly by tidal floods. Land subsidence and sea rise had increased the water level and inundation time. With the concept of "Retaining water at the upstream, taking care of the middle and draw water to the downstream, and also keeping sea water not to flow to the land", a flood control study was carried out. In upstream area, a location was proposed for the construction of a flood control dam. Whereas, in the middle area, the construction of dikes and river normalization may avoid floods from the upstream. Downstream, the flood and inundation control is suggested to be applied by the concept of on-land defense or off-land defense or a combination of both. Analysis results by Weighted Factor method that had involved various factor characters, indicated that the concept of a combination of on-land and off-land defense is the most effective for controlling the inundation by sea rise, with total value -13 and reclamation area that can be used covering about 3,286 ha.

Keywords: City flood control, inundation, on-land defense, off-land defense, weighted factor

PENDAHULUAN

Berkembangnya permukiman di daerah pantai dan di sekitar muara sungai merupakan cikal bakal pertumbuhan kota-kota besar, demikian pula yang terjadi di Indonesia. Daerah perkotaan di Indonesia yang mengalami kemajuan pesat kebanyakan terletak di daerah pantai seperti

Jakarta, Semarang, Surabaya, dan masih banyak lainnya. Masalah yang banyak dihadapi oleh daerah tersebut pada umumnya sama yaitu banjir yang disebabkan oleh kiriman dari daerah hulu dan naiknya air laut ke daratan yang biasanya disebut rob. Hal tersebut memerlukan penanganan yang lebih serius dalam mengelola kawasan kota pantai.

Isu permasalahan umum perkembangan kota-kota pantai di Indonesia yang dinyatakan oleh Pusat Litbang SDA tahun 2007 adalah sebagai berikut:

- 1 Pertumbuhan penduduk dan ekonomi yang pesat memicu pengambilan air tanah yang berlebihan sehingga 8/21/2012 menjadi salah satu faktor penyebab penurunan muka tanah (*land subsidence*) dan naiknya muka air laut rata-rata sebagai akibat efek pemanasan global menimbulkan gangguan terhadap sistem drainase makro dan masuknya air laut ke darat yang disebut rob.
- 2 Pelanggaran tata ruang yang diindikasikan dengan tidak terpadunya perencanaan dan pelaksanaan pembangunan. Hal ini disebabkan tidak imbangnya kemampuan serta kecepatan pemerintah dalam membangun berbagai prasarana kawasan dibandingkan dengan keinginan masyarakat dan pihak swasta dalam mengembangkan kawasan yang bersangkutan.
- 3 Masyarakat mereklamasi dan membangun daerah permukiman di lahan rawa landai yang merupakan hasil proses sedimentasi. Kegiatan tersebut ada yang dilakukan secara terencana, tetapi ada pula yang tidak terencana dengan baik.
- 4 Pelanggaran tata ruang menyebabkan banjir di musim penghujan dan kekeringan di musim kemarau. Kondisi tersebut diperparah dengan, kurang memadainya penanganan limbah industri dan domestik serta kurangnya kesadaran masyarakat terhadap lingkungan, sehingga menimbulkan masalah sampah, penurunan kualitas air dan sedimentasi di sungai atau saluran drainase yang berakibat pada pengurangan kapasitas alur dalam mengalirkan air banjir.

Seperti halnya kota-kota pantai lainnya, Kota Semarang pun memiliki permasalahan yang sama. Kondisi karakteristik fisik alam Kota Semarang memang kurang menguntungkan untuk pencegahan banjir dan rob. Kota Semarang terdiri dari kota atas (daerah Selatan) yang berbukit-bukit dan kota bawah (daerah Utara) yang datar sehingga rawan banjir dan genangan akibat rob.

Sesuai Gambar 1, topografi Kota Semarang pada bagian Selatan umumnya merupakan daerah pegunungan dengan perubahan kemiringan dataran yang cukup drastis. Daerah tersebut merupakan kawasan resapan yang telah mengalami alih fungsi lahan dengan tinggi hujan rata-rata 3.758 mm/tahun.

Bagian utara merupakan kawasan pantai utara yang daerahnya datar dengan tinggi hujan rata-rata 2.835 mm/tahun. Daerah ini merupakan daerah rawan banjir dan rob dikarenakan kondisinya yang datar dengan elevasi yang sangat rendah. Akibat dari *land subsidence* sebagian dataran tersebut elevasinya lebih rendah dari muka air laut dan naiknya tinggi muka air (TMA) laut pasang karena pengaruh dari *global warming* (Kodoatie, 2008).

Kondisi di atas diperparah dengan adanya kombinasi antara banjir kiriman dengan rob, serta ketidakmampuan Sistem Tata Air Perkotaan dalam mengendalikan banjir karena tidak didesain untuk mengantisipasi perkembangan tata ruang.

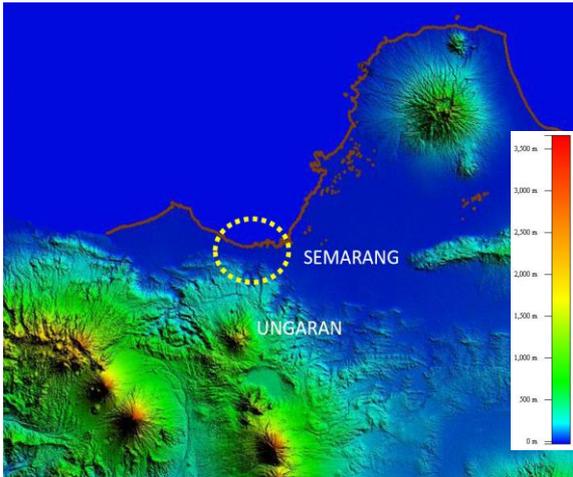
Maksud dari kegiatan ini adalah untuk mengelola permasalahan banjir dan rob akibat *land subsidence* yang terjadi di Kota Semarang bagian utara pada khususnya dan umumnya kota-kota besar di Indonesia yang mengalami permasalahan yang sama.

Kegiatan pengembangan konsep pengendalian banjir ini diharapkan dapat menjadi acuan atau contoh kota-kota lainnya yang mengalami permasalahan yang sama. Adapun kondisi topografi dan terjadinya *land subsidence* di Kota Semarang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2, sedangkan dampak atau pengaruh negatif banjir dan rob ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.

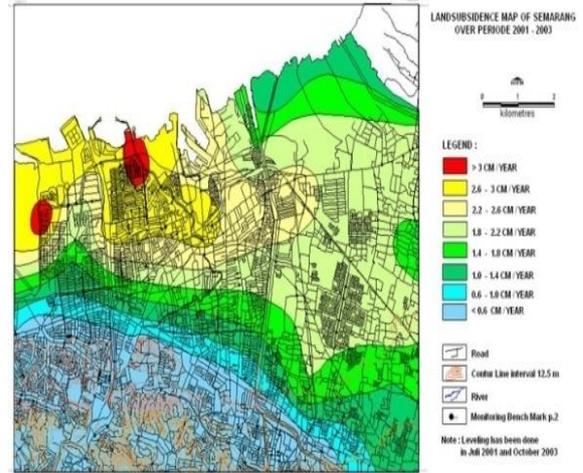
KAJIAN PUSTAKA

Schultz (2010), mengemukakan beberapa teknik pengendalian banjir dan genangan, yaitu dengan peninggian tanah dan pengembangan sistem pompa menjadi sistem polder. Pada daerah-daerah rendah yang terkena banjir umumnya dilakukan peninggian tanah (*land filling*). Peninggian tanah dilakukan dengan melakukan penimbunan tanah, sehingga elevasi tanah berada di atas TMA banjir.

Schultz (2010), juga menyimpulkan bahwa usaha peninggian tanah ini hanya membebaskan kawasan yang ditimbun secara lokal dan sementara karena air banjir hanya dipindahkan ke lokasi terdekat yang lebih rendah. Jika masing-masing pemilik lahan berlomba meninggikan lahannya, maka lokasi terendah akan kembali terendam dan keadaan tersebut akan lebih dipercepat dengan adanya *land subsidence* (akibat tambahan beban dari tanah timbun).



Gambar 1 Topografi Kota Semarang



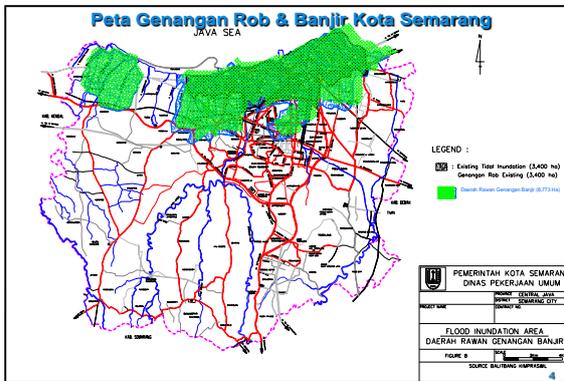
Gambar 2 Peta land subsidence



Gambar 3 Dampak land subsidence



Gambar 4 Sampah & kualitas air



(5a)



(5b)

Gambar 5 Kombinasi banjir dan rob (a) dan (b)

Pusat Litbang SDA (2002) mengemukakan bahwa sistem polder adalah suatu sistem yang cocok untuk mengendalikan banjir dan rob. Di Indonesia sistem ini telah digunakan oleh pengembang-pengembang swasta di bidang properti, seperti Kawasan Pantai Indah Kapuk di Jakarta.

Berikut ini berbagai definisi polder yang telah secara luas digunakan sebagai dasar pengembangan sistem polder:

"A polder is a tract of lowland reclaimed from the sea, or other body of water, by dikes, etc. In the polder the runoff is controlled by sluicing or

pumping and the water table is independent of the water table in the adjacent areas", yang artinya, "Polder adalah suatu daerah rendah yang direklamasi dan dilindungi dari pengaruh laut, atau badan air lainnya dengan tanggul. Di dalam polder runoff nya diatur dengan pompa, sehingga permukaan airnya tidak terpengaruh dengan daerah sekitar" (International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), 1996 dalam Pusat Litbang SDA, 2006).

"A polder is a level area, in its original state subject to high water levels (permanently or seasonally, originating from either ground water or surface

water), but which through impoldering is separated from its surrounding hydrological regime in such a way that a certain level of independent control of its water table can be realized”, yang artinya “Sistem polder adalah suatu sistem yang mengendalikan tinggi muka air pada suatu dataran dengan cara memisahkan regime hidrologinya dari daerah sekitarnya, sehingga muka air di kawasan tersebut dapat diatur” (Segeren, 1983, dalam Schult, 2010). Contoh sistem polder ditunjukkan pada Gambar 6.

Pusat Litbang SDA (2002) dalam analisisnya menyimpulkan bahwa pada daerah rendah yang topografinya relatif landai, saluran-saluran yang ada sulit mengalirkan air, sehingga perlu adanya sistem pompa, akan tetapi saluran drainase dan sistem pompa pada kenyataannya di lapangan tidak dapat mengikuti perkembangan kota. Hal ini disebabkan oleh:

- 1) ada beberapa saluran drainase yang merupakan alih fungsi dari saluran irigasi, sehingga arah aliran menjadi terbalik, dan dimensi saluran dari hulu ke hilir bertolak belakang karena masih seperti fungsi awalnya. sebagai contoh terjadi pada beberapa Sub Sistem Drainase di Tawang Mas;
- 2) sistem drainase yang pengeluarannya (*outlet*) tidak berfungsi dengan baik, sehingga air berputar-putar tidak bisa langsung keluar, contohnya: pada Sub Sistem Anjasmoro dan Karang Ayu. Aliran air yang berputar akibat buka tutup pintu air sering kali menimbulkan konflik dalam masyarakat;
- 3) pengadaan pompa dan saluran yang hanya menyelesaikan permasalahan sesaat, hanya setempat dan tidak menyeluruh, contohnya pada Sub Sistem Kota Lama;

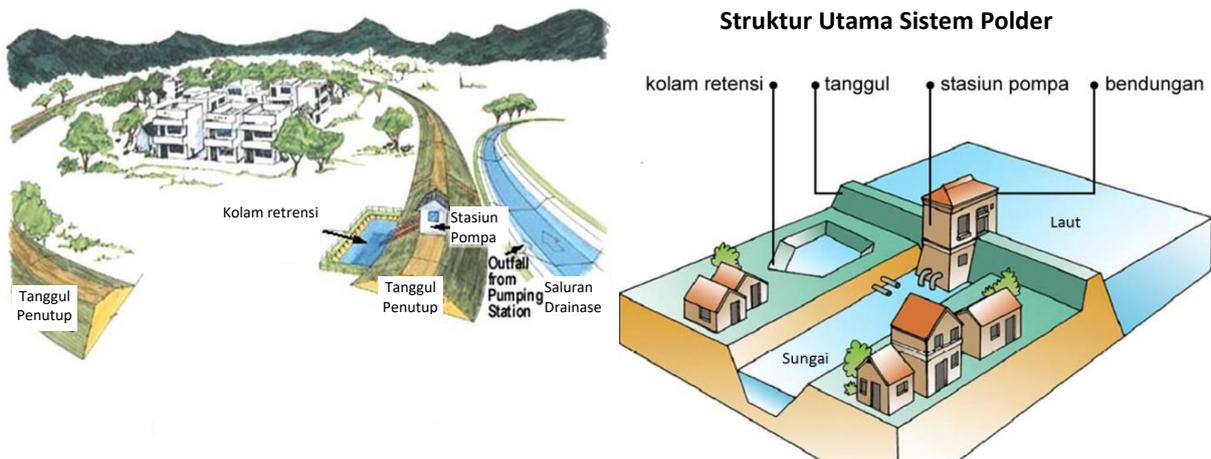
- 4) adanya *land subsidence* yang tidak merata memperparah keadaan. Kondisi terparah adalah di daerah Banger, dan di bagian hilir Banjir Kanal Barat.

Jakarta Coastal Defence Strategy (JCDS) (2011) dan Kodoatie (2008) mengemukakan bahwa berdasarkan beberapa studi yang pernah dilakukan, beberapa faktor penyebab terjadinya *land subsidence* adalah pengambilan air tanah berlebihan, konsolidasi tanah akibat beban bangunan, adanya konsolidasi alamiah dari lapisan tanah dan adanya gaya-gaya tektonik. Dari faktor-faktor di atas tiga faktor pertama (terutama pengambilan air tanah berlebihan) mempunyai kontribusi yang besar terhadap *land subsidence*.

Land subsidence dapat menyebabkan perubahan serta kerusakan fungsi struktur bangunan yang berupa pembalikan aliran air yang akan berpengaruh terhadap sistem drainase, dan perubahan atau penurunan elevasi bangunan pengendali banjir (tanggul, pintu air, serta pompa air). Hal ini akan meningkatkan kemungkinan terjadinya banjir dan rob.

Hasil penelitian Pusat Litbang SDA (2007) menyatakan bahwa terjadinya banjir dan genangan di kawasan pantai Kota Semarang disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Elevasi permukaan tanah di beberapa kawasan mendekati elevasi muka air laut.
- 2) Adanya dinamika penurunan permukaan tanah sebagai akibat penurunan muka air tanah. Proses amblesan tanah (*land subsidence*) terjadi di wilayah Semarang bagian utara karena kondisi geologi dataran aluvial yang terdiri dari endapan aluvial sungai dan dataran delta. Dataran aluvial Semarang merupakan endapan yang belum



Gambar 6 Sistem polder

mengalami pemampatan secara sempurna karena endapan tersebut berumur Holosen. Berdasarkan atas laju perkembangan garis pantai yang dicatat mulai dari tahun 1695 hingga 1940 menunjukkan bahwa kemajuan garis pantai antara 8-12 m per tahun (Bemellen, 1941 dalam Pusat Litbang SDA, 2002, dan dalam Kodoatie, 2008).

- 3) Naiknya muka air laut rata-rata sebagai akibat efek pemanasan global.
- 4) Ketidakmampuan sistem tata air perkotaan dalam mengendalikan banjir, karena belum didesain untuk mengakomodir perkembangan tata ruang.
- 5) Perubahan penggunaan lahan di kawasan pantai (reklamasi lahan sawah, rawa dan tambak menjadi kawasan permukiman, kawasan Industri, dan penggunaan lainnya).
- 6) Kurang optimalnya fungsi saluran drainase karena alih fungsi lahan pertanian menjadi permukiman, sehingga saluran irigasi berubah fungsi menjadi saluran drainase.
- 7) Pola pengelolaan sampah kurang efektif karena sebagian besar masyarakat membuang sampah di saluran/ sungai.
- 8) Belum optimalnya pengendalian banjir dan rob dengan sistem polder karena beberapa hal sebagai berikut:
 - a) belum adanya perencanaan polder yang mempertimbangkan masalah lingkungan, ekonomi dan kemasyarakatan;
 - b) keterbatasan dana operasional dan pemeliharaan;
 - c) polder yang ada sekarang hanya dibangun sebagai usaha darurat dalam penanggulangan banjir;
 - d) kurang adanya kerja sama dan koordinasi yang baik antara pihak-pihak terkait.

Telah dilakukan studi untuk mengendalikan banjir Kota Semarang yaitu dengan konsep "Menahan di hulu, menjaga di tengah dan menarik ke hilir serta menjaga agar air dari laut tidak naik ke darat" (Pusat Litbang SDA, 2009). Konsep ini ditunjukkan pada Gambar 7.

Adapun untuk menjaga aliran air akibat hujan kiriman dari hulu telah diidentifikasi 38 lokasi yang memungkinkan dibangun dam pengendali banjir karena mempunyai kemampuan untuk meredam puncak banjir (Bappeda. 2007).

JCDS (2011) telah mengembangkan sistem pengendalian genangan akibat rob dengan metode *on-land defense*, dan *off-land defense*.

Pusat Litbang SDA telah mengembangkan teknologi pengendalian banjir dan rob, antara lain:

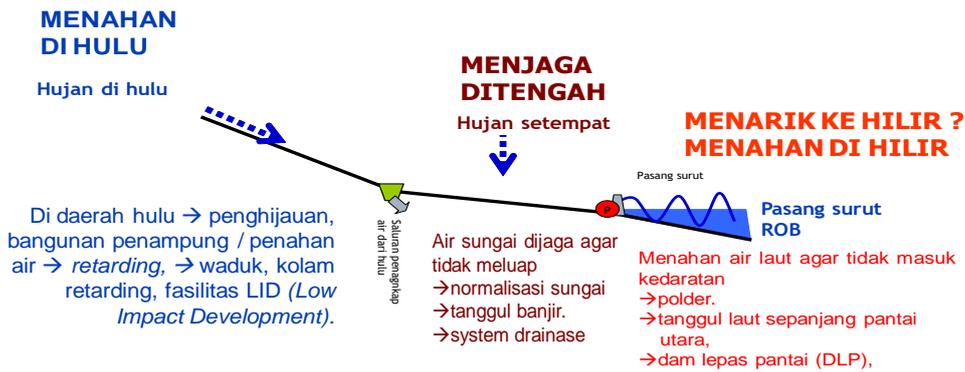
- 1) di daerah hulu dilakukan penghijauan untuk pengendalian erosi dan penurunan koefisien *run off* serta pembangunan dam pengendali banjir sebagai prasarana untuk mengurangi limpasan air permukaan;
- 2) di daerah tengah dibuat tanggul, pengaturan drainase dan perbaikan sungai untuk memperlancar pembuangan air ke laut, serta banjir kanal sebagai upaya untuk mempercepat pembuangan air ke laut serta mencegah air agar tidak masuk ke sistem drainase kota;
- 3) di daerah hilir dilakukan pengembangan sistem polder, tanggul laut, dan dam lepas pantai (DLP) untuk menahan luapan rob ke daratan;
- 4) dengan DLP dapat dikembangkan *water front city* sebagai sumber daya air tawar, sehingga *land subsidence* dapat dikendalikan.
- 5) usaha lain untuk menghentikan *land subsidence* adalah dengan *recharge* air tanah.

Teknologi yang dikembangkan Pusat Litbang SDA ini, dengan segenap kekurangan dan kelebihan, diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan banjir dan rob di Kota Semarang yang terintegrasi.

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan teknologi banjir perkotaan yang dikembangkan Pusat Litbang SDA yaitu dengan menerapkan konsep pengendalian banjir dari hulu sampai hilir. Dari konsep tersebut dicari teknik pengendalian banjir yang paling efisien dengan jalan membandingkan dan memahami karakter masing-masing teknik pengendalian banjir di hulu, di tengah, dan di hilir. Berdasar pemahaman karakter dari masing-masing teknik diperoleh kelebihan dan kekurangannya serta fungsi yang dapat ditambahkan sehingga dapat memperkuat faktor yang terkandung.

Untuk bagian hilir, karena ada beberapa tipe bangunan pengendali rob, pemilihan tipe bangunan digunakan metode *Weighted Factor (WF)*. Metode ini digunakan agar faktor dengan nilai kualitatif dapat dikuantitatifkan, sehingga pemilihan metode pengendalian banjir dan rob dapat lebih obyektif.



Sumber: Pusat Litbang SDA, 2009

Gambar 7 Konsep pengendalian banjir dan rob di Semarang

Analisis menggunakan 23 variabel, dalam empat kelompok (karakteristik fisik, manfaat, biaya, dan dampak), membandingkan 7 tipe pengendali banjir, dalam 3 kelompok tipe, yaitu *on-land defense* (polder, dan tanggul laut), kombinasi *on-land* dan *off-land defense* (DLP dengan tipe terbuka sebagian tanpa pintu, atau DLP dengan tipe semi terbuka pada Banjir Kanal Timur atau Banjir Kanal Barat dan pelabuhan yang dikombinasi dengan polder dan tanggul laut). Hal tersebut di uraikan lebih lanjut dalam pembahasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Strategi pengendalian banjir Kota Semarang

Sebagai upaya untuk pembebasan banjir kota Semarang sesuai dengan studi Pusat Litbang SDA adalah dengan mencegah masuknya air laut ke daratan dan mengendalikan aliran air banjir akibat hujan lokal atau hujan kiriman dari hulu.

Konsep penanganan masalah banjir dan genangan rob yang diterapkan, adalah:

- 1) Bagian hulu:** di daerah hulu, air ditahan dengan jalan penghijauan, bangunan penampung atau penahan air yang akan berfungsi sebagai *retarding*, seperti dam atau waduk, embung, kolam *retarding*, fasilitas LID (*Low Impact Development*). Setelah dilakukan identifikasi ulang dari 38 lokasi, hanya ada 27 lokasi yang mungkin dibangun dam pengendali banjir. Dengan kemampuan meredam puncak banjir pada Sistem Drainase Mangkang sebesar 24,29 %, pada Sistem Drainase Semarang Tengah sebesar 53,29 %, dan pada Sistem Drainase Semarang Timur sebesar 19,64 %.
- 2) Bagian tengah:** air sungai dijaga agar tidak meluap ke dataran. Hal tersebut dilakukan dengan normalisasi sungai, dan dengan pembangunan tanggul banjir. Hal tersebut menghindarkan banjir kiriman, serta

mempercepat air ke arah hilir, sehingga tidak menambah permasalahan banjir.

- 3) Bagian hilir:** tujuan utamanya adalah menahan air laut agar tidak masuk ke daratan. terdiri dari polder, tanggul laut, dan DLP,

Kelebihan dan kekurangan tiap metode penanggulangan banjir dan rob, dapat dilihat pada Tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat karakter tiap-tiap metode penanganan. Yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pemilihan konsep yang paling optimal.

Dari Tabel 1, terlihat bahwa penanganan bagian hulu, yang terdiri dari penghijauan, dam pengendali banjir, dan atau kolam retensi atau fasilitas LID (*Low Impact Development*), merupakan pilihan yang diharapkan dapat dilaksanakan semua, walau ada kekurangannya tetapi tetap diperlukan karena saling mendukung.

Bagian tengah, terdiri dari normalisasi sungai dan tanggul banjir merupakan pilihan yang diharapkan dapat dilaksanakan semua, walau ada kekurangannya tetapi tetap diperlukan karena saling mendukung dan diperlukan untuk menangani banjir.

Bagian hilir, terdiri dari polder, tanggul laut, dan DLP, metodenya dapat dilaksanakan terpisah sendiri-sendiri, atau kombinasi dua metode atau ketiganya.

Akan tetapi akibat terjadinya *land subsidence* dan naiknya muka air laut, serta kesulitan pengadaan tanah untuk *retarding pond*, mengakibatkan pengendalian di hilir mengalami kendala. Karena itu dikembangkan pengendalian genangan akibat rob dengan metode *on-land defense*, *off-land defense*, dan kombinasi *on-land defense* dan *off-land defense*, untuk mengurangi besar air yang harus dipompa. Metode *on-land defense* atau *off-land defense*, terdiri dari sistem polder, membangun tanggul laut sepanjang pantai utara, dan atau membangun DLP. Oleh

karena adanya pilihan *on* dan *off-land defence* pengendalian banjir Kota Semarang bagian dilakukan analisis dalam sub bab “Strategi Utara”, di bawah ini.

Tabel 1 Kelebihan dan kekurangan tiap metode pengendalian banjir dan ROB

	Metode	Kekurangan	Kelebihan
A Bagian Hulu			
1	Penghijauan	<ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan waktu lama: penghijauan tidak cepat terlihat - Permasalahan Sosial: Program pemerintah, tetapi yang melakukan masyarakat, perlu pendekatan terus - menerus - Keuntungan sepihak: hulu yang melakukan, hilir yang untung - Tata guna lahan di daerah hulu tidak mendukung, karena kepemilikan lahan dimiliki masyarakat - Tingkat keberhasilan rendah, tergantung iklim, kesadaran masyarakat, keuntungan jangka panjang 	<ul style="list-style-type: none"> - Biaya murah - Ramah lingkungan: Timbulnya mata air segar, menyediakan sumber air sepanjang tahun - Tidak perlu pembebasan lahan
2	Dam pengendali banjir, kolam retensi/ fasilitas LID	<ul style="list-style-type: none"> - Biaya mahal - Perlu pembebasan lahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Ramah lingkungan: Dapat menimbulkan mata air segar, menyediakan sumber air sepanjang tahun - Manfaat pengendalian langsung terlihat, dan secara kuantitatif dapat dihitung. - Operasi dan pemeliharaan (O&P): Penanggung jawab jelas, butuh SOP yang jelas. - Dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain, misalnya: sumber air, PLTA, rekreasi
B Bagian Tengah			
1	Normalisasi sungai	<ul style="list-style-type: none"> - Mahal - Kurang ramah lingkungan - Perlu pembebasan lahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Manfaat pengendalian langsung terlihat, dan secara kuantitatif dapat dihitung. Masyarakat langsung melihat/ menerima manfaat - O&P penanggung jawabnya jelas (pemerintah)
2	Tanggul banjir	<ul style="list-style-type: none"> - Mahal - Kurang ramah lingkungan - Perlu pembebasan lahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Manfaat pengendalian langsung terlihat, dan secara kuantitatif dapat dihitung. Masyarakat langsung melihat/ menerima manfaat. - O&P penanggung jawabnya jelas (dapat pemerintah atau masyarakat)
C Bagian Hilir atau Muara (<i>On-land & Off-land Defense</i>)			
1	Polder (<i>On-land Defense</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Perlu kolam <i>retarding</i> - Kurang ramah lingkungan (permasalahan sampah, kualitas air) - Perlu pembebasan lahan - Daerah yang ditangani tidak luas 	<ul style="list-style-type: none"> - Manfaat pengendalian langsung terlihat, dan secara kuantitatif dapat dihitung. Masyarakat langsung melihat/ menerima manfaat - O&P, dapat dilaksanakan masyarakat bersama pemerintah
2		Tanggul laut	<ul style="list-style-type: none"> - Mahal - Kurang ramah lingkungan (permasalahan sampah) - Biaya O&P tinggi, harus ditanggung pemerintah - Perlu pembebasan lahan
3	Dam lepas pantai (DLP) (<i>Off-land Defense</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Mahal - Kurang ramah lingkungan (permasalahan sampah, kualitas air) - Biaya dan risiko O&P tinggi, harus ditanggung pemerintah 	<ul style="list-style-type: none"> - Manfaat pengendalian langsung terlihat, dan secara kuantitatif dapat dihitung. Masyarakat langsung melihat/ menerima manfaat - Daerah yang ditangani harus luas - Tidak perlu pembebasan lahan

Strategi pengendalian banjir Kota Semarang bagian Utara

Kota Semarang bagian utara mengalami *land subsidence*, yang cukup besar yaitu antara 5 sampai dengan 9 cm pertahun, karena itu teknik pengendalian banjir yang konvensional tidak dapat bertahan lama, sehingga perlu dilakukan pembahasan khusus tiap-tiap pemilihan metode, agar didapat hasil yang optimal.

1) On-land defense

On-land defense, adalah usaha pengendalian masuknya air laut ke daratan, yang dilakukan dengan membangun polder dan tanggul laut.

a Polder

Polder sebagai salah satu alternatif penyelesaian masalah banjir saat ini telah cukup dikenal banyak dan dapat dijumpai di berbagai kota besar di dunia.

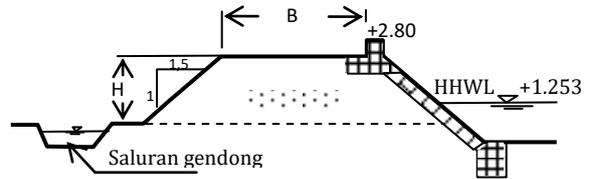
Berdasarkan definisi dalam studi pustaka disimpulkan bahwa sistem polder adalah area dengan karakteristik sebagai berikut :

- a) Kawasan yang pada kondisi alaminya sering tergenang air (kawasan banjir).
- b) Terisolasi sebagai satu unit sistem hidrologi yang tidak dipengaruhi oleh sistem di sekitarnya.
- c) Air permukaan dan air tanah dapat dikontrol sedemikian rupa.

b Tanggul laut

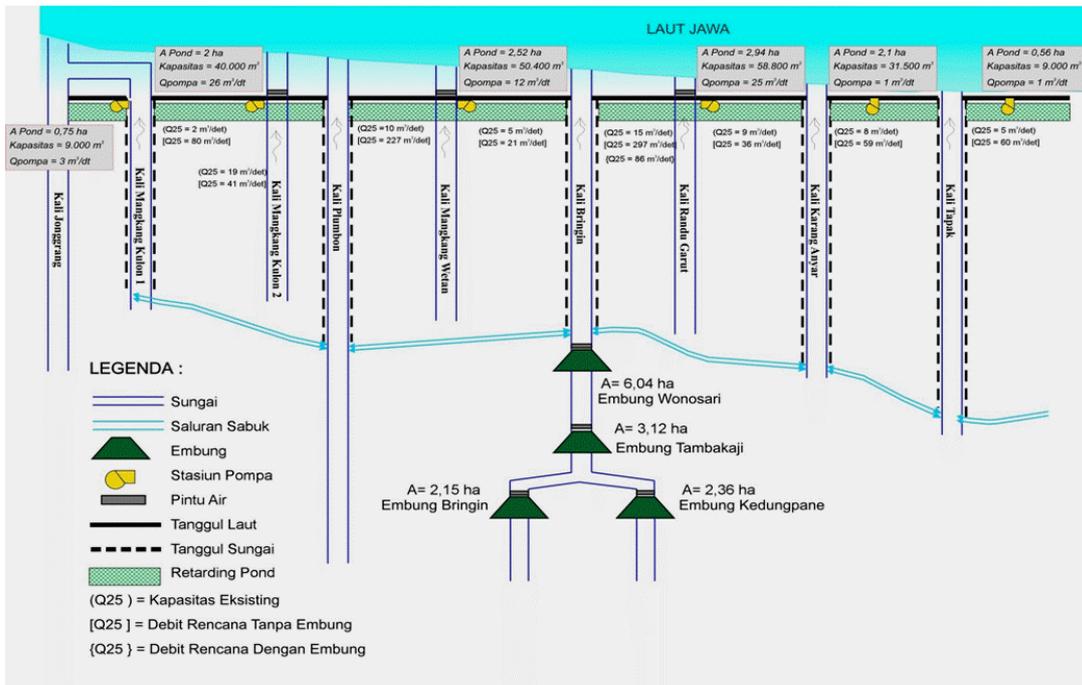
Teknologi tanggul laut salah satu cara untuk menahan genangan akibat rob, dibangun sepanjang pantai utara, dengan memanfaatkan sebagian jalan arteri yang sudah ada dan pembuatan tanggul baru yang nantinya di samping sebagai tanggul penahan rob, juga bisa berfungsi sebagai jalan penghubung antara wilayah Semarang Barat, Tengah dan Timur.

Penanganan rob dengan tanggul pantai atau tanggul sungai berdasarkan sistem drainase yang ada yaitu sistem drainase Semarang Barat, sistem drainase Semarang Tengah dan sistem drainase Semarang Timur.

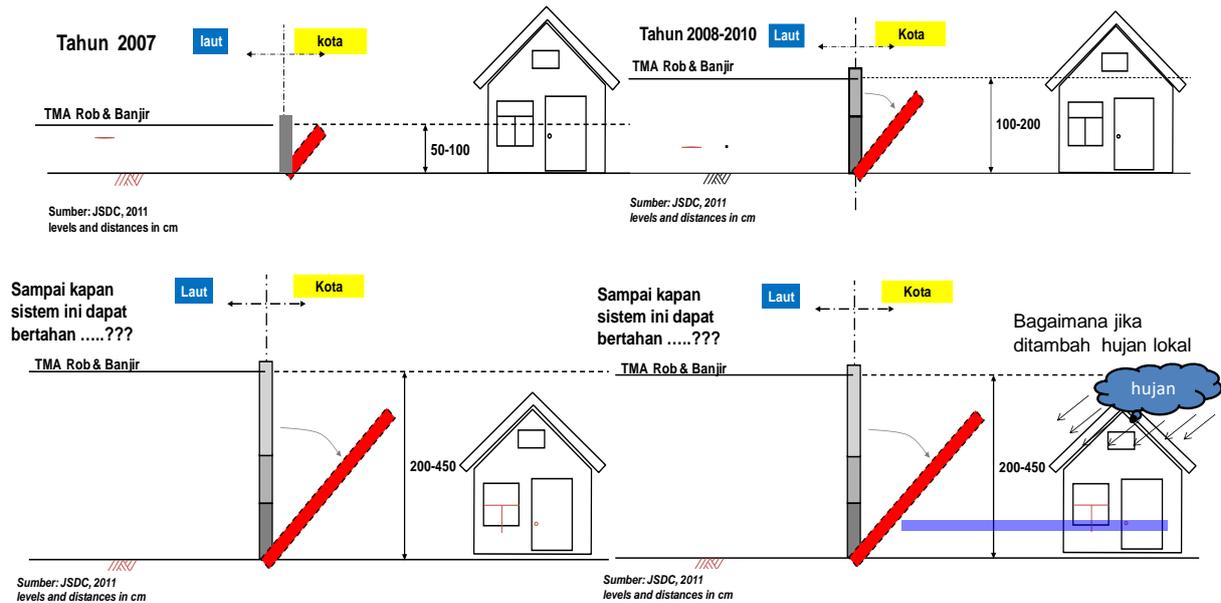


Gambar 8 Tipikal tanggul laut

Kelemahan *on-land defense*, yang dibangun pada tanah alluvial adalah *land subsidence*, apalagi di Semarang yang penggunaan air tanah cukup tinggi sehingga menyebabkan bangunan pengendali rob harus selalu menyesuaikan elevasi agar tetap berfungsi. Ilustrasi dampak *land subsidence* terhadap struktur *on-land defense* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9 Normalisasi sungai dan tanggul laut di Semarang Barat sepanjang Pantai Utara



Sumber: Jakarta Coastal Defence Strategy (JCDS). 2011

Gambar 10 Ilustrasi dampak *land subsidence* terhadap bangunan pengendali rob *on-land defense*

2) Off-land defense

Off-land defense, adalah suatu usaha pengendalian masuknya air laut ke daratan, yang dilakukan dengan membangun DLP. Secara teknis, pembangunan DLP, bukanlah sebuah teknologi yang baru. Di beberapa negara seperti di Belanda, teknologi ini telah lama diterapkan untuk melindungi daratannya dari intrusi air laut yang secara spesifik rata-rata muka air laut (*Mean Sea Level - MSL*) nya lebih tinggi dari daratan. Pembangunan DLP di Pantai Utara Semarang, direncanakan akan memisahkan laut dan daratan sepanjang muara Banjir Kanal Barat (BKB) dan muara Banjir Kanal Timur (BKT) dengan panjang ± 8.000 m. Luas daerah yang terlindungi secara keseluruhan adalah kurang

lebih seluas ± 1.000 ha. Jarak DLP dari bibir pantai direncanakan sejauh 3-5 km di kedalaman 15 - 20 m pada peta hasil pengukuran bathimetri. Pembuatan DLP ini diperkirakan akan menghasilkan tambahan atau perluasan tanah dan danau air tawar. Danau ini akan menghasilkan air tawar dengan kandungan garam yang rendah (± 5 %) yang dapat digunakan untuk keperluan tambak, industri, kebutuhan air perkotaan dsb.

Gambar 11 memperlihatkan TMA dalam daerah tampungan DLP elevasi terendah -1,0 MSL, sedang elevasi tertinggi -0,50 MSL, ini untuk melindungi daerah-daerah yang lebih rendah dari MSL.

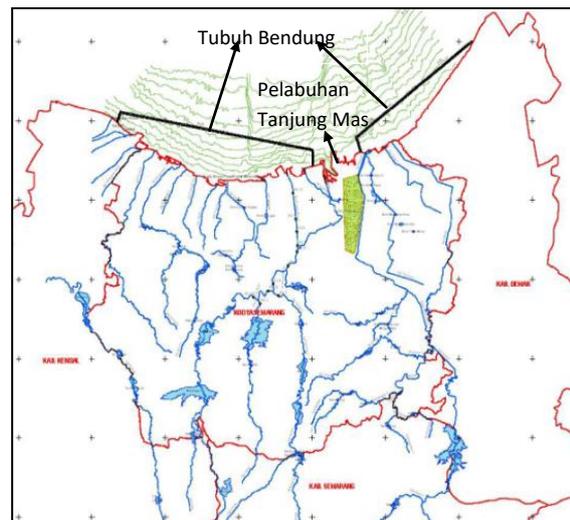


Gambar 11 Pengaturan TMA dam lepas pantai

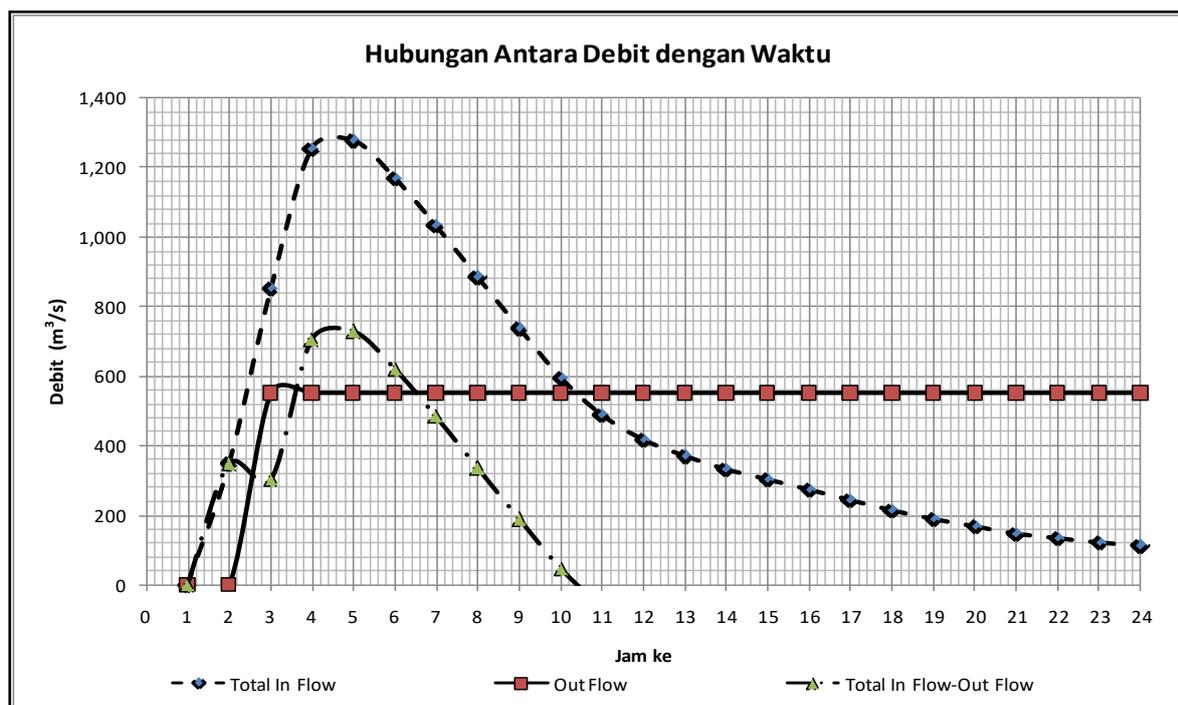
a) DLP Tipe Semi Terbuka di Pelabuhan

Layout Gambar 12 menunjukkan bahwa seluruh areal Pelabuhan Tanjung Mas tetap terbuka tetapi semua sungai di Kota Semarang airnya ditampung dalam tampungan dam dan dipompa ke laut, dari perhitungan *hydrograph* periode ulang 25 tahun (Gambar 13) volume air yang ditampung dan harus dipompa dalam 1 hari (< 24 jam), dengan kapasitas pompa = 550 m³/s adalah 12.812.580 m³ (Gambar 14), yang berarti untuk kedalaman 0,50 m (adalah ruang untuk menampung air banjir, sesuai Gambar 11), membutuhkan luas ≈ 2.563 ha.

Sesuai dengan *layout* luas yang tersedia untuk sisi barat adalah 28,13 km² (2.813 ha) dan sisi timur adalah 15,60 km² (1.560 ha) total luas 4.373 ha, jadi sisa yang dapat dimanfaatkan sebagai areal reklamasi adalah ≈ 1.810 ha, areal tersebut akan dimanfaatkan oleh investor, yang membantu pelaksanaan dan O&P DLP.



Gambar 12 DLP tipe semi terbuka di pelabuhan

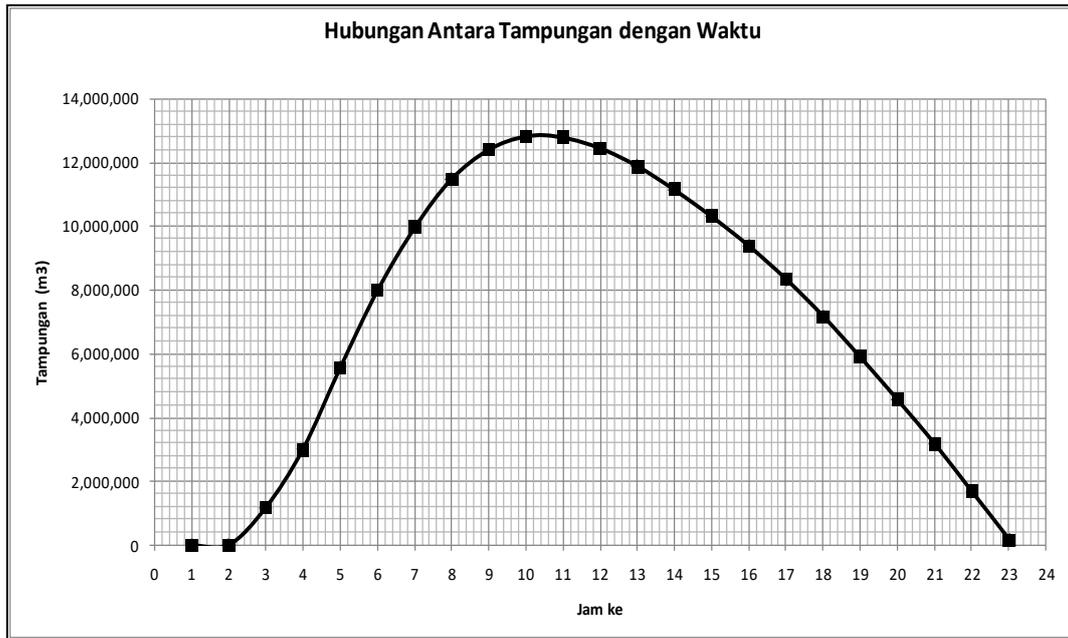


Gambar 13 *Hydrograph* Q₂₅ tahun, semua sungai masuk DLP, dengan pompa Q= 550 m³/s

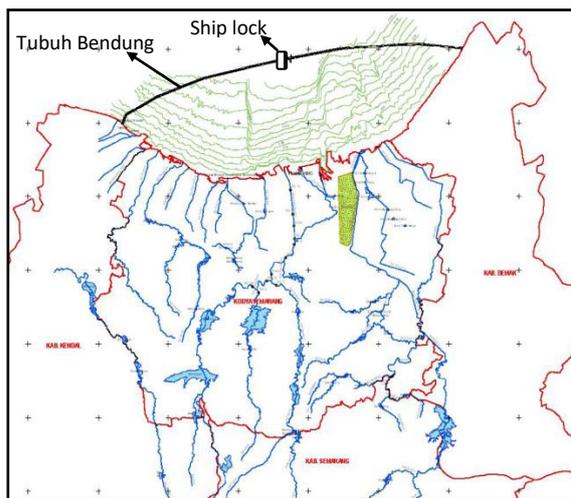
b) DLP Tipe Tertutup dengan atau tanpa ship Lock

DLP tipe ini, sesuai *layout* Gambar 15 dan 16, Pelabuhan Tanjung Mas tetap terbuka tetapi semua sungai di Kota Semarang airnya ditampung dalam daerah tampungan dam dan dipompa ke laut, dari perhitungan *hydrograph* periode ulang 25 tahun (Gambar 13) volume air maksimum yang harus ditampung dan harus dipompa dalam satu hari (< 24 jam), dengan

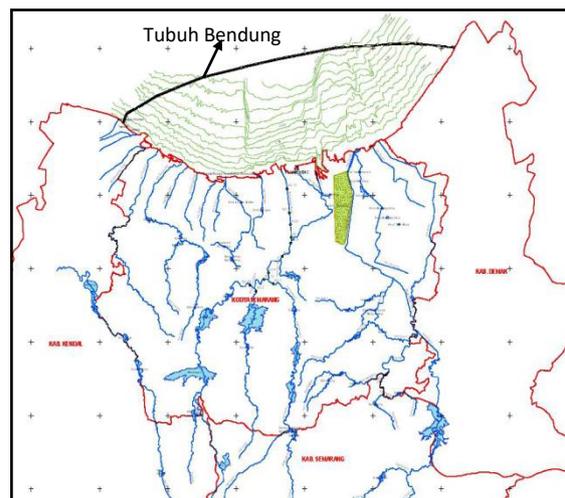
kapasitas pompa = 550 m³/s adalah 12.812.580 m³ (Gambar 14), yang berarti untuk kedalaman 0,50 m (adalah ruang untuk menampung air banjir, sesuai Gambar 11), membutuhkan luas ≈ 2.563 ha. Sesuai dengan *layout* luas yang tersedia 139,25 km² (13.925 ha), jadi sisa yang dapat dimanfaatkan sebagai areal reklamasi adalah ≈ 11.362 ha, areal tersebut akan dimanfaatkan oleh investor, yang membantu pelaksanaan dan O&P DLP.



Gambar 14 Volume tampungan setelah dipompa Q= 550 m³/s, selama 24 jam



Gambar 15 DLP tipe tertutup dengan ship lock



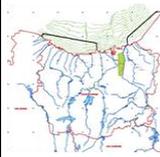
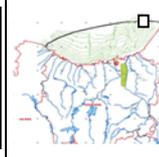
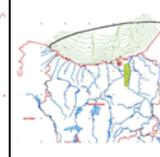
Gambar 16 DLP tipe tertutup tanpa ship lock

c Kombinasi on-land dengan off-land defense

DLP tipe semi terbuka pada BKT dan BKB, dan Pelabuhan dengan kombinasi polder dan tanggul laut ini mengurangi biaya operasi pompa, karena tipe ini mengalirkan debit air dari sungai-sungai antara Banjir Kanal Barat langsung ke laut. Untuk menghindarkan rob memanfaatkan polder Banger dan polder Cipta Karya (dibiayai JBIC) yang sedang dalam penyelesaian, serta tanggul laut sebagai daerah antara yang tidak terlindungi polder, sesuai dengan Gambar 17. Dari perhitungan *hydrograph* periode ulang 25 tahun (Gambar 18) volume air yang ditampung dan harus dipompa dalam satu hari (< 24 jam),

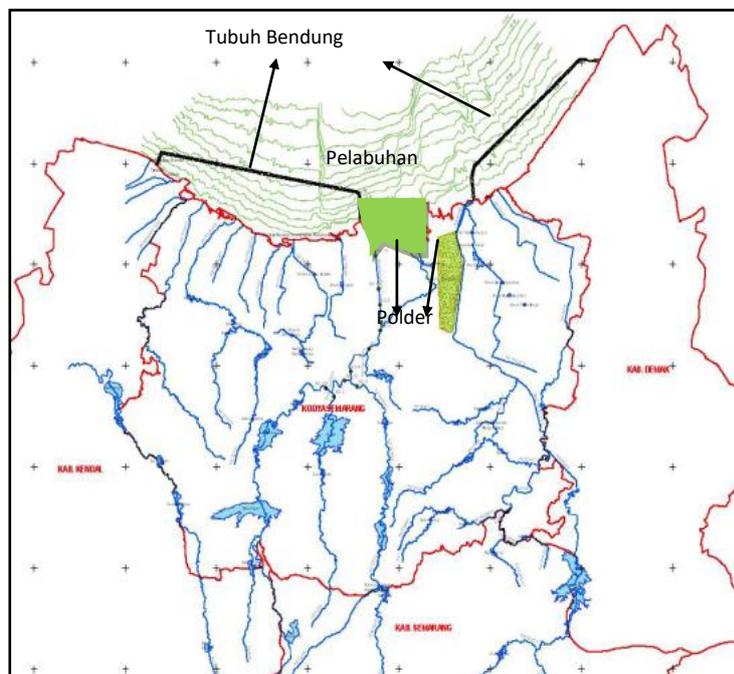
dengan kapasitas pompa = 200 m³/s adalah 4.533.210 m³ (Gambar 19), yang berarti untuk kedalaman 0,50 m (adalah ruang untuk menampung air banjir, sesuai Gambar 11), hanya membutuhkan luas ≈ 907 ha. Sesuai dengan *layout* luas yang tersedia untuk sisi barat adalah 26,03 km² (2.603 ha) dan sisi timur adalah 14,59 km² (1.590 ha) total luas 4.193 ha, jadi sisa yang dapat dimanfaatkan sebagai areal reklamasi adalah ≈ 3.286 ha, areal tersebut akan dimanfaatkan oleh investor, yang membantu pelaksanaan dan O&P DLP.

Tabel 2 Analisis pemilihan tipe bangunan pengendali banjir dan rob

No	Variabel	Weighted Factor	Tipe Pengendali Banjir dan Rob					
			On-land Defence		Kombinasi On-Land dan Off-land Defence	Off-land Defence		
								
Polder	Tanggul Laut	Tipe Semi Terbuka BKT/BKB & Pelabuhan kombinasi Tanggul Laut & Polder	Tipe Semi Terbuka di Pelabuhan	Tipe Tertutup dengan Ship Lock	Tipe Tertutup Tanpa Ship Lock			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Karakteristik Teknis								
1	Komponen utama	0	Tanggul, pompa, kolam <i>retarding</i>		Tanggul, pompa, pintu air, kolam <i>retading</i> , saluran gendong	Tanggul, pompa,	Tanggul, <i>ship lock</i> , pompa, pintu air	Tanggul, pompa, pintu air
2	Menutup muara	0	Tidak menutup	Menutup dengan pintu	Tidak menutup	Menutup	Menutup sebagian	Menutup
3	Tanggul/pompa terpengaruh <i>land subsidence</i>	-6	Besar	Besar	Agak kecil	Agak kecil	Kecil	Kecil
			4 -24	4 -24	2 -12	2 -12	1 -6	1 -6
4	Dimensi tanggul/tingkat bahaya	-1	Kecil	Kecil	Besar	Besar	Besar sekali	Besar sekali
			1 -1	1 -1	3 -3	3 -3	4 -4	4 -4
5	Keberlanjutan tanggul/pompa (<i>land subsidence</i>)	-6	Selalu harus dipertinggi	Selalu harus dipertinggi	Agak stabil	Stabil	Stabil	Stabil
			3 -18	3 -18	2 -12	1 -6	1 -6	1 -6
6	Kolam <i>retarding</i>	-4	Perlu	Perlu	Tidak perlu	Tidak perlu	Tidak perlu	Tidak perlu
			3 -12	3 -12	1 -4	1 -4	1 -4	1 -4
7	Pintu air	-1	Tidak perlu	Perlu	Perlu	Tidak perlu	<i>Ship-lock</i>	Tidak perlu
			1 -1	2 -2	2 -2	1 -1	3 -3	1 -1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
II. Manfaat								
1	Luas cakupan	2	Kecil	Besar	Besar	Besar	Besar	Besar
			1 2	3 6	3 6	3 6	3 6	3 6
2	Sumber Daya Air	5	Kecil	Kecil	Besar	Besar	Besar	Besar
			1 5	1 5	3 15	3 15	3 15	3 15
3	Manfaat tambahan (wisata, perikanan, transportasi, dll)	3	Kecil	Kecil	Besar	Besar	Besar	Besar
			1 3	1 3	2 6			6
4	Keterlibatan masyarakat dlm perencanaan, pelaksanaan, O&P	2	Besar	Tidak ada	Kecil	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
			3 6	1 2	2 4	1 2	1 2	1 2
5	Keterlibatan investor dalam perencanaan / pelaksanaan		Tidak ada	Tidak ada	Besar	Besar	Besar	Besar
			1 2	1 2	2 4	2 4	2 4	2 4
III. Biaya								
1	Investasi awal	-5	Kecil	Agak besar	Besar	Besar	Besar	Besar
			1 -5	2 -10	4 -20	4 -20	4 -20	4 -20
2	Investor	4	Pemerintah	Pemerintah	Pemerintah + Swasta	Pemerintah + Swasta 1	Pemerintah + Swasta 2	Pemerintah + Swasta 1
			1 4	1 4	3 12	3 12	4 16	3 12
3	Kemudahan pelaksanaan	4	Mudah	Mudah	Sulit	Sulit	Sulit	Sulit
			3 12	3 12	1 4	1 4	1 4	1 4
4	Biaya O&P (tanggul bangunan prasarananya, <i>ship lock</i>)	-3	Murah	Murah	Mahal	Mahal	Mahal 1	Mahal
			1 -3	1 -3	2 -6	2 -6	4 -12	2 -6

1	2	3	4		5		6		7		8		9	
5	Kapasitas pompa (biaya, kesulitan pengada-an & O&P)	-5	Kecil		Kecil-kecil tapi banyak		Besar		Besar sekali		Besar sekali		Besar sekali	
			1	-5	2	-10	3	-15	4	-20	4	-20	4	-20
6	Pelaksanaan O&P	3	Pemerintah + Swasta + Masyarakat		Pemerintah		Pemerintah + Swasta (Investor)							
			2	6	1	3	4	12	4	12	4	12	4	12
	Kemudahan O&P	2	Mudah		Sulit 1		Sulit 1		Sulit 2		Sulit 2		Sulit 2	
			3	6	2	4	2	4	1	2	1	2	1	2
IV. Dampak lingkungan														
1	Dampak fisik (kualitas air + sampah)	-3	Kecil		Kecil		Agak Besar		Besar		Besar		Besar	
			1	-3	1	-3	3	-9	4	-12	4	-12	4	-12
2	Sosial & Ekonomi (-)	-3	Tidak ada		Tidak ada		Besar		Besar		Besar		Besar	
			1	-3	1	-3	3	-9	3	-9	3	-9	3	-9
3	Sosial & Ekonomi (+)	3	Ada		Ada		Besar 2		Besar 2		Besar 2		Besar 1	
			1	3	1	3	4	12	4	12	4	12	3	9
	Total =	-7	-26		-42		-13		-18		-17		-16	

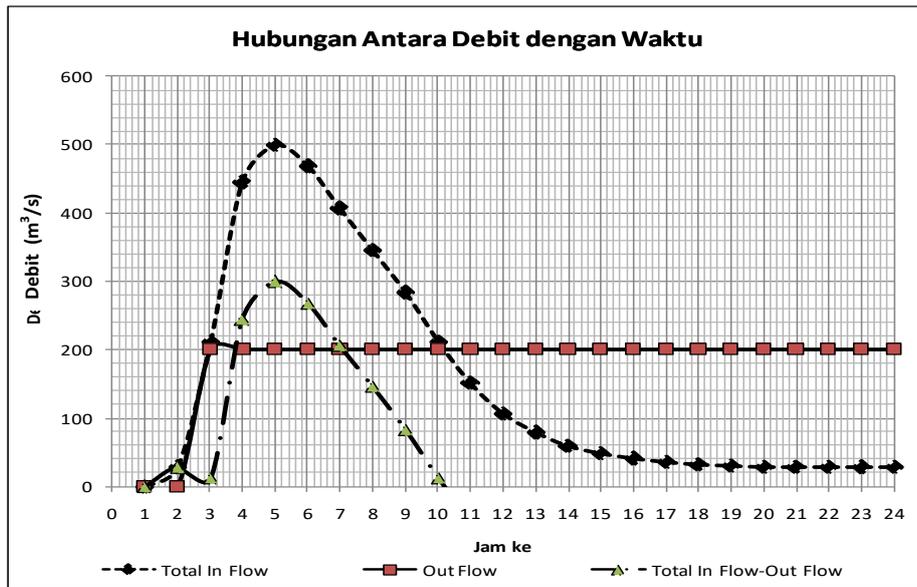


Gambar 17 Kombinasi on-land dengan off-land defense

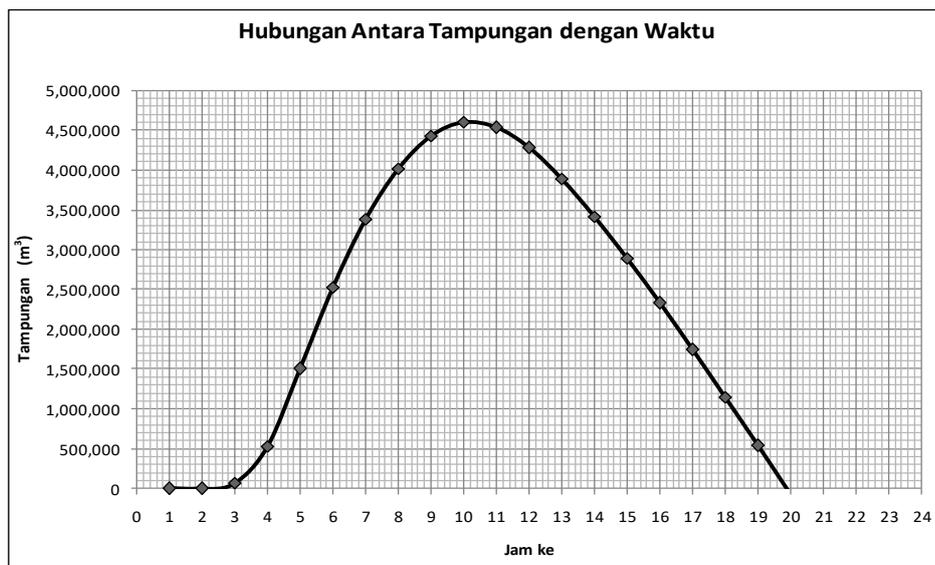
Melihat kecilnya debit yang digunakan, dan luas areal yang dapat dimanfaatkan untuk areal reklamasi dibandingkan dengan tipe tertutup, investor lebih berminat membiayai pelaksanaan ataupun O&P DLP tipe ini.

Tabel 2 memperlihatkan analisis pemilihan tipe bangunan pengendali rob. Dari Tabel 2, terlihat total nilai paling besar adalah - 13 (pada Kolom 6), adalah nilai terbesar

sehingga dapat di-simpulkan bahwa DLP Tipe Semi Terbuka pada BKT dan BKB, dan Pelabuhan dengan Kombinasi Polder dan Tanggul Laut adalah yang paling tepat untuk nilai WF, yang ditentukan dalam kolom 3. Hal tersebut disebabkan kecilnya debit maksimum yang harus dipompa sehingga biaya operasi pompa rendah, serta luasan DLP yang mungkin dapat dimanfaatkan untuk direklamasi cukup besar.



Gambar 18 Hydrograph Q_{25} tahun, masuk DLP, tanpa BKT, BKB, Kali Semarang & Kali Baru, dengan pompa $Q= 200 \text{ m}^3/\text{s}$



Gambar 19 Volume tampungan setelah dipompa $Q= 200 \text{ m}^3/\text{s}$, selama 24 jam

KESIMPULAN

Banjir dan genangan Kota Semarang bagian utara terjadi akibat topografi daerah, yaitu di bagian selatan pegunungan, di utara merupakan daerah dataran yang mengalami *land subsidence*. Permasalahan banjir kiriman dari hulu diatasi dengan pembuatan dam pengendali banjir, normalisasi sungai dan tanggul banjir. Sedang genangan akibat rob dapat diatasi dengan DLP Tipe Semi Terbuka pada BKT dan BKB, dan Pelabuhan dengan Kombinasi Polder dan Tanggul Laut adalah yang paling tepat, disebabkan oleh:

1. Besar debit maksimum yang harus dipompa kecil, sehingga biaya operasi pompa rendah. Saat banjir dengan periode ulang 25 tahun, kapasitas pompa yang digunakan $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$, dengan waktu pompa < 24 jam.
2. Luas tanah yang dapat dimanfaatkan untuk direklamasi ≈ 3.286 ha, biaya pelaksanaan dan O&P diharapkan dapat tertutup dengan pemanfaatan tanah reklamasi.

Penanggulangan banjir dan rob di Kota Semarang bagian Utara dengan DLP Tipe Semi Terbuka pada BKT dan BKB, dan Pelabuhan dengan Kombinasi Polder dan Tanggul Laut, adalah metode penggulungan banjir struktural yang hasil langsung dapat dinikmati masyarakat Semarang, tetapi untuk keberlanjutannya tetap diperlukan metode penggulungan banjir non-struktural, yang memerlukan keterlibatan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappeda. 2007. *Penyusunan Dokumen Masterplan Drainase Kota Semarang*. Pemerintah Kota Semarang, Semarang.
- Jakarta Coastal Defence Strategy (JCDS). 2011. *Jakarta and Rob First Atlas Workshop*. Delft Hydraulics, ITB, MLD, PusAir, Triple-A, Witteveen + Bos.

Kodoatie, Robert, J., 2008. *Land Subsidence dalam Seminar: Selamatkan Pelabuhan Tanjung Mas! Gerbang Perekonomian Semarang - Jawa Tengah.*, Pemerintah Kota Semarang, Pusat Litbang Sumber DayaAir, Witteveen+Bos.

Pusat Litbang SDA. 2002. *Laporan Akhir Penelitian : "Kajian Efektifitas Sistem Waduk Dan Pompa Air Dalam Kerangka Pengendalian Banjir Perkotaan"*. Balai Bangunan Hidraulik Dan Geoteknik Keairan, Bandung.

Pusat Litbang SDA. 2007. *Laporan Akhir Penelitian : "Pengembangan Teknologi Pengendalian Banjir Perkotaan Menuju Waterfront City"*. Balai Bangunan Hidraulik Dan Geoteknik Keairan, Bandung.

Pusat Litbang SDA. 2009. *Laporan Penelitian: "Ulasan Umum Kelayakan Bendungan Lepas Pantai Di Pantai Utara Semarang"*. Balai Bangunan Hidraulik dan Geoteknik Keairan, Bandung.

Pusat Litbang SDA. 2010. *Laporan Akhir Penelitian : "Teknologi Pengendalian Banjir Perkotaan"*. Balai Sungai, Surakarta.

Schultz, Bart. 2010. *"Some Considerations on A Foshore Dam in Front of Semarang"*. Discussion Note On A Foreshore Dam for Semarang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Arie Setiadi Moerwanto, M. Sc., yang telah mendorong terselesainya tulisan ini. Serta ke pada Bapak Prof. Dr. Hidayat Pawitan dan Ibu Dr. Ir. Wanny K. Adidarma, M. Sc., diucapkan terima kasih atas arahan dan koreksinya dalam penyempurnaan tulisan ini.