

PERENCANAAN SISTEM POLDER TAMBAK LOROK SEMARANG UTARA

Catur Ayu Wahyuningrum, Rizka Estiana, Suseno Darsono ^{*)}, Hari Nugroho ^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Tambak Lorok adalah kawasan pesisir pantai di bagian utara Kota Semarang yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Permasalahan banjir dan rob yang sering terjadi menyebabkan potensi ekonomi, sosial, dan lingkungan di kawasan tersebut tidak dapat berkembang. Drainase sistem polder dianggap sebagai alternatif yang efektif dan efisien untuk menanggulangi permasalahan banjir dan rob di Tambak Lorok yang memiliki topografi landai. Selain untuk mengatasi banjir dan rob, perencanaan sistem polder bertujuan untuk memperbaiki lingkungan, kesehatan dan perekonomian masyarakat di kawasan tersebut. Perencanaan sistem polder ini meliputi perencanaan saluran drainase, kolam detensi, stasiun pompa, dan tanggul laut. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan pemodelan EPA SWMM versi 5.1 untuk periode ulang 50 tahun dengan hasil sebesar 2,07 m³/detik. Perencanaan dimensi kolam detensi disesuaikan dengan kondisi eksisting yaitu seluas ± 5 hektar dengan kedalaman 1,6 m dan ketinggian air dijaga pada kedalaman 1 meter dari dasar kolam. Berdasarkan debit banjir rencana dan luas kolam detensi, sistem polder direncanakan menggunakan 3 buah pompa dengan kapasitas tiap pompa sebesar 0,6 m³/s. Perencanaan saluran drainase menggunakan debit di tiap junction yang telah dimodelkan dengan EPA SWMM versi 5.1 dan dicek menggunakan HEC-RAS versi 5.0.1. Perencanaan tanggul memperhitungkan tinggi pasang surut dengan Metode Admiralty, wave set up, wind set up, sea level rise, serta land subsidence di Tambak Lorok dan diperoleh ketinggian tanggul berada pada elevasi +3,30 m. Pembangunan sistem polder Tambak Lorok memerlukan biaya sebesar Rp. 394.949.374.000,00.

Kata kunci: Banjir dan Rob, Sistem Polder Tambak Lorok

ABSTRACT

Tambak Lorok is a coastal area in the northern of Semarang city which is directly adjacent to the Java Sea. Frequent flood and tidal flood cause the economical, social, and environmental potential in that area cannot develop. Polder system is considered as an effective and efficient alternative way to overcome the flood and tidal flood in Tambak Lorok which has a flat topography. Besides controlling flood and tidal flood, polder system planning also aims to improve the environment, health, and economy of Tambak Lorok citizens. The polder system planning involves drainage canals planning, detention pond, pumping station, and sea dike. The calculation of the planned flood discharge is using EPA SWMM modeling version 5.1 for 50-years return period. Based on the modeling result, it was gained that the planned flood discharge was 2.07 m³/s. The detention pond design was adjusted to the existing condition that was about 5 hectares wide with 1.6 meters in depth

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

and the water level was kept in 1 meter in depth from the bottom of the pond. Based on the planned flood discharge and the detention pond wide , the polder system was designed using 3 pumps with a capacity of 0.6 m³/s. Drainage ditch design used a discharge in each junction which had been modeled by EPA SWMM version 5.1 and checked using HEC-RAS version 5.0.1.. The dike planning, it calculated the tidal height which is counted by using Admiralty Method, wave set up, wind set up, sea level rise, and land subsidence in Tambak Lorok and it is obtained that the dike height is in an elevation of +3.30 m. The polder system design of Tambak Lorok costs about Rp. 394.949.374.000,00.

Keywords: *Flood and Tidal Flood (Rob), Tambak Lorok Polder System*

PENDAHULUAN

Berbagai kota besar di Indonesia terletak di wilayah pesisir dan memiliki jumlah penduduk yang padat serta pertumbuhan perekonomian yang pesat, namun pada umumnya infrastruktur kotanya tidak tersedia dan tidak mendukung kondisi lingkungan kota tersebut (Huda, 2013). Sejak tahun 1990-an, Kota Semarang khususnya di pesisir bagian utara dan beberapa daerah dataran rendah mengalami peningkatan populasi dan urbanisasi dengan cepat (Marfai dan King, 2008b dalam Nugroho 2013). Meningkatnya jumlah bangunan (konstruksi) akibat pertumbuhan penduduk akan menyebabkan beban bangunan meningkat sehingga terjadi penurunan tanah.

Rob merupakan kejadian dimana air laut masuk ke daratan pada saat permukaan air laut mengalami pasang. Ada dua penyebab terjadinya rob, yaitu naiknya muka air laut (*sea level rise*) dan penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) (Nugroho, 2013).

Tambak Lorok merupakan sebuah kampung nelayan padat penduduk. Potensi utama Tambak Lorok adalah adanya Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) dan Tempat Pelelangan Ikan (TPI). Namun, letaknya yang berada di pesisir pantai utara Kota Semarang menyebabkan kawasan ini tergenang rob saat air laut pasang. Permasalahan lingkungan lainnya adalah penurunan tanah. Akibat lapisan tanah di kawasan Tambak Lorok sangat lunak dan laju pembangunan yang tinggi dan cepat, menyebabkan adanya penurunan tanah sebesar > 5 cm per tahun (Pujiastuti et al., 2015).

Dengan melihat kondisi topografi dan kepadatan penduduk di kawasan Tambak Lorok, metode penanganan banjir dan rob yang efektif adalah sistem polder. Polder didefinisikan sebagai suatu kawasan atau lahan reklamasi, dengan kondisi awal mempunyai muka air tanah tinggi, yang diisolasi secara hidrologis dari daerah di sekitarnya dan kondisi muka air (air permukaan dan air tanah) dapat dikendalikan. Kondisi lahan dibiarkan pada elevasi aslinya atau dapat pula sedikit ditinggikan (Suripin, 2003). Sistem polder merupakan salah satu cara penanganan banjir dengan bangunan fisik, yang meliputi sistem drainase, kolam retensi, tanggul yang mengelilingi kawasan, serta pompa dan/atau pintu air, sebagai satu kesatuan pengelolaan tata air yang tak terpisahkan (Pusair, 2007 dalam Wahyudi, 2010)

Lokasi perencanaan adalah kawasan Tambak Lorok yang terletak di Kelurahan Tanjung Mas di wilayah pesisir utara Kota Semarang. Lokasi wilayah banjir dan rob yang akan ditanggulangi dengan sistem polder ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Polder Tambak Lorok
(Sumber: Peta RTRW Kota Semarang 2011-2031 dan Google Earth, 2016)

METODOLOGI PENELITIAN

Perencanaan sistem polder guna menanggulangi banjir dan rob ini dilakukan dengan metodologi seperti berikut:

1. Survei lapangan
Survei lapangan dilakukan sebagai langkah awal kegiatan untuk mengetahui rona lingkungan awal/kondisi terkini bangunan dan saluran dalam wilayah Tambak Lorok. Survei lapangan dilakukan untuk memahami lokasi studi dan identifikasi permasalahan awal yang didapat di lapangan serta melihat kemungkinan solusi yang diusulkan. Survei lapangan dilakukan guna memperkirakan dimensi tanggul, bangunan, dan saluran drainase. GPS dan peta topografi dimanfaatkan pada kegiatan tahap ini.
2. Pengumpulan Data Sekunder
Data yang diperlukan dalam perencanaan ini antara lain:
 - a. Data curah hujan;
 - b. Data pasang surut;
 - c. Data angin;
 - d. Data tanah; dan
 - e. Peta topografi.
3. Analisis Hidrologi
Model yang digunakan dalam analisis debit banjir adalah EPA SWMM 5.1. Model EPA SWMM (*Storm Water Management Model*) versi 5.1 adalah model simulasi limpasan (*runoff*) curah hujan periodik yang digunakan untuk mensimulasi kejadian tunggal atau kejadian terus-menerus dengan kuantitas dan kualitas limpasan dari luas wilayah yang ditinjau terutama wilayah perkotaan. EPA SWMM adalah software yang dikembangkan oleh *U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory*.

4. Analisis Hidrolika

Saluran drainase rencana dimodelkan dengan menggunakan HEC-RAS. HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) adalah software yang dikembangkan oleh *U.S Army Corps of Engineering*. HEC-RAS didesain untuk melakukan perhitungan hidrolika satu dimensi untuk jaringan saluran secara keseluruhan baik yang alami maupun buatan.

5. Analisis Hidro Oceanografi

Perhitungan pasang surut menggunakan metode Admiralty, sedangkan perhitungan tinggi gelombang rencana menggunakan metode SMB atau *Sverdrup-Munk-Bretschneider (CERC,1984)*.

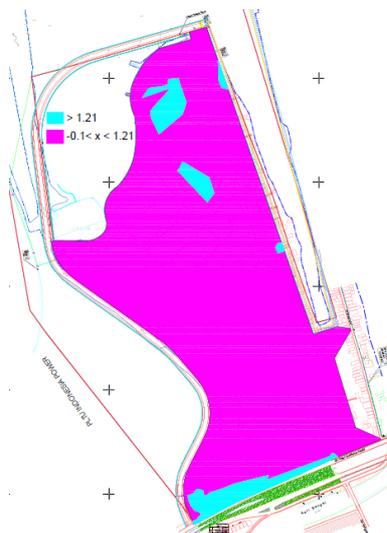
6. Perencanaan Teknis

Perencanaan teknis meliputi setiap komponen sistem polder, yaitu kolam detensi, tanggul yang mengelilingi kawasan, serta pompa (Wahyudi, 2010). Merancang dan membangun tanggul penutup atau tanggul pantai yang dilengkapi dengan pompa pembuangan air banjir merupakan tugas utama dalam penanggulangan banjir dan rob. Perbaikan saluran utama yang masuk wilayah polder merupakan tahap kedua di dalam pembangunan polder. Sedang tahap akhir adalah penataan infrastruktur perkotaan di wilayah polder seperti jalan, sistem sanitasi dan lain-lain (Ankum, P., 2002).

HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

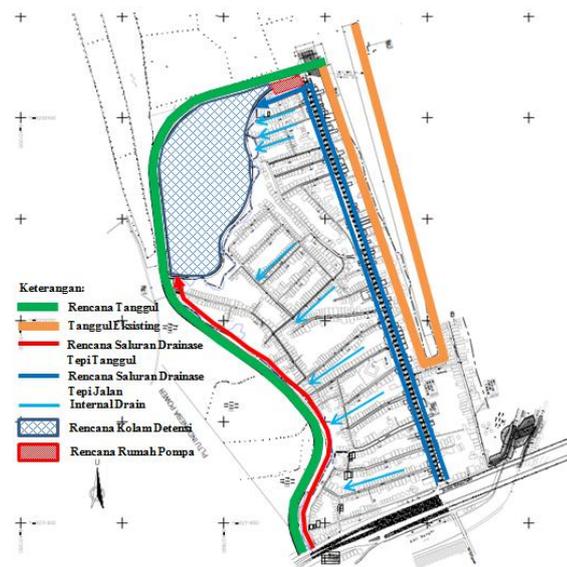
Data sekunder yang dipergunakan untuk perencanaan sistem polder Tambak Lorok adalah data pasang surut air laut. Perhitungan tinggi HHWL dan LLWL dilakukan dengan mengolah data pasang surut dari Stasiun Maritim menggunakan metode *Admiralty*. Berdasarkan perhitungan diperoleh bahwa HHWL berada pada elevasi +1,21 m dan LLWL berada pada elevasi -0,10 m.

Setelah dilakukan analisis hasil pengukuran topografi di kawasan Tambak Lorok terhadap HHWL dan LLWL, diperoleh hasil bahwa elevasi muka tanah yang berada di atas HHWL (+1,21 m) hanya sebesar 5,86% (warna biru), sedangkan muka tanah di antara HHWL (+1,21 m) dan LLWL (-0,10 m) sebesar 94,14% (warna merah muda) seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kawasan ini merupakan kawasan terdampak rob.



Gambar 2. Analisis Muka Tanah Tambak Lorok terhadap HHWL dan LLWL

Dengan melihat hasil analisis pada Gambar 2, apabila air laut mengalami pasang tertinggi maka kawasan ini pasti terendam oleh rob. Oleh karena itu direncanakan drainase sistem polder yang terdiri dari saluran drainase, kolam detensi, tanggul laut, dan rumah pompa. Gambar 3 merupakan perencanaan sistem drainase di kawasan Tambak Lorok. Tanggul pantai yang berupa jalan sebagai penahan banjir rob dirancang mulai dari jalan arteri yang ada. Kolam detensi dan rumah pompa berada di ujung utara dari Kawasan Tambak Lorok. Sedangkan *internal drain* dialirkan ke saluran primer tepi tanggul dan tepi jalan.



Gambar 3. Perencanaan Sistem Polder Tambak Lorok

Data sekunder yang selanjutnya digunakan dalam perencanaan sistem polder Tambak Lorok adalah data hujan harian maksimum pada stasiun hujan Maritim. Perhitungan hujan harian rata-rata dianalisis dengan menggunakan program A-Prob (Istiarto, 2014) untuk memperoleh curah hujan rencana. Tipe sebaran yang digunakan adalah Log Pearson III. Tipe sebaran tersebut telah diuji dengan metode Chi-kuadrat dan *Smirnov-Kolmogorov*. Hasil curah hujan rencana dengan periode ulang 2 hingga 50 tahun ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hujan Rencana Stasiun Maritim

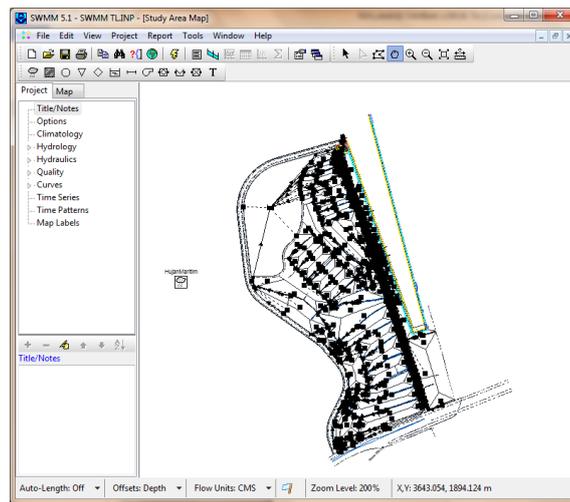
T (Tahun)	Xt (mm)
2	107
5	133
10	150
20	171
50	183

Berdasarkan hasil curah hujan rencana dari aplikasi A-Prob kemudian dihitung intensitas hujan. Perhitungan intensitas hujan menggunakan pendekatan melalui hyetograf hujan jam-jaman Stasiun Maritim dengan menghitung waktu konsentrasi (t_c) setiap saluran drainase menggunakan rumus *Kirpich* (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002). Intensitas hujan dihitung dengan durasi 15 menit seperti pada Tabel 2. Intensitas hujan dengan periode ulang 2, 5, 10, 20, dan 50 tahun merupakan input pada pemodelan hidrologi EPA SWMM 5.1 guna menghitung besar hidrograf banjir.

Tabel 2. Intensitas Hujan Stasiun Maritim

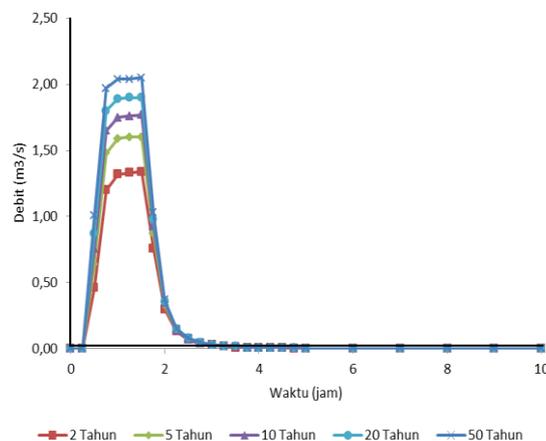
Kala Ulang (tahun)	Hujan Rencana (mm)	tc (jam)	Intensitas Hujan (mm/15 menit)
2	107	1,09	26,75
5	133	1,09	33,25
10	150	1,09	37,50
20	165	1,09	41,25
50	183	1,09	45,75

Perhitungan debit banjir dengan menggunakan pemodelan EPA SWMM 5.1 dilakukan dengan membuat simulasi saluran drainase dan kolam detensi rencana seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Pada pemodelan ini, kawasan Tambak Lorok dibagi ke dalam beberapa *subcatchment* dan untuk *internal drain* eksisting dimodelkan masuk ke saluran drainase rencana di tepi tanggul dan tepi jalan utama Tambak Lorok.



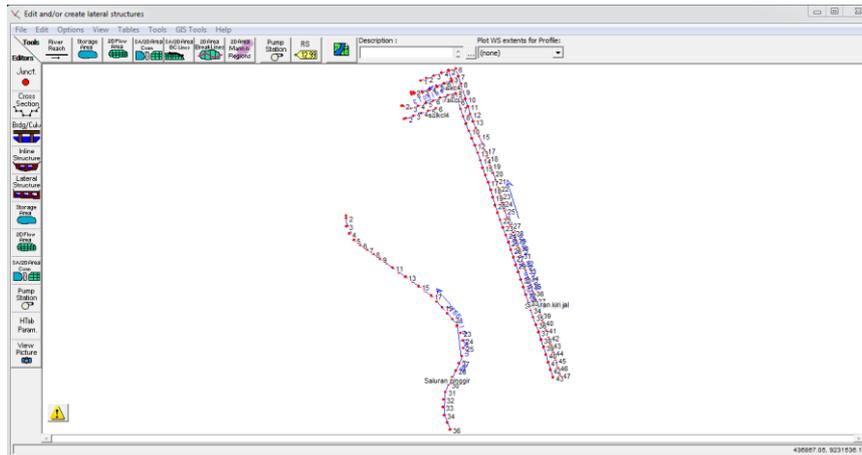
Gambar 4. Pemodelan Sistem Drainase Tambak Lorok

Hasil pemodelan hidrologi dengan menggunakan EPA SWMM 5.1 diperoleh debit banjir periode ulang 2 hingga 50 tahun seperti disajikan pada Gambar 5 berikut.

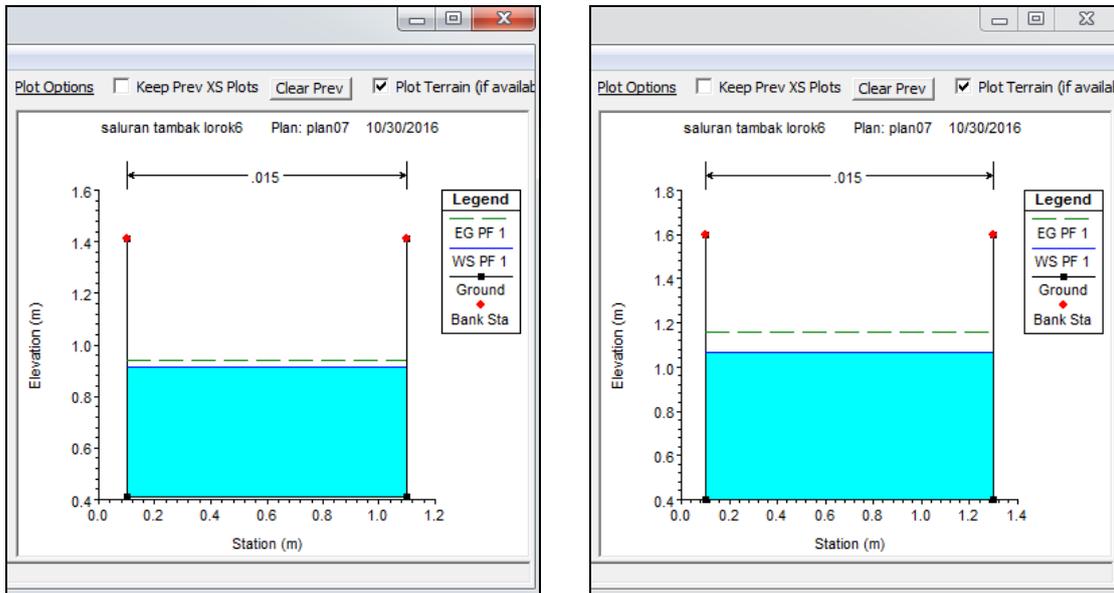


Gambar 5. Hidrograf Banjir Kawasan Tambak Lorok Periode Ulang 2 Hingga 50 Tahun

Perencanaan saluran primer di kawasan Tambak Lorok menggunakan debit banjir periode ulang 10 tahun. Perencanaan ini dilakukan dengan memodelkan saluran drainase rencana menggunakan HEC-RAS. Saluran drainase rencana berupa saluran drainase tertutup. Pemodelan saluran drainase rencana dapat dilihat pada Gambar 6 berikut. Drainase tepi tanggul direncanakan menggunakan U-Ditch dengan ukuran 1,20 x 1,20 m dan drainase tepi jalan utama menggunakan U-Ditch 1,00 x 1,00 m. Hasil pemodelan disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 6. Pemodelan Saluran Drainase Rencana dengan HEC-RAS

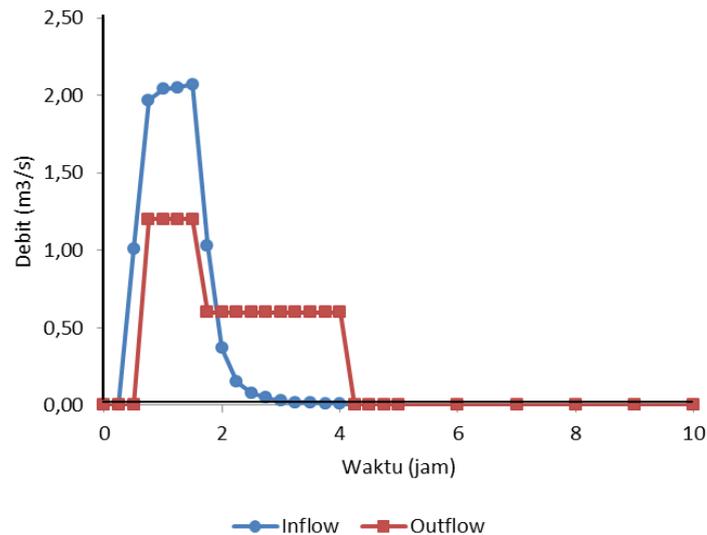


Gambar 7. Hasil Pemodelan HEC-RAS Saluran Drainase Tepi Jalan (Kiri), Hasil Pemodelan HEC-RAS Saluran Drainase Tepi Tanggul (Kanan)

Dimensi kolam detensi didesain dengan mengacu pada RTBL Kampung Wisata Bahari Tambak Lorok yaitu seluas 5 hektar dengan kedalaman 1,60 meter. Air pada kolam detensi dipertahankan pada kedalaman 1 meter agar air tetap dapat mengalir ke kolam detensi secara gravitasi. Elevasi tertinggi kolam direncanakan pada elevasi -0,30 m agar elevasi terendah kawasan Tambak Lorok (pada elevasi +0,20 m) tetap dapat mengalir secara gravitasi, sedangkan elevasi dasar kolam direncanakan pada elevasi -1,40 m dengan mempertimbangkan besarnya rembesan dan tinggi LLWL air laut. Dengan luas kolam

detensi sebesar 5 hektar dan kedalaman efektif sebesar 1 m, maka diperoleh volume efektif kolam detensi sebesar 50.000 m³.

Debit banjir rencana dan dimensi kolam detensi menghasilkan kapasitas pompa yang diperlukan sebesar 0,60 m³/det (untuk periode ulang 50 tahun) sebanyak 3 buah dimana 1 buah pompa sebagai cadangan. Dari grafik hidrograf banjir periode 50 tahun dan grafik keluaran akibat adanya pompa, dapat diplot sehingga menjadi grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hidrograf Inflow dan Outflow Sistem Polder Tambak Lorok

Volume yang harus ditampung di kolam detensi adalah sebesar 4,77 m³/s x 15 x 60 = 4.293 m³ (Σ Qin – Qout pada jam 0:30:00 sampai jam 2:00:00).

Data hidro oceanografi yang digunakan selain data pasang surut adalah data angin. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode SMB atau *Sverdrup-Munk-Bretschneider* (CERC, 1984), diperoleh hasil tinggi gelombang signifikan dari arah Barat Laut sebesar 2,44 m yang selanjutnya dipergunakan untuk perhitungan *wave set-up* dan *wind set-up*.

Tinggi *wave set-up* adalah:

$$Sw = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H}{gT^2}} \right] H \dots\dots\dots(1)$$

Sumber: Triatmodjo, 1999

$$Sw = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{2,44}{9,81 \cdot 8,19^2}} \right] 2,44$$

$$Sw = 0,11 \text{ m}$$

Tinggi *wind set-up* adalah:

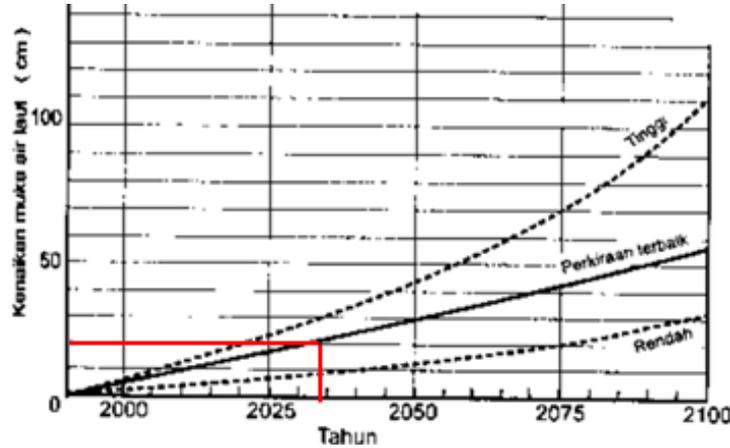
$$\Delta h = Fc \frac{v^2}{2gd} \dots\dots\dots(2)$$

Sumber: Triatmodjo, 1999

$$\Delta h = 200000 \cdot \sin 45,3,5 \times 10^{-6} \frac{(15,4 \cdot \sin 45)^2}{2 \times 9,81 \times 30}$$

$$\Delta h = 0,10 \text{ m}$$

Tinggi *sea level rise* berdasarkan grafik kenaikan muka air laut (Triatmodjo, 1999), diperoleh hasil sebesar 20 cm.



Gambar 9. Perhitungan *Sea Level Rise*

Sehingga diperoleh elevasi muka air rencana sebagai berikut.

$$DWL = HHWL + S_w + \Delta h + SLR \dots\dots\dots(3)$$

Sumber: Triatmodjo, 1999

$$DWL = 1,21 + 0,11 + 0,1 + 0,2$$

$$DWL = + 1,62 \text{ m}$$

Dikarenakan daerah Tambak Lorok mengalami penurunan tanah cukup tinggi yaitu $\pm 5 \text{ cm}$ per tahun (Pujiastuti et al., 2015). Pada perencanaan tanggul, diperhitungkan penurunan tanah selama 20 tahun, sehingga diperoleh tinggi tanggul sebagai berikut.

$$\text{Tinggi Tanggul} = DWL + \text{Land Subsidence} + \text{Tinggi Jagaan} \dots\dots\dots(4)$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Tanggul} &= +1,62 + 1 + 0,6 \\ &= +3,22 \text{ m} \approx +3,30 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perencanaan sistem polder Tambak Lorok diperoleh Rencana Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) aktual dengan rincian seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Sistem Polder Tambak Lorok

No.	Jenis Pekerjaan	Harga
I	Pekerjaan Persiapan	244.939.710,58
II	Pekerjaan Tanggul	259.886.308.362,85
III	Pekerjaan Saluran Drainase Tepi Jalan U-Ditch 1x1 m	8.684.796.644,27
IV	Pekerjaan Saluran Drainase Tepi Tanggul U-Ditch 1,2x1,2 m	4.396.426.931,41
V	Pekerjaan Kolam Detensi	73.795.679.854,66
VI	Pekerjaan Rumah Pompa	11.788.260.963,65
VII	Pekerjaan Rumah Operator Pompa	248.472.328,11
	Jumlah	359.044.884.795,53
	Pajak (PPN 10%)	35.904.488.479,55
	Jumlah Akhir	394.949.373.275,08
	Pembulatan	394.949.374.000,00

KESIMPULAN

Perencanaan Sistem Polder di kawasan Tambak Lorok yang sering tergenang akibat banjir dan rob hasilnya sebagai berikut:

1. Perencanaan sistem polder merupakan upaya penanganan banjir dan rob yang paling cocok untuk daerah Tambak Lorok Kota Semarang.
2. Analisis hidrologi, hidrolika, dan hidrooceanografi dilakukan untuk mengetahui daerah yang terdampak bencana banjir dan rob dan menentukan dimensi saluran drainase, kolam detensi, tinggi tanggul, serta kapasitas pompa dalam sistem polder di Tambak Lorok.
3. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat digunakan sebagai dasar pembangunan sistem polder di Tambak Lorok.

SARAN

Studi lanjutan guna mempelajari sistem operasi dan pemeliharaan yang efisien dan berbasis masyarakat perlu dilakukan. Jadi, penelitian selanjutnya perlu disusun sistem pengelolaan polder yang berbasis masyarakat sehingga biaya pemeliharaan tidak terlalu membebani anggaran pemerintah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Dinas PSDA dan ESDM Kota Jawa Tengah, Stasiun Meteorologi Maritim Semarang, BBWS Pemali Juana, dan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Semarang atas dukungan dan bantuan data sekunder dalam perencanaan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ankum, P., 2002. *Design of Open-Channels and Hydraulic Structures*, Lecture Notes, College CT3410 "Waterbeheersing", T U Delft.
- CERC, 1984. *Shore Protection Manual Volume I*, US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- Istiarto, 2014. *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS*, <http://istiarto.staff.ugm.ac.id/docs/hidter/HEC-RAS%20Dasar%20Simple%20Geometry%20River%20Jul14.pdf>, 11 September 2016.
- Huda, M. C., 2013. *Pengaturan Perizinan Reklamasi Pantai Terhadap Perlindungan Lingkungan Hidup*, PERSPEKTIF Volume XVIII No. 2 Tahun 2013 Edisi Mei.
- Kodoatie, Robert J. dan Sugiyanto. 2002. *Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Nugroho, S.H., 2013, *Prediksi Luas Genangan Pasang Surut (Rob) Berdasarkan Analisis Data Spasial di Kota Semarang, Indonesia*, Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi Volume 4 No. 1 Hal 71-87 Tahun 2013 Edisi April.
- Pujiastuti, R., Suripin & Syafrudin, 2015. *Pengaruh Land Subsidence terhadap Genangan Banjir dan Rob di Semarang Timur*, Volume 21 No 1 Tahun 2015 Edisi Juli.
- Suripin. 2003. *Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Wahyudi, S. Imam. 2010. *Perbandingan Penanganan Banjir Rob di La Briere (Perancis), Rotterdam (Belanda), dan Perspektif di Semarang (Indonesia)*, Riptek Vol. 4, No. II, Hal 29-35, http://bappeda.semarangkota.go.id/v2/wp-content/uploads/2013/12/4.rob_imam-wahyudi.pdf, 11 September 2016.