

PERENCANAAN SISTEM POLDER WILAYAH SEMARANG TIMUR

Royana Kristian Yudi, Agung Mukti Nugroho, Suseno Darsono<sup>\*)</sup>, Dyah Ari Wulandari<sup>\*)</sup>

*Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH., Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia, 50239,  
Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060.*

**ABSTRAK**

Semarang Timur merupakan wilayah Kota Semarang bagian timur. Sub sistem drainase yang ada di wilayah ini adalah Sub Sistem Banjir Kanal Timur, Kedung Mundu, Sungai Tenggang, Sungai Sringin dan Sungai Babon. Permasalahan banjir dan rob sering terjadi di wilayah ini, terutama pada Sub Sistem Sungai Tenggang dan Sub Sistem Sungai Sringin, hal ini mengakibatkan kerugian ekonomi, sosial dan lingkungan. Wilayah ini mempunyai karakteristik topografi yang landai dan mengalami penurunan tanah yang tinggi pada setiap tahunnya sehingga pembuatan sistem polder pada daerah aliran sungai Tenggang dan Sringin dapat menjadi alternatif penanganan masalah yang tepat untuk wilayah tersebut.

Perencanaan sistem polder ini meliputi perencanaan kolam retensi, stasiun pompa, perbaikan sungai dan tanggul laut. Perhitungan debit banjir menggunakan pemodelan HEC-HMS 4.0. Perencanaan perbaikan sungai menggunakan model HEC-RAS 5.0.1. Tanggul laut direncanakan dengan mempertimbangkan pasang tertinggi, pembangkitan angin dan gelombang, kenaikan muka air laut dan penurunan tanah di lokasi tanggul. Kolam retensi memiliki luas 126 hektar dengan kedalaman kolam 3,4 meter dan debit banjir rencana 10 tahunan untuk kolam adalah 126,6 m<sup>3</sup>/s. Jumlah pompa 4 buah dengan kapasitas setiap pompa sebesar 15 m<sup>3</sup>/s. Debit untuk masing-masing sungai sebesar 82,3 m<sup>3</sup>/s untuk Sungai Tenggang dan 49,6 m<sup>3</sup>/s untuk Sungai Sringin. Tinggi tanggul pada elevasi +2,7 meter di atas permukaan laut dan dibangun dari Banjir Kanal Timur hingga Sungai Babon sepanjang 1,73 kilometer.

**Kata kunci:** banjir dan rob; Sistem Polder Semarang Timur; Sungai Tenggang; Sungai Sringin

**ABSTRACT**

*Semarang Timur is a area in eastern of Semarang City. Sub system drainage in this area are the East Flood Channel Sub System, Kedung Mundu, Tenggang River, Sringin River and Babon River. The flood and tidal flood problems often occurred in this area, especially on Sub System Tenggang River and Sringin River cause disadvantages of economic, social and enviroment. The characteristics of this area are a flat topography and high land subsidence on every year Thus making the polder system on Sub System Tenggang River and Sringin River could be an appropriate alternative for handling the problem.*

*Design of this polder system includes the design of retention pond, pump station, river improvement, and sea dike. The calculation of the designed flood discharge is using HEC-HMS 4.0. Deigned of river improvement uses HEC-RAS 5.0.1. Sea dike is designed calculating the high tidal, wave and wind set up, sea level rise and land subsidence in the dike location. Retention pond has an area of 126 hectares with a depth of 3,4 meters and designed flood discharge for 10 years return period of planned retention pond is 126.6 m<sup>3</sup>/s. The number of pumps are about 4 item which have 15 m<sup>3</sup>/s capacity for each pump. The dischrage of each river*

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung jawab

*is 82.3 m<sup>3</sup>/s for Tenggang River and 49.6 m<sup>3</sup>/s for Sringin River. The elevation of the sea dike is on +2.7 meters above sea level and built from East Flood Channel to Babon River which is length about 1.73 kilometers.*

**Keywords:** *Flood and Tidal Flood (Rob); East Semarang Polder System; Tenggang River; Sringin River*

## **PENDAHULUAN**

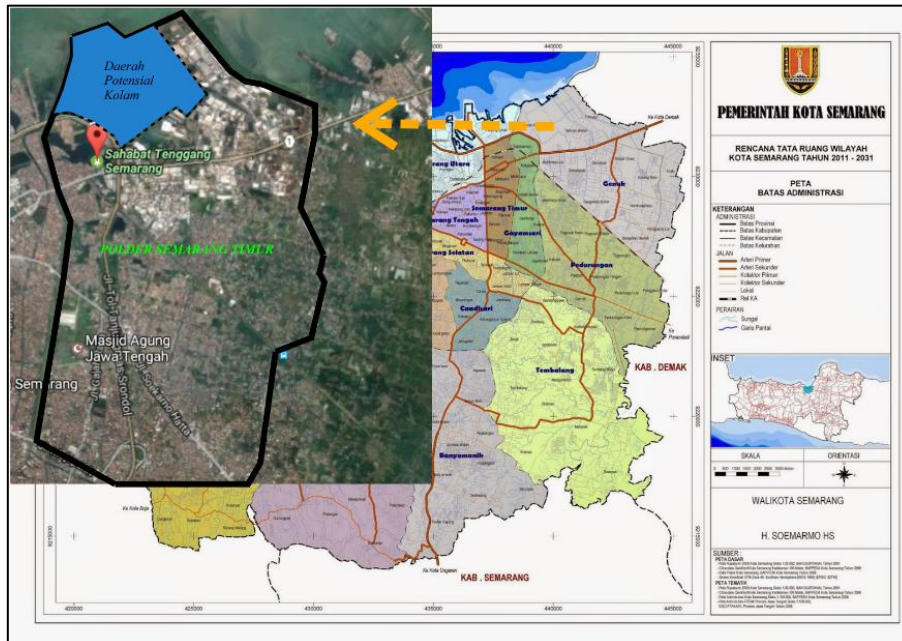
Kota Semarang merupakan salah satu kota besar yang terletak di daerah pesisir pantai utara Pulau Jawa. Kota ini memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.763.370 jiwa pada tahun 2016 dan menjadi kota besar nomor lima di Indonesia. Kota Semarang memiliki garis pantai sepanjang 13,6 km dan 62,5 % wilayahnya merupakan daerah pantai atau dataran rendah. Luas Kota Semarang tercatat sebesar 373,70 km<sup>2</sup> dan dibagi menjadi empat sistem besar drainase. Sistem drainase tersebut adalah Sistem Drainase Mangkang, Semarang Barat, Semarang Tengah, dan Semarang Timur (Pemerintah Kota Semarang, 2016). Khususnya pada wilayah Semarang Timur sering kali terjadi banjir yang berakibat pada tergenangnya wilayah-wilayah strategis di daerah tersebut seperti Jalan Semarang-Demak, Kawasan Industri Terboyo, Jalan Kaligawe, Muktiharjo dan Tlogosari baik akibat limpasan sungai atau rob. Sub sistem yang menjadi perhatian utama dan diperkirakan memiliki pengaruh besar pada banjir di daerah tersebut adalah Sub Sistem Sungai Tenggang dan Sringin (**Gambar 1**). Selain itu banjir pada daerah tersebut diperparah dengan kondisi tanah yang terus turun setiap tahunnya dan muka air laut juga naik akibat pemanasan global. Penurunan tanah pada daerah tersebut diperkirakan sebesar lebih dari 5 cm per tahun (Pujiastuti, et al., 2015). Banjir pada sub sistem tersebut telah berakibat buruk bagi perekonomian, sosial dan lingkungan sekitar. Kerugian tidak hanya dialami oleh masyarakat namun juga oleh pemerintah setempat dan pelaku industri di daerah tersebut.

Banjir merupakan salah satu kejadian alam yang sering dijumpai di sebagian wilayah Indonesia. Pada beberapa daerah, banjir dapat terjadi pada musim hujan atau musim kemarau. Secara alami banjir disebabkan oleh curah hujan, fisiografi sungai, erosi, sedimentasi, kapasitas sungai yang tidak memadai dan pengaruh air pasang. Sementara faktor manusia yang menjadi penyebabnya adalah perubahan kondisi daerah pengaliran sungai, kawasan kumuh, sampah, drainase lahan, bendung dan bangunan air, kerusakan bangunan pengendali banjir dan perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat (Kodoatie & Sugiyanto, 2002). Pada proses pengendalian banjir, terdapat dua hal yang bisa dilakukan yaitu dengan menggunakan metode struktur dan non struktur. Penanggulangan banjir dengan metode struktur adalah dengan membangun atau menciptakan bangunan pengendali banjir, sementara metode non struktur adalah dengan melakukan pengelolaan dan penataan daerah yang berpotensi banjir. Beberapa metode struktur diantaranya adalah dengan bendungan, kolam penampungan, tanggul penahan banjir, saluran *by pass*, normalisasi sungai dan sistem drainase khusus (Kodoatie & Sugiyanto, 2002).

Pada daerah perkotaan seperti Kota Semarang yang wilayahnya sebagian besar merupakan daerah dataran rendah atau pantai yang terpengaruh oleh banjir dan rob dengan kelandaian yang kecil, maka akan lebih tepat jika pengendalian banjir dilakukan dengan pembuatan sistem polder. Sistem polder adalah sistem penanganan drainase perkotaan dengan cara mengisolasi daerah yang dilayani dari pengaruh limpasan air hujan atau air laut serta limpasan dari prasarana lain, yang terdiri dari kolam penampung, sistem drainase dan pompa (Dirjen Cipta Karya, 2012). Sistem polder merupakan suatu sistem yang secara hidrologis memisahkan wilayahnya dari sekelilingnya baik secara alamiah maupun buatan yang dilengkapi dengan tanggul, sistem drainase internal, pompa dan atau waduk serta pintu air. Sistem polder merupakan sistem yang

---

membiarkan elevasi tanah asli, dan airnya diturunkan dengan pengontrolan menggunakan pompa dan tanggul atau manajemen lainnya (Suripin, 2004).



Gambar 1. Peta Lokasi Sistem Polder Semarang Timur

Berdasarkan kondisi yang ada tersebut maka pemilihan polder dapat diimplementasikan pada wilayah Semarang Timur. Oleh karena itu, pada artikel ini akan dipaparkan kajian mengenai perencanaan sistem polder di wilayah Semarang Timur sebagai salah satu bentuk pengendalian banjir di daerah tersebut. Pada sistem polder ini mencakup dua daerah aliran sungai yaitu Sungai Tenggang dan Sungai Sringin. Kajian yang akan dilakukan meliputi analisis kondisi eksisting Sungai Tenggang dan Sringin atau perbaikan keduanya, menyiapkan desain kolam retensi, stasiun pompa dan tanggul laut hingga perhitungan biaya yang diperlukan.

## MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan dari perencanaan Sistem Polder Semarang Timur adalah sebagai berikut :

- Mengetahui kondisi eksisting Sungai Tenggang dan Sungai Sringin.
- Menyiapkan desain Sungai Tenggang dan Sungai Sringin
- Menyiapkan desain kolam retensi dan jumlah pompa yang digunakan
- Menyiapkan desain tanggul laut

## METODOLOGI

Tahapan pada perencanaan Sistem Polder Semarang Timur adalah sebagai berikut:

- Melakukan survei dan investigasi  
Survei dan investigasi dilakukan pada lokasi perencanaan sistem polder ini sebagai langkah awal untuk mengetahui kondisi eksisting daerah aliran Sungai Tenggang dan Sringin sepanjang hulu hingga hilir.
- Melakukan studi pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh referensi yang dapat dijadikan acuan dalam melakukan perencanaan sistem polder ini. Pustaka yang digunakan dapat berupa referensi yang berisi teoritis perencanaan teknis komponen sistem polder dan juga peraturan pemerintah pusat, pedoman dan petunjuk teknis yang dikeluarkan oleh badan yang berkaitan dalam perencanaan ini.

c. Melakukan pengumpulan data

Data yang diperlukan pada perencanaan sistem polder ini adalah data stasiun hujan, curah hujan, data pasang surut, data angin, data tanah, data penurunan tanah, data tata guna lahan dan peta topografi.

d. Melakukan analisis data

Analisis data pada perencanaan ini terdiri dari analisis lokasi dan tata guna lahan, analisis hidrologi, analisis fluktuasi muka air laut dan analisis sungai eksisting. Analisis lokasi dilakukan untuk menentukan lokasi yang dapat digunakan untuk lokasi kolam retensi, tanggul dan stasiun pompa. Pada analisis ini dibutuhkan peta hasil pencitraan satelit agar dapat ditentukan dengan tepat lokasinya. Sementara analisis tata guna lahan dilakukan untuk memperoleh prosentase penggunaan lahan pada masing-masing daerah aliran sungai. Kemudian analisis hidrologi dilakukan untuk memperoleh debit banjir rencana menggunakan pemodelan HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System*) 4.0 dengan metode SCS (*Soil Conservation Service*) *Curve Number*. Debit banjir rencana yang digunakan pada perencanaan ini adalah 10 tahunan. Analisis fluktuasi muka air laut yang dilakukan terdiri dari dua bagian yaitu analisis pembangkitan gelombang dengan metode SMB (*Sverdrup-Munk-Bretschneider*) untuk memperoleh tinggi gelombang di lokasi perencanaan, kemudian analisis pasang surut dengan metode Admiralty untuk memperoleh pasang tertinggi. Tahapan analisis yang terakhir adalah menganalisis kondisi eksisting Sungai Tenggang dan Sringin dengan menggunakan pemodelan HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*) 5.0.1 untuk mengetahui kemampuan sungai dalam melewati debit banjir rencana.

e. Merencanakan konstruksi

Perencanaan konstruksi atau bangunan yang digunakan pada sistem polder ini diantaranya adalah perencanaan kolam retensi, stasiun pompa, tanggul laut dan perencanaan perbaikan sungai.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

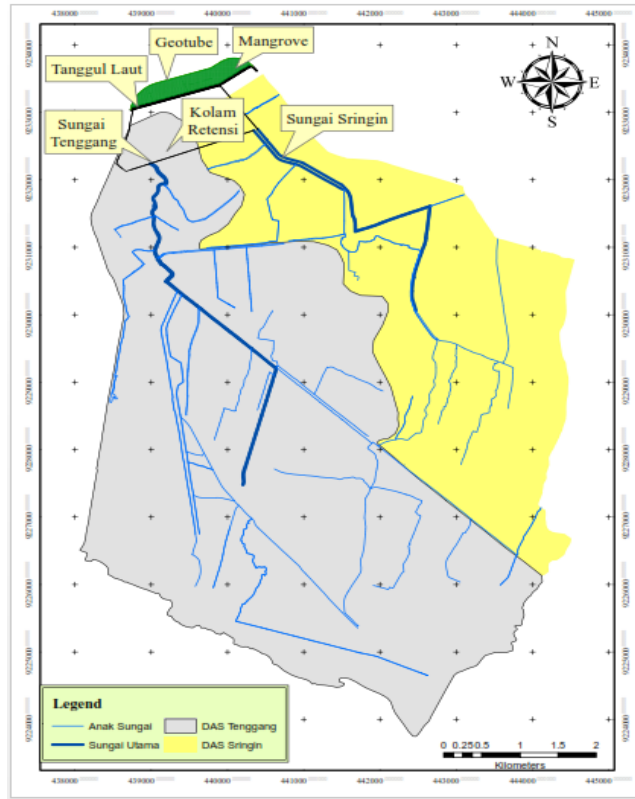
Analisis pertama yang dilakukan pada perencanaan ini adalah menganalisis wilayah yang akan dijadikan lokasi kolam retensi (**Gambar 2**). Daerah yang dijadikan sebagai lokasi kolam direncanakan berada di daerah hilir Sungai Tenggang dan Sungai Sringin yang telah tergenang oleh masuknya air laut. Berdasarkan pada peta topografi dan pencitraan satelit dapat diperkirakan luas lahan yang berpotensi menjadi kolam retensi memiliki luas  $\pm 300$  hektar. Pada perencanaan ini direncanakan luas kolam adalah 126 hektar.

Analisis berikutnya adalah analisis hidrologi untuk memperoleh debit banjir rencana. Untuk memperoleh debit banjir rencana terlebih dahulu data hujan yang ada diolah menjadi data hujan harian maksimum tahunan rata-rata dengan mempertimbangkan pengaruh dari berbagai stasiun hujan yang digunakan yaitu Stasiun Maritim, Wolo dan Brumbung. Perhitungan pengaruh masing-masing stasiun hujan menggunakan metode Poligon Thiessen. Kemudian dianalisis menjadi curah hujan rencana dengan menggunakan berbagai distribusi seperti Gumbel, Normal, Log Normal dan Log Pearson III. Berdasarkan analisis statistik dan uji sebaran data menggunakan metode Chi-kuadrat dan *Smirnov-Kolmogorov*, didapatkan curah hujan rencana 10 tahun untuk masing-masing sungai seperti pada **Tabel 1**.

---

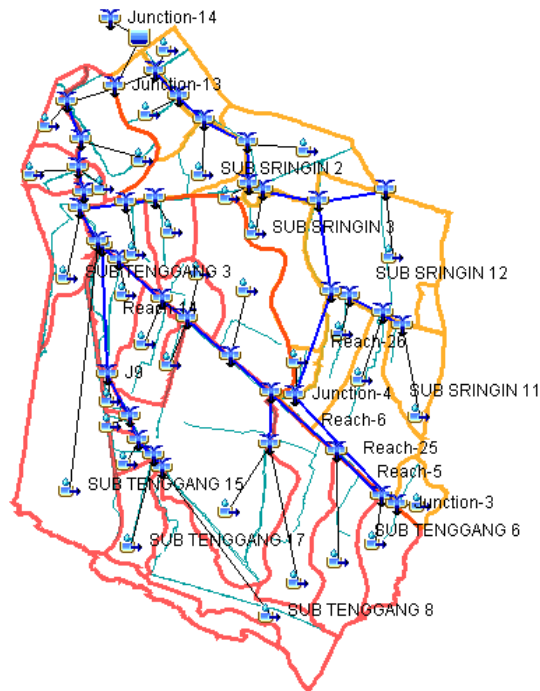
Tabel 1. Curah Hujan Rencana pada Masing-Masing Sungai

Sungai	T (Tahun)	Metode	Xt (mm)
Tenggang	10	Log Pearson III	116
Sringin	10	Log Pearson III	122



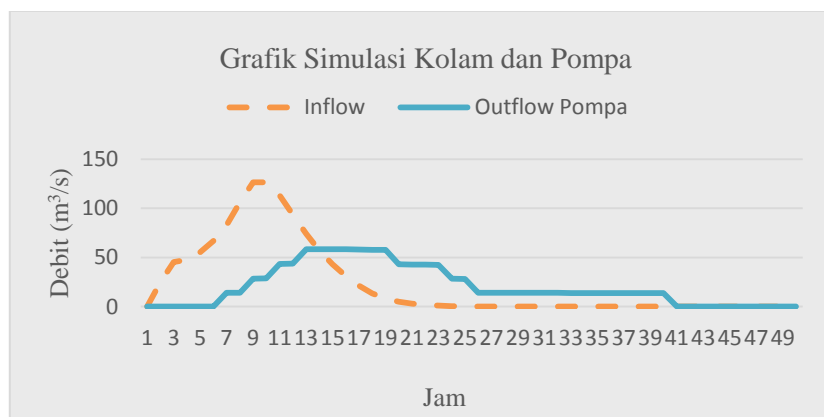
Gambar 2. Perencanaan Lokasi Sistem Polder Semarang Timur

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan pemodelan HEC-HMS 4.0. Metode yang digunakan adalah SCS (*Soil Conservation Service*) *Curve Number*, yang dipengaruhi oleh penggunaan lahan pada daerah aliran sungai yang ditinjau dengan diwakili oleh *curve number* tersebut. Pada pemodelan ini, daerah aliran Sungai Tenggang dan Sungai Sringin dibagi menjadi beberapa sub daerah aliran sungai (**Gambar 3**).



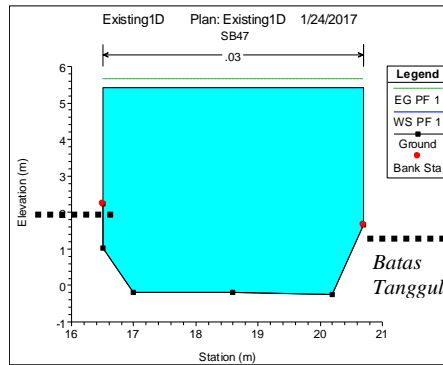
Gambar 3. Pemodelan Daerah Aliran Sungai Pada HEC-HMS

Hasil perhitungan debit banjir rencana dengan menggunakan HEC-HMS 4.0 diperoleh debit banjir pada Sungai Tenggang adalah  $82,3 \text{ m}^3/\text{s}$  dan Sungai Sringin adalah  $49,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pemodelan kolam retensi dan pompa juga dilakukan menggunakan HEC-HMS 4.0. Luas kolam sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya dimasukkan pada HEC-HMS sementara distribusi hujan yang digunakan masih sama seperti analisis pemodelan sungai. Pada pemodelan ini dilakukan metode *trial and error* terhadap jumlah pompa yang digunakan. Berdasarkan hasil percobaan tersebut maka diperoleh jumlah pompa sebanyak 4 buah dengan kapasitas maksimum pompa  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ . Grafik simulasi yang menunjukkan kerja pompa dapat dilihat pada **Gambar 4**.



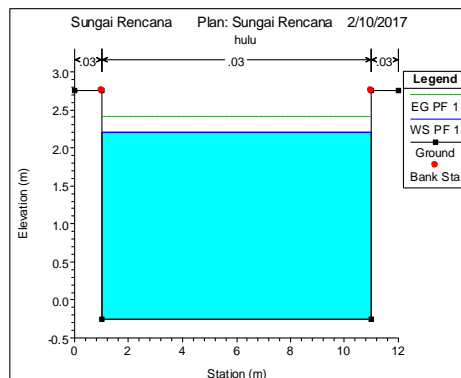
Gambar 4. Grafik Simulasi Kolam dan Pompa

Analisis kondisi eksisting menggunakan pemodelan HEC-RAS 1 dimensi tipe aliran tetap (*steady flow*) dengan debit rencana 10 tahun. Sungai yang dianalisis memiliki panjang 4.315 meter untuk Sungai Tenggang dan 3.826 meter untuk Sungai Sringin. Kedalaman eksisting untuk kedua sungai rata-rata adalah 2 meter. Hasil analisis kondisi eksisting Sungai Tenggang dan Sringin dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Hasil Analisis Kondisi Eksisting Sungai Sringin dengan HEC-RAS

Berdasarkan pada analisis kondisi sungai eksisting dapat disimpulkan bahwa sungai tidak dapat melewati debit banjir rencana 10 tahun karena muka air pada hasil analisis berada di atas batas tanggul kondisi eksisting. Hal ini menandakan bahwa kondisi air pada sungai melebihi kapasitas penampangannya. Oleh karena itu tindakan yang diambil untuk menanggulangi kondisi ini adalah dengan memperbesar dimensi sungai baik lebar maupun kedalamannya. Berdasarkan hasil analisis pendimensian sungai baru dengan lebar 10 hingga 25 meter dan kedalaman 3,5 meter untuk Sringin dan 2,5 meter untuk Tenggang (**Gambar 6**) menunjukkan bahwa desain sungai yang baru dapat melewati debit banjir rencana 10 tahun. Hal tersebut dibuktikan dengan air pada hasil simulasi tidak melebihi penampang sungai yang direncanakan.



Gambar 6. Hasil Analisis Penampang Sungai Sringin Baru dengan HEC-RAS

Dimensi kolam retensi direncanakan memiliki luas 126 hektar. Berdasarkan analisis pemodelan HEC-HMS 4.0 dengan jumlah 4 buah pompa berkapasitas 15 m<sup>3</sup>/s, tinggi air di kolam retensi dapat dipertahankan pada ketinggian 2,9 meter dari dasar kolam. Masing-masing pompa direncanakan memiliki waktu operasi seperti pada **Tabel 2**. Analisis ketinggian air kolam juga memperhatikan kemampuan saluran dalam mengalirkan air secara gravitasi dan tidak terpengaruh *backwater*. Tinggi keamanan untuk kolam retensi direncanakan setinggi 0,5 meter, sehingga kedalaman kolam jika diukur dari tanah asli adalah 3,4 meter.

**Tabel 2.** Data Operasi Pompa Pada Sistem Polder Semarang Timur

Nama Pompa	Intake Elevation	Line Elevation	On Elevation	Off Elevation
Pompa 1	0,75 m	6,76 m	1,5 m	1,2 m
Pompa 2	0,75 m	6,76 m	2,0 m	1,8 m
Pompa 3	0,75 m	6,76 m	2,5 m	2,0 m
Pompa 4	0,75 m	6,76 m	2,8 m	2,5 m
Pompa 5	0,75 m	6,76 m	Cadangan	Cadangan

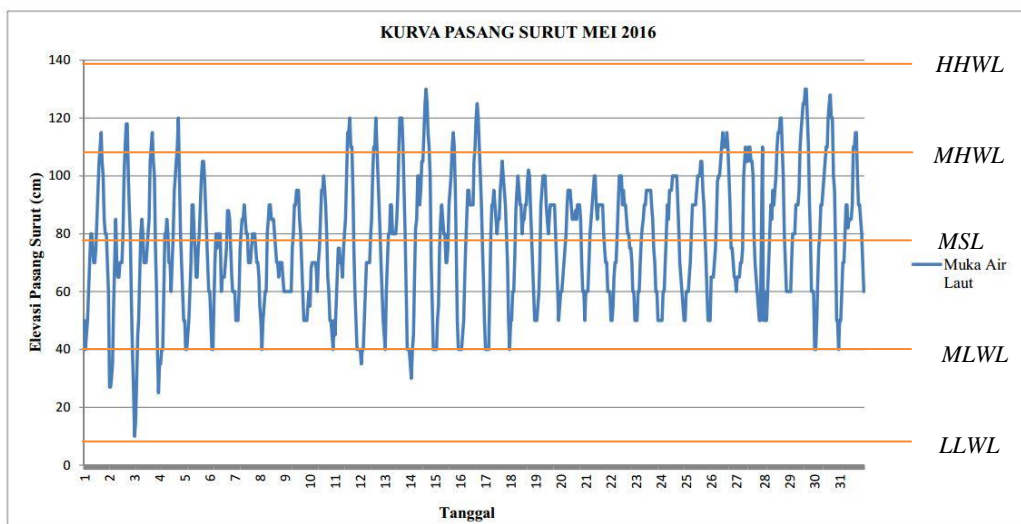
Analisis fluktuasi muka air laut dilakukan untuk memperoleh ketinggian tanggul laut yang menjadi pembatas antara polder dan laut. Analisis fluktuasi yang pertama adalah menganalisis pembangkitan gelombang. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode SMB atau *Sverdrup-Munk-Bretschneider* (CERC, 1984), diperoleh tinggi gelombang signifikan dari arah Utara sebesar 2,625 meter dan periode gelombang rencana (T) 8,668 detik. Selanjutnya dilakukan perhitungan gelombang pecah untuk menentukan tinggi gelombang di lokasi perencanaan. Berdasarkan pada peta bathimetri di lokasi perencanaan diperoleh kemiringan dasar pantai adalah 0,007 dan sudut yang terbentuk antara garis tegak lurus pantai dan sudut arah datangnya gelombang arah Utara adalah 22°.

Berdasarkan analisis gelombang pecah, diperoleh gelombang pecah (Hb) setinggi 0,827 meter dengan kedalaman 1,003 meter. Selanjutnya berdasarkan data tersebut dapat dihitung kenaikan muka air laut akibat gelombang (*wave set-up*). Tinggi kenaikan muka air laut akibat gelombang adalah:

$$Sw = 0,19 \cdot 1-2,82 \cdot \frac{Hb}{gT^2} \cdot Hb \quad (1)$$

$$Sw = 0,19 \cdot 1-2,82 \cdot \frac{0,827}{9,81 \times 8,668^2} \cdot 0,827 = 48,129 \text{ cm}$$

Analisis kenaikan muka air laut akibat hembusan angin pada lokasi pembuatan tanggul laut adalah 32,57 cm. Tinggi *sea level rise* berdasarkan grafik kenaikan muka air laut (Triatmodjo, 1999), diperoleh hasil sebesar 18 cm untuk umur bangunan 10 tahun. Analisis pasang surut dilakukan dengan menggunakan metode Admiralty. Berdasarkan hasil analisis dengan metode tersebut diperoleh HHWL pada lokasi tanggul sebesar 143,85 cm seperti pada **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Grafik Pasang Surut Pantai Utara Kota Semarang Bulan Mei 2016

Dikarenakan pada lokasi perencanaan tanggul mengalami penurunan tanah setiap tahun, maka pada perencanaan ini juga harus diperhatikan akibat dari penurunan tanah. Penurunan tanah yang diperhitungkan adalah 4 cm per tahun atau 40 cm dalam kurun waktu 10 tahun, sehingga tinggi tanggul yang direncanakan adalah sebagai berikut:

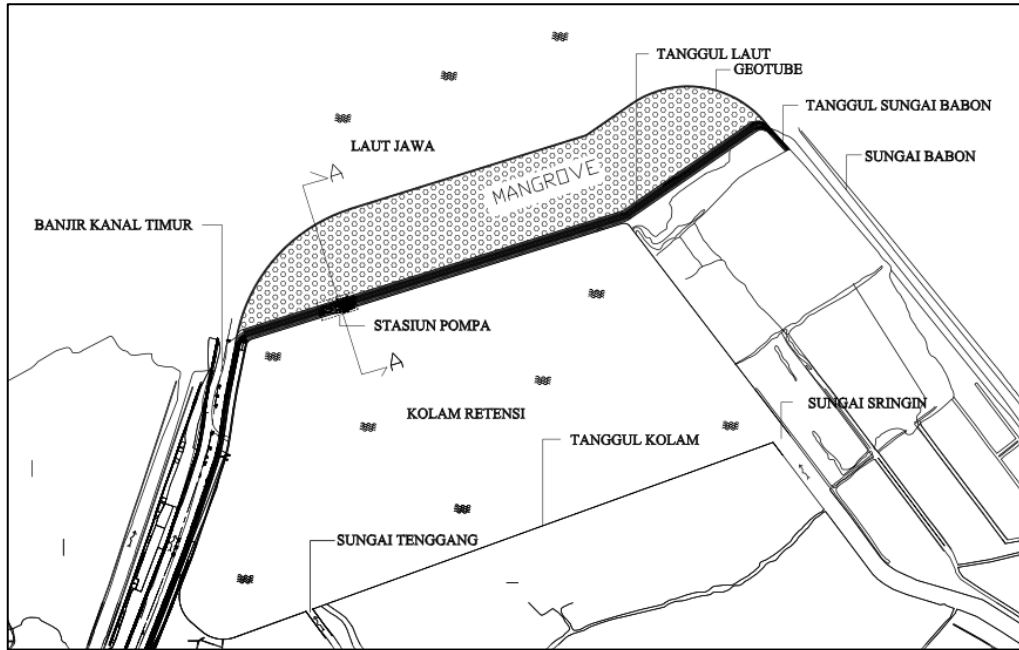


$$H_{\text{tanggul}} = \text{HHWL} - (\text{MSL}) + S_w + \Delta h + \text{SLR} + \text{Land Subs} + \text{Jagaan} \quad (2)$$

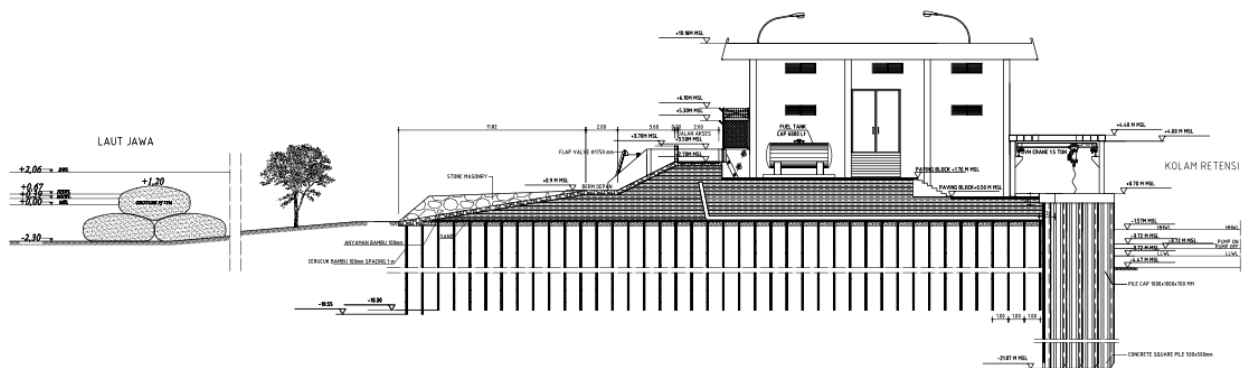
$$H_{\text{tanggul}} = 143,85 - (77,02) + 48,129 + 32,57 + 18 + 40 + 60 \text{ (cm)}$$

$$H_{\text{tanggul}} = 265,528 \text{ cm} \approx +270 \text{ cm di atas muka air laut}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh mercu tanggul berada pada elevasi +2,70 meter di atas MSL. Tanggul tersebut direncanakan membentang dari tanggul Banjir Kanal Timur hingga tanggul Sungai Babon. Pada sisi depan tanggul akan dibangun perlindungan buatan dari struktur *geotube* atau *geocontainer* (**Gambar 8** dan **Gambar 9**).



Gambar 8. Denah Kolam Retensi Sistem Polder Semarang Timur



Gambar 9. Potongan A-A Kolam Retensi Sistem Polder Semarang Timur

## **KESIMPULAN**

Berikut ini merupakan kesimpulan dari kajian yang dilakukan terhadap penanganan banjir di wilayah Semarang Timur dengan menggunakan sistem polder:

- a. Sistem polder ini mencakup dua daerah aliran sungai yaitu Sungai Tenggang dan Sringin. Berdasarkan hasil analisis kondisi eksisting sungai tidak dapat melewati debit banjir rencana 10 tahun, Oleh karena itu perlu adanya perencanaan dimensi sungai baru.
- b. Debit banjir rencana 10 tahun untuk masing-masing sungai adalah 82,3 m<sup>3</sup>/s untuk Sungai Tenggang dan 49,6 m<sup>3</sup>/s untuk Sungai Sringin. Debit banjir rencana 10 tahun yang masuk pada kolam retensi adalah 126,6 m<sup>3</sup>/s.
- c. Dimensi baru Sungai Tenggang memiliki panjang 4.315 meter, lebar sungai antara 10 sampai 20 meter dengan kedalaman 3,5 meter.
- d. Dimensi baru Sungai Sringin dengan panjang 3.826 meter, lebar sungai 10 sampai 25 meter dengan kedalaman 2,5 meter.
- e. Kolam retensi memiliki luas 126 hektar dengan kedalaman 3,4 meter (elevasi -4,47 MSL), ketinggian minimum air di kolam adalah 0,75 meter (elevasi -3,72 MSL), ketinggian maksimum air di kolam adalah 2,9 meter (elevasi -1,57 MSL).
- f. Pompa yang digunakan berjumlah 4 buah dengan tambahan 1 buah pompa cadangan. Kapasitas masing-masing pompa adalah 15 m<sup>3</sup>/s.
- g. Tanggul laut direncanakan membentang dari tanggul Banjir Kanal Timur hingga tanggul Sungai Babon dengan panjang 1.730,5 meter. Lebar mercu tanggul adalah 3 meter dengan jalan inspeksi 2,6 meter. Tinggi tanggul adalah 3,77 meter (elevasi +2,70 MSL).

## **SARAN**

Perlu dilakukan perencanaan dan penelitian yang lebih mendalam untuk setiap elemen polder yaitu untuk efektifitas kolam, tanggul laut dan perbaikan sungai. Selain itu perlu juga dilakukan kajian mendalam terhadap sistem yang digunakan untuk pengelolaan dan pengoperasian sistem polder tersebut.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih kepada Pusat Studi Bencana Universitas Diponegoro dan Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana yang telah memberikan bantuan berupa data-data yang diperlukan dalam perencanaan ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- BAPPEDA Kota Semarang, 2015. *Kota Semarang dalam Angka 2015*, BAPPEDA Kota Semarang, Semarang.
- CERC, 1984. *Shore Protection Manual*. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1977. *Pedoman Menghitung Design Flood*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dirjen Cipta Karya, 2012. *Buku Jilid 1D (Tata Cara Perencanaan Kolam Detensi, Kolam Retensi & Sistem Polder)*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dirjen Cipta Karya, 2012. *BUKU PANDUAN SISTEM DRAINASE MANDIRI BERBASIS MASYARAKAT YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN (Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi dan Polder dengan Saluran-Saluran Utama)*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
-

- Kodoatie, R. J. & Sugiyanto, 2002. *BANJIR (Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan)*. Pustaka Pelajar, Semarang.
- National Resources Conservation Services, 2007. *Part 630 Hydrology (National Engineering Handbook)*. s.l.:United States Department of Agriculture.
- Pemerintah Kota Semarang, 2016. *Rencana Kerja Pemerintah Daerah*, Pemerintah Kota Semarang, Semarang.
- Pujiastuti, R., Suripin & Syafrudin, 2015. Pengaruh Land Subsidence Terhadap Genangan Banjir dan Rob di Semarang Timur. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, pp. 1-12.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- 
-