# ANALISIS PENGARUH *BACK WATER* (AIR BALIK) TERHADAP BANJIR SUNGAI RANGKUI KOTA PANGKALPINANG

**Tia Anandhita**
Alumni Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung
Email: *rhobee04@yahoo.com*

**Roby Hambali**
Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung
Email: *rhobee04@yahoo.com*

**ABSTRAK**

*Beberapa permasalahan pokokyang menyebabkan terjadinya banjir di Sub DAS Rangkui sebagian besar disebabkan oleh penyempitan penampang sungai akibat sedimentasi, curah hujan yang cukup tinggi, serta pengaruh back water (air balik) yang terjadi pada saat pasang laut tinggi. Back water tersebut menyebabkan terbendungnya aliran dari hulu, sehingga elevasi muka air pada penampang sungai meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh back water (air balik) terhadap banjir Sungai Rangkui Kota Pangkalpinang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelusuran aliran melalui pemodelan aliran tak seragam (unsteasy flow) menggunakan perangkat lunak HEC-RAS.Beberapa data yang digunakan sebagai input ditetapkan berdasarkan analisis dan perhitungan. Boundary condition sebelah hulu digunakan debit rencana kala ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun, sedangkan boundary condition sebelah hilir adalah tinggi muka air pasang tertinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya debit rencana pada periode ulang 2 tahun ($Q_2$)=46.08 m³/d, periode 5 tahun ($Q_5$)=57.68 m³/d, periode 10 tahun ($Q_{10}$)=64.88 m³/d dan periode 25 tahun ($Q_{25}$)=72.79 m³/d. Tinggi muka air tertinggi dengan kenaikan muka air banjir (luapan) berkisar antara 0.15-1.4 m untuk kondisi tanpa pasang surut dan 0.60-1.90 m untuk kondisi dengan pengaruh pasang surut. Semakin tingginya pasang surut yang terjadi, maka backwater sangat berpengaruh terhadap kenaikan elevasi di muka air hulu maupun hilir yang menyebabkan kenaikan elevasi muka air pada periode waktu tertentu, hingga melebihi elevasi tanggul yang ada saat ini.*

**Kata kunci** : *banjir, penelusuran aliran, back water*

## PENDAHULUAN

Bencanan banjir merupakan salah satu bencana alam yang mempunyai dampak besar bagi kelangsungan hidup manusia. Beberapa permasalahan pokok yang menyebabkan terjadinya banjir di Subdas Rangkui sebagian besar disebabkan oleh adanya endapan atau sedimentasi akibat tambang inkonvensional (TI) yang masih beropersai di daerah hulu, curah hujan yang cukup tinggi serta pengaruh air balik (*back water*) yang terjadi pada saat pasang laut dalam kondisi tinggi. Efek dari pasang air laut ini mengakibatkan terhambatnya darinase air ke hilir (pembendungan) serta perambatan air banjir ke hulu sungai Rangkui.Kenaikan

muka air mengakibatkan saluran-saluran pembuangan yang ada tidak dapat membuang air buangan ke dalam aliran alur sungai tersebut. Penyempitan alur Sungai Rangkui menyebabkan berkurangnya kapasitas penampang sungai untuk mengalirkan debit banjir. Pada waktu banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi maka tinggi muka air banjir di penampang sungai menjadi besar karena terjadi aliran balik (*back water*). Untuk itu, perlu dilakukan upaya-upaya pengendalian banjir agar dampak negatif yang ditimbulkan dapat diminimalisir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *back water* (air balik) terhadap pengendalian banjir Sungai Rangkui Kota Pangkalpinang.

## TUJUAN PENELITIAN

1. Menghitung besar debit banjir rencana pada Sungai Rangkui.
2. Menganalisis tinggi muka air Sungai Rangkui yang diakibatkan banjir dan pasang surut air laut.
3. Menganalisis pengaruh *back water* (air balik) terhadap banjir di Sungai Rangkui.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Penelitian Terdahulu

Waskito (2010) melakukan penelitian tentang Evaluasi Pengendalian Banjir Sungai Cibeet di wilayah Kabupaten Bekasi. Pengendalian banjir Sungai Cibeet dilakukan untuk mereduksi dan menanggulangi limpasan yang terjadi akibat debit banjir rencana periode ulang 25 tahun ($Q_{25}$), melalui alternatif upaya struktural, antara lain pembuatan atau peninggian tanggul banjir dengan menggunakan *sheet pile* beton dikarenakan kondisi bantaran yang sudah sempit sehingga tidak dimungkinkan untuk pekerjaan penanggulangan menggunakan tanah.

Analisis yang berkaitan dengan evaluasi pengendalian banjir pada sungai juga pernah dilakukan oleh Widia K. dan Wijaya (2008) dengan judul Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Wulan dengan Menggunakan Program HEC-RAS 4.0 pada kondisi *Unsteady*. Hasil analisis kapasitas penampang Sungai Wulan dengan HEC-RAS 4.0, terdapat beberapa potongan yang mengalami banjir. Untuk $Q_{25}$= 1014.618 m³/detik, banjir terparah terjadi pada stasiun 1091. Untuk $Q_{50}$= 1127.357 m³/detik, banjir terparah terjadi pada stasiun 1178. Alternatif untuk meningkatkan kapasitas penampang sungai pada daerah yang mengalami banjir di sepanjang Sungai Wulan adalah membangun tanggul setinggi 2 m-3.25 m (sudah termasuk tinggi jagaan 0.8 m).

Wahyudi (2007) melakukan penelitian tentang tingkat pengaruh elevasi pasang laut terhadap banjir dan rob di kawasan Kaligawe Semarang. Penelitian dilakukan dengan membuat simulasi matematik pada saat kondisi hujan danpasang surut kawasan Kaligawe. Metode penelitian yang digunakan adalahinventarisasi data sekunder dengan melakukan studi literatur hingga melakukan pengikatan elevasi pasang surut di Pelabuhan Tanjung Mas dan di kali Tenggang dan penyusunan model matematik fluktuasi air. Model matematik

elevasi air dibuat pada kondisi hujan dan tidak hujan. Pada tidak kondisi hujan elevasi tanggul sepanjang jalan Kaligawe sekarang masih dapat menampung dan padakondisi hujan harian >80 mm dan laut pasang terjadi genangan di lingkungan Kaligawe.

## Debit Rencana

Debit puncak banjir dihitung menggunakan metode rasional. Metode rasional dibuat dengan mempertimbangkan bahwa banjir berasal dari hujan yang mempunyai intensitas curah hujan seragam dan berlangsung dalam waktu panjang pada daerah aliran sungai. Formulasi matematis metode Rasional ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$Q = \frac{1}{3{,}60} C.I.A \quad \text{.....} \quad (1)$$

dimana:

*Q* : debit banjir maksimum ($m^3$/detik)

*C* : koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan yang nilainya diberikan dalam Tabel 1.

*I* : intensitas hujan maksimum (mm/jam)

A : luas daerah aliran sungai ($km^2$)

Tabel 1. Koefisien aliran

| Tipe daerah aliran | C |
|---|---|
| Rerumputan | |
| Tanah pasir, datar, 2% | 0,05 – 0,10 |
| Tanah pasir, sedang, 2-7% | 0,10 – 0,15 |
| Tanah pasir, curam, 7% | 0,15 – 0,20 |
| Tanah gemuk, datar, 2% | 0,13 – 0,17 |
| Tanah gemuk, sedang, 2-7% | 0,18 – 0,22 |
| Tanah gemuk, curam, 7% | 0,25 – 0,35 |
| Perdagangan | |
| Daerah kota lama | 0,75 – 0,95 |
| Daerah pinggiran | 0,50 – 0,70 |
| Perumahan | |
| Daerah single family | 0,30 – 0,50 |
| Multi unit terpisah | 0,40 – 0,60 |
| Multi unit tertutup | 0,60 – 0,75 |
| Suburban | 0,25 – 0,40 |
| Daerah apartemen | 0,50 – 0,70 |
| Industri | |
| Daerah ringan | 0,50 – 0,80 |
| Daerah berat | 0,60 – 0,90 |
| Taman, kuburan | 0,10 – 0,25 |
| Tempat bermain | 0,20 – 0,35 |
| Halaman kereta api | 0,20 – 0,40 |
| Daerah tidak dikerjakan | 0,10 – 0,30 |
| Jalan | |
| Beraspal | 0,70 – 0,95 |
| Beton | 0,80 – 0,95 |
| Batu | 0,70 – 0,85 |
| Atap | 0,75 – 0,95 |

*Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008*

## Penelusuran Banjir

Berdasarkan Kamiana (2009), penelusuran aliran banjir adalah suatu cara atau teknik matematika yang digunakan untuk melacak aliran melalui sistem hidrologi dan didefinisikan juga sebagai prakiraan hidrograf di suatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain. Tujuan penelusuran banjir adalah untuk prakiraan banjir jangka pendek dan perhitungan hidrograf satuan untuk berbagai titik sepanjang sungai dari hidrograf satuan di suatu titik di sungai tersebut. Penelusuran aliran banjir juga ditafsirkan sebagai suatu prosedur untuk menentukan (memperkirakan) waktu dan besaran banjir di suatu titik sungai berdasarkan data yang diketahui di sungai sebelah hulu.

## Profil Muka Air

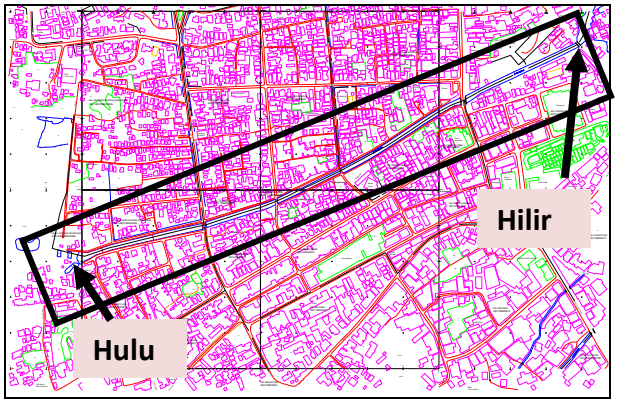
Chow (1984) menyatakan bahwa profil aliran menunjukkan lengkung permukaan (*surface curve*) aliran. Jika kedalaman aliran bertambah terhadap arah aliran (hilir) maka akan menggambarkan

lengkung air balik (*back water curve*) yang termasuk aliran tidak seragam berubah lambat laun. Namun, jika kedalaman air berkurang dalam arah aliran (hilir) maka akan menggambarkan lengkung surut muka air. Panjang *back water* dipengaruhi oleh kondisi fisik, diantranya saluran prismatik, distribusi kecepatan, geometri saluran, kekasaran saluran, kemiringan saluran, dan debitrencana. Penggolongan profil muka air untuk berbagai macam kemiringan dasar saluran dapat dilihat pada Gambar 2.

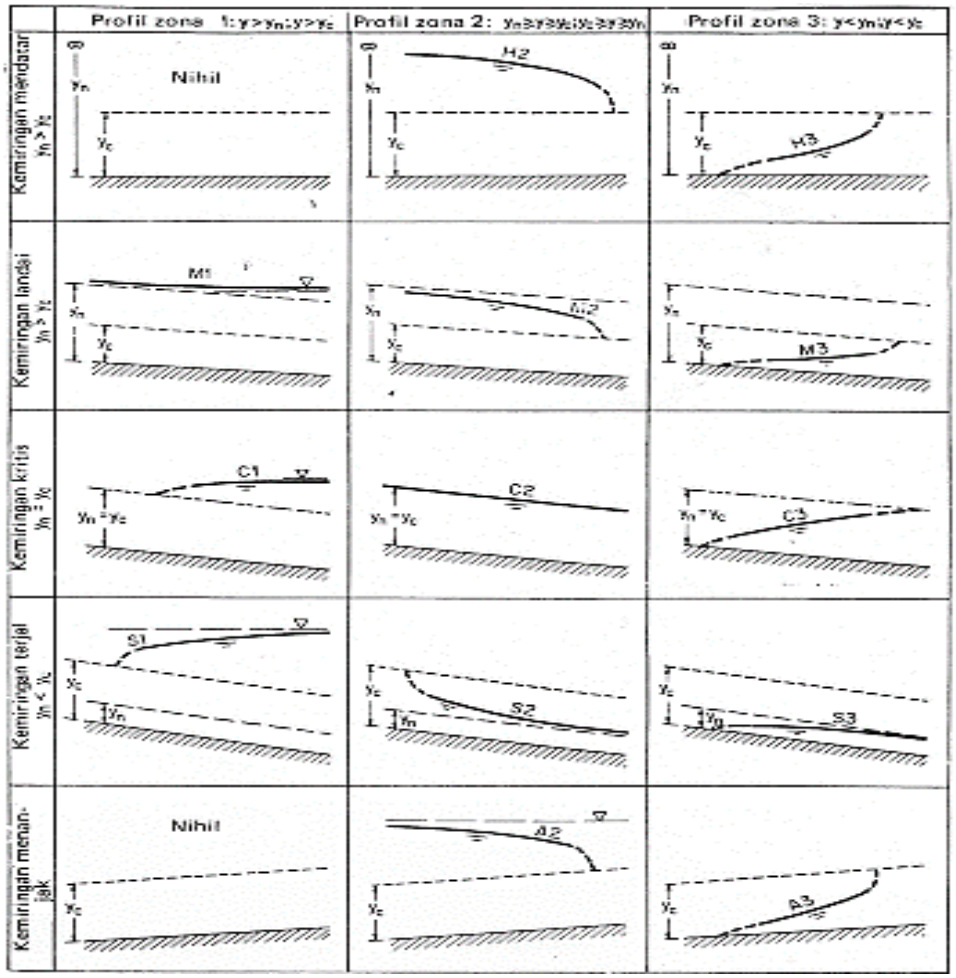
## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sungai Rangkui yang membelah Kota Pangkalpinang sepanjang, sebelah hulu dimulai dari pintu air Kacang Pedang dan diakhiri pada sebelah hilir daerah yang masih terpengaruh pasang surut, yaitu pintu air Jalan Trem. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



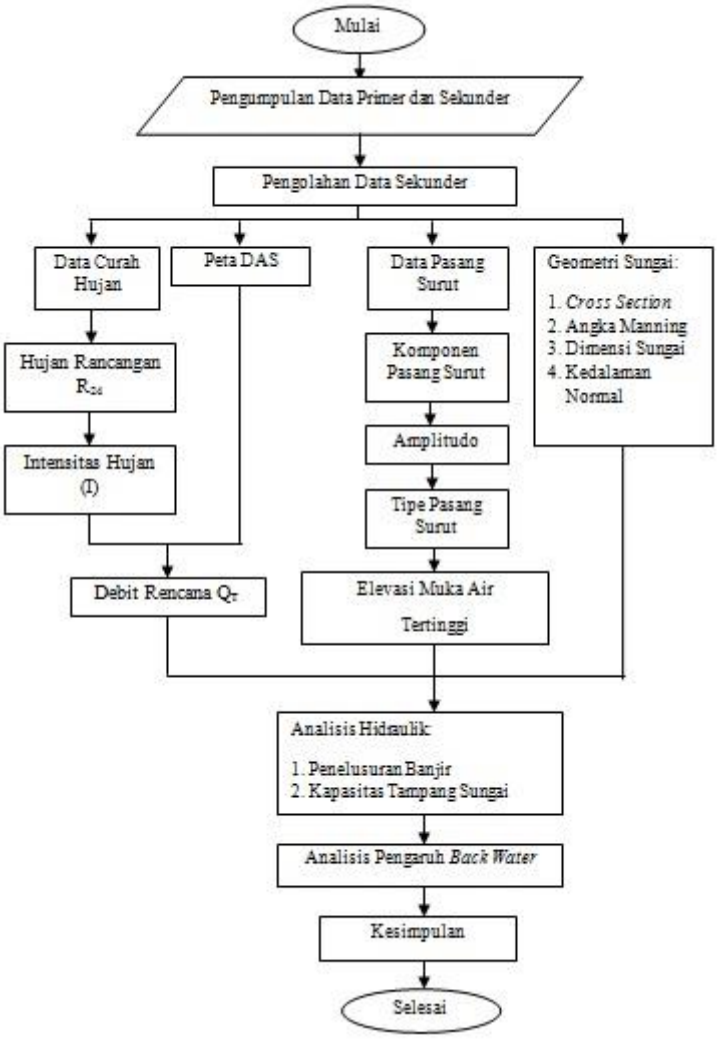

Gambar 1. Lokasi penelitian



*Sumber: Chow, 1984*

Gambar 2. Penggolongan profil muka air

## Tahapan Penelitian




Gambar 3. Bagan alir penelitian

### Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data luas *cacthment area* Sungai Rangkui, curah hujan harian maksimum yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan debit banjir rencana pada periode ulang 2,5,10 dan 25 tahun. Data pasang surut digunakan untuk menentukan tinggi muka air pasang surut. Geometri sungai didapat melalui pengukuran langsung di lapangan, dimana elevasi dasar sungai ditetapkan berdasarkan elevasi benchmark (BM) terdekat.

### Pengolahan Data

Dalam penelitian ini data yang diperoleh merupakan penunjang dalam analisis kapasitas tampang Sungai Rangkui dan untuk mengetahui pengaruh *back water* (air balik) terhadap banjir di Sungai Rangkui. Analisis hidrologi dalam penetapan besaran rancangan yang dilakukan adalah analisis frekuensi data hujan harian maksimum untuk mendapatkan hujan rancangan dengan periode ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun. Berdasarkan hujan rancangan, luas *cathment area* dan koefisien aliran *C*,

ditetapkan debit banjir rancangan dengan metode Rasional. Koefisien aliran ditentukan berdasarkan data *landuse CA* Sungai Rangkui tahun 2012.

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis hidrolik dengan melakukan analisis penelusuran aliran banjir (*flood routing*) melalui simulasi pemodelan hidrolik dengan menggunakan *software* HEC-RAS versi 4.1. panjang segmen Sungai Rangkui yang ditelusur adalah 1556 m, dengan tinjauan penampang melintang tiap-tiap 50 m. Penelusuran aliran menggunakan metode Muskingum. Persamaan pengatur yang dipergunakan adalah persamaan kontinuitas, persamaan tampungan (*storage*) sebagai fungsi linier dari *inflow* dan *outflow*. Persamaan dasar metode Muskingum ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$\frac{dS}{dt} = I - O \quad \text{.....} \quad (2)$$

dimana:

*S* : tampungan/*storage* ($m^3$)

*I* : *inflow* atau aliran masuk ke titik tinjauan ($m^3$/d).

*O* : *outflow* atau aliran masuk ke titik tinjauan ($m^3$/d).

*t* : waktu(jam).

Data *cross section* yang diperoleh dari pengukuran lapangan. Simulasi akandilakukan pada beberapa kondisi seperti di bawah ini:

1. Simulasi *unsteady* debit periode ulang 2, 5, 10 dan 25tahun ($Q_2$, $Q_5$, $Q_{10}$dan $Q_{25}$) tanpa pengaruh pasang surut.
2. Simulasi *unsteady* debit periode ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun ($Q_2$, $Q_5$, $Q_{10}$dan $Q_{25}$) dengan pengaruh pasang surut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Debit Banjir Rancangan

Setelah diketahui nilai intensitas hujan (*I*), luasan daerah (*A*), dan koefisien aliran (*C)*, maka debit rencana dapat dihitung dengan Persamaan (1). Hasil perhitungan debit banjir rancangan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Debit rencana

| *T* | *R24* (mm) | *Tc* (jam) | *I* (mm) | *C* | *A* (km²) | *Q* (m³/d) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 96.281 | 2.68 | 17.300 | 0.2269 | 42.26 | 46.08 |
| 5 | 120.522 | 2.68 | 21.656 | 0.2269 | 42.26 | 57.68 |
| 10 | 135.566 | 2.68 | 24.359 | 0.2269 | 42.26 | 64.88 |
| 25 | 152.081 | 2.68 | 27.326 | 0.2269 | 42.26 | 72.79 |

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2015*

### Tinggi Muka Air Pasang Surut

Untuk penentuan tinggi muka air akibat pasang surut digunakan prinsip penjumlahan dari masing-masing komponen pasang surut yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen pasang surut

| | *So* | *M2* | *S2* | *N2* | *K2* | *K1* | *O1* | *P1* | *M4* | *MS4* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *A* cm | 143 | 7 | 2 | 1 | 1 | 64 | 47 | 21 | 1 | 1 |
| *g* | | 126 | 238 | 344 | 238 | 131 | 32 | 131 | 263 | 349 |

*Sumber: Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bangka Belitung.*

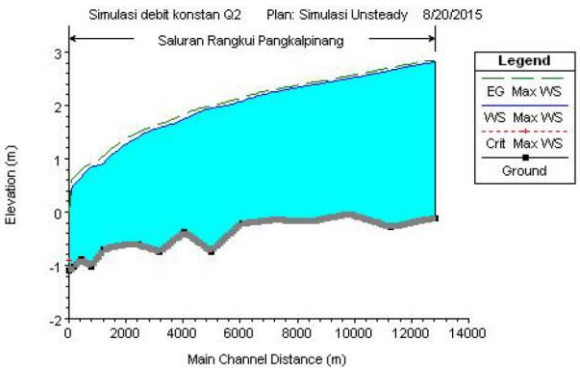
Berdasarkan hasil perhitungan bilangan formzhal sebesar 12.46, maka tipe pasang surut pada daerah penelitian ini adalah pasang surut harian tunggal, yaitu

dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. elevasi muka air tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 2,52 m.

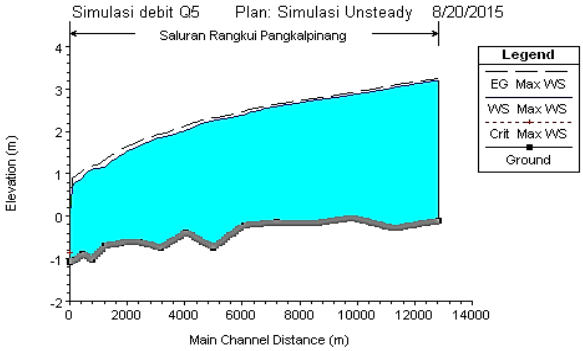
**Simulasi Penelusuran Aliran Menggunakan HEC-RAS 4.1.0**

Untuk melakukan evaluasi kapasitas penampang Sungai Rangkui, diggunakan program HEC-RAS 4.1.0. Program ini digunakan untuk melakukan analisis hidraulik, dalam studi kasus Sungai Rangkui ini digunakan pemodelan penampang muka air aliran tidak tetap (*unsteady flow*).

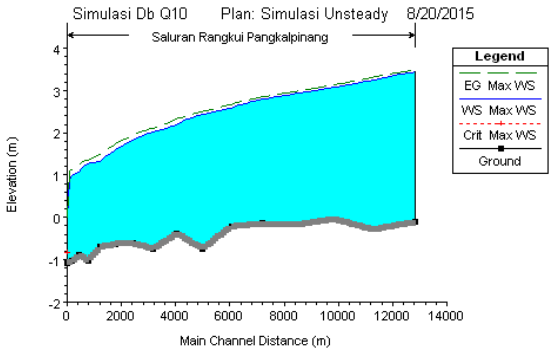
*Output* dari analisis kapasitas penampang Sungai Rangkui pada berbagai kondisi sungai dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas pengaliran maksimum pada masing-masing segmen sungai. Analisis ini dilakukan menggunakan debit rencana $Q_2$, $Q_5$, $Q_{10}$, dan $Q_{25}$. Gambar 4 sampai Gambar 7 adalah profil muka air Sungai Rangkui hasil simulasi berbagai kondisi debit banjir tanpa pengaruh pasang surut.



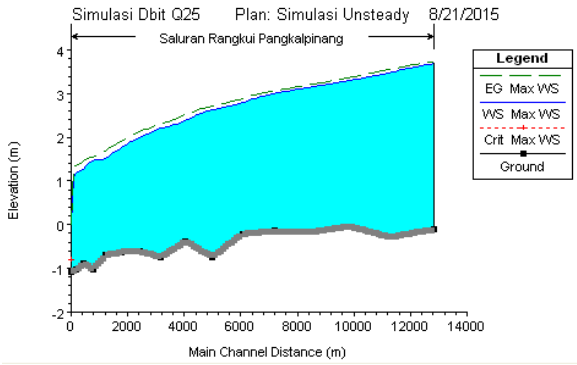

Gambar 4. Profil muka air pada kondisi debit $Q_2$ tanpa pengaruh pasang surut




Gambar 5. Profil muka air pada kondisi debit $Q_5$ tanpa pengaruh pasang surut




Gambar 6. Profil muka air pada kondisi debit $Q_{10}$ tanpa pengaruh pasang surut




Gambar 7. Profil muka pada kondisi debit $Q_{25}$ tanpa pengaruh pasang surut

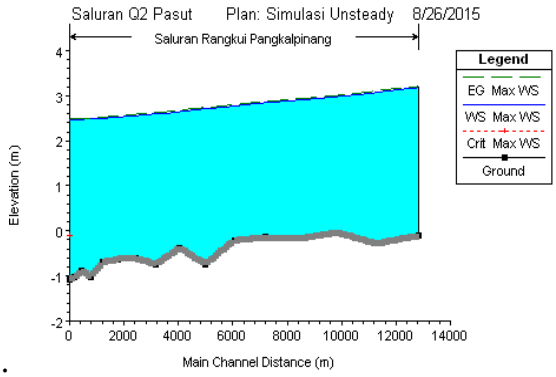
Pada Gambar 4 sampai Gambar 7 dapat dilihat bahwa tidak terjadi aliran balik yang menunjukkan profil muka air dalam keadaan subkritis, dimana kedalamannya lebih besar dari kedalaman

kritis/normal dan kecepatan rendah. Kenaikan elevasi muka air di Sungai Rangkui pada beberapa penampang (*station*) mengalami luapan. Pada kondisi $Q_2$, luapan terjadi mulai dari stasiun 0+756 m, sedangkan pada kondisi $Q_{25}$ luapan terjadi mulai dari stasiun 0+356. Elevasi muka air pada penampang sungai masing-masing kondisi tanpa pengaruh pasang surut disajikan pada Tabel 4.

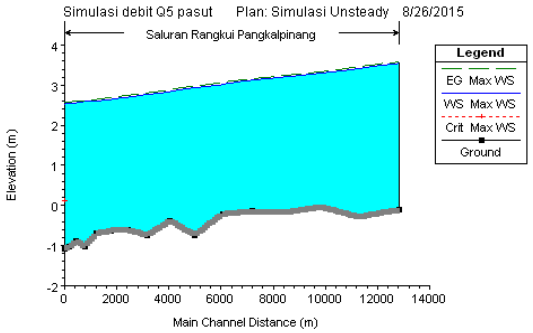
Tabel 4. Profil muka air sungai tanpa pasang-surut

| $Q_T$ | Elevasi hulu (m) | Elevasi hilir (m) | Mulai luapan banjir (sta) |
|---|---|---|---|
| $Q_2$ | 2.75 | 0.40 | 0+756 |
| $Q_5$ | 3.20 | 0.80 | 0+656 |
| $Q_{10}$ | 3.40 | 0.90 | 0+356 |
| $Q_{25}$ | 3.80 | 1.10 | 0+356 |

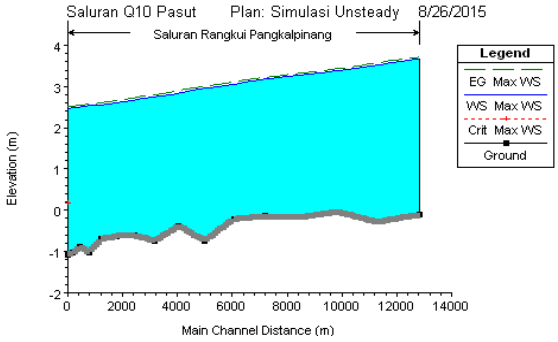
Gambar 8 sampai Gambar 11 adalah profil muka air Sungai Rangkui hasil simulasi berbagai kondisi debit banjir dengan pengaruh pasang surut. Elevasi muka air pada penampang sungai masing-masing kondisi dengan pengaruh pasang surut disajikan pada Tabel 5.



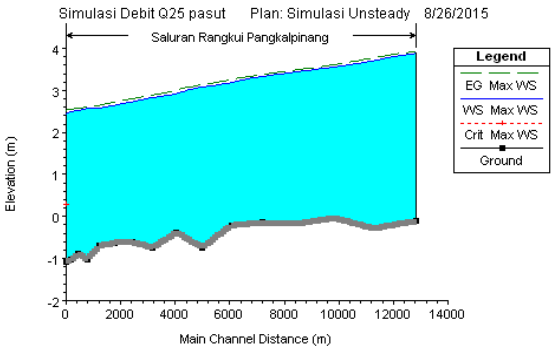

Gambar 8. Profil muka air pada kondisi debit $Q_2$ dengan pengaruh pasang surut




Gambar 9. Profil muka air pada kondisi debit $Q_5$ dengan pengaruh pasang surut




Gambar 10. Profil muka air pada kondisi debit $Q_{10}$ dengan pengaruh pasang surut



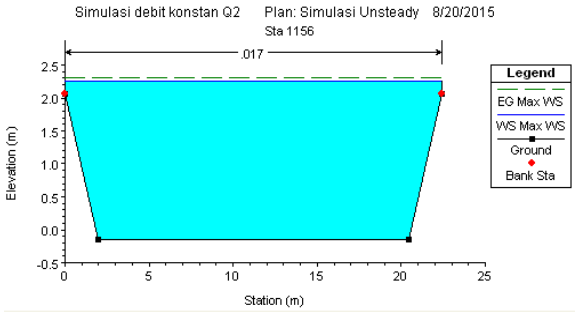

Gambar 11. Profil muka air pada kondisi debit $Q_{25}$ dengan pengaruh pasang surut

Tabel 5. Profil muka air sungai dengan pasang-surut

| $Q_T$ | Elevasi hulu (m) | Elevasi hilir (m) | Mulai luapan banjir (sta) |
|---|---|---|---|
| $Q_2$ | 3.20 | 2.45 | 0+000 |
| $Q_5$ | 3.58 | 2.58 | 0+000 |
| $Q_{10}$ | 3.63 | 2.42 | 0+000 |
| $Q_{25}$ | 3.82 | 2.41 | 0+000 |

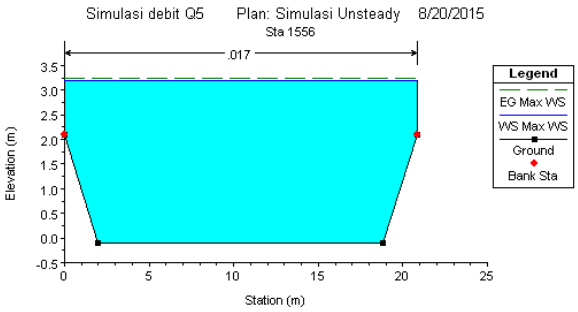
Profil muka air pada Gambar 8 sampai Gambar 11 menunjukkan lengkung air balik, dimana kedalaman air bertambah dalam aliran hilir yang menyebabkan terjadinya *backwater* yang panjangnya dipengaruhi oleh kondisi fisik diantaranya saluran prismatik, distribusi kecepatan, geometri saluran, kekasran saluran, kemiringan saluran dan debit rencana. Profil ini terjadi karena ujung hilir dari saluran panjang yang landai terendam yang kedalamannya lebih besar dari kedalaman normal aliran. Tabel 5 menunjukkan bahwa luapan banjir sudah terjadi mulai dari stasiun 0+000. Hal ini bearti dengan pengaruh pasang surut, seluruh penampang sungai sudah tidak mampu menampung debit rencana meskipun dengan kala ulang 2 tahunan.

Pada saat debit periode ulang 2 tahun ($Q_2$) tanpa pengaruh pasang surut, luapan banjir terjadi dari sta 0+756 hingga sta 1+556, elevasi muka air laut +1.65 m. Kenaikan muka air berkisar antara 0.15 m - 0.80 m.



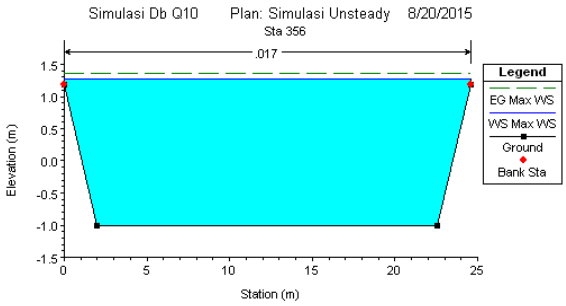

Gambar 12. *Cross section* sta 1+156 yang mengalami luapan pada $Q_2$

Pada saat debit periode ulang 5 tahun ($Q_5$) tanpa pengaruh pasang surut, luapan banjir terjadi dari sta 0+656 hingga sta 1+556, elevasi muka air laut +1.77 m. Kenaikan muka air berkisar antara 0.20 m – 1.3 m.



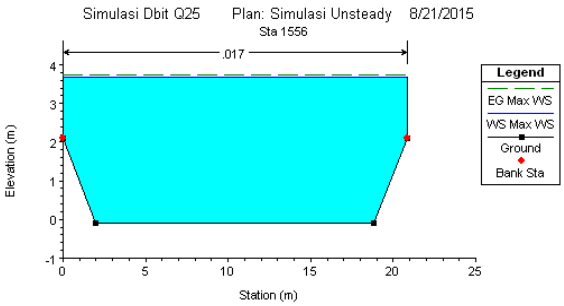

Gambar 13. *Cross section* sta 1+556 yang mengalami luapan pada $Q_5$

Pada saat debit periode ulang 10 tahun ($Q_{10}$) tanpa pengaruh pasang surut, luapan banjir terjadi dari sta 1+456 hingga sta 1+556, elevasi muka air laut +1.50 m. Kenaikan muka air berkisar antara 0.10 m – 1.4 m.



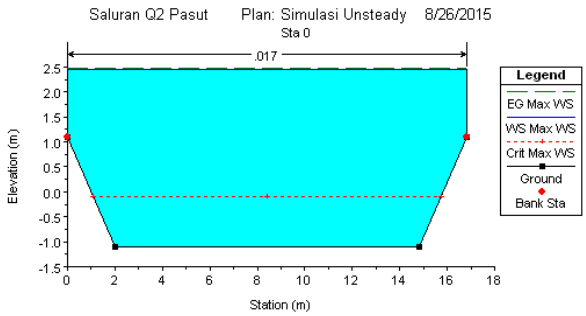

Gambar 14. *Cross section* sta 0+356 yang mengalami luapan pada $Q_{10}$

Pada saat debit periode ulang 25 tahun ($Q_{25}$) tanpa pengaruh pasang surut, luapan banjir terjadi dari sta 0+356 hingga sta 1+556, elevasi muka air laut +0.01 m. Kenaikan muka air berkisar antara 0.15 m – 1.7 m.



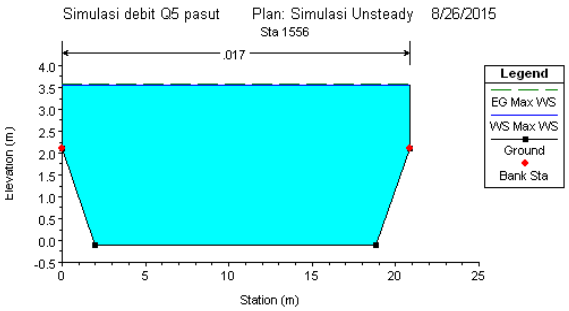

Gambar 15. *Cross section* sta 1+556 yang mengalami luapan pada $Q_{25}$

Pada saat debit periode ulang 2 tahun ($Q_2$) dengan pengaruh pasang surut, luapan banjir terjadi dari sta 0+0.00 hingga sta 1+556, elevasi muka air laut +2.48 m. Kenaikan muka air berkisar antara 0.60 m – 1.10 m.



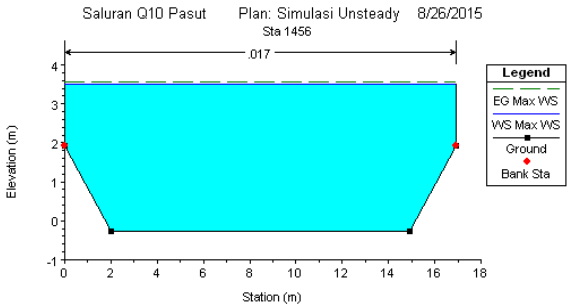

Gambar 16. *Cross section* sta 0+000 yang mengalami luapan pada $Q_2$

Pada saat debit periode ulang 5 tahun ($Q_5$) dengan pengaruh pasang surut, luapan banjir terjadi dari sta 0+000 hingga sta 1+556, elevasi muka air laut +1.74 m. Kenaikan muka air berkisar antara 1.00 m – 1.50 m.



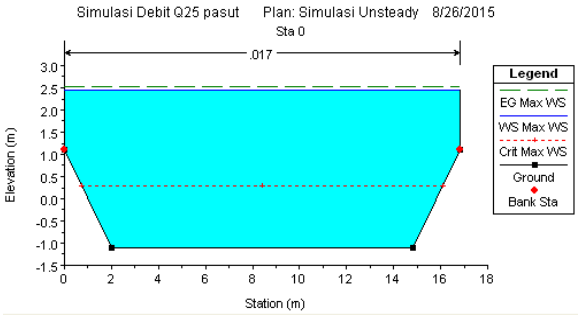

Gambar 17. *Cross section* sta 1+556 yang mengalami luapan pada $Q_5$

Pada saat debit periode ulang 10 tahun ($Q_{10}$) dengan pengaruh pasang surut, luapan banjir terjadi dari sta 1+0.00 hingga sta 1+556, elevasi muka air laut +2.51 m. Kenaikan muka air berkisar antara 0.90 m - 1.60 m.




Gambar 18. *Cross section* sta 1+ 456 yang mengalami luapan pada $Q_{10}$

Pada saat debit periode ulang 25 tahun ($Q_{25}$) dengan pengaruh pasang surut, luapan banjir sudah terjadi dari sta 0+0.00 hingga sta 1+556, elevasi muka air laut +2.53 m. Kenaikan muka air berkisar antara 1.20 m – 1.90 m.




Gambar 19. *Cross section* sta 0+0,00 yang mengalami luapan pada $Q_{25}$

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam kajian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Debit banjir rencana sungai Rangkui periode 2 tahun ($Q_2$) = 46.08 m³/d , periode 5 tahun ($Q_5$) = 57.68 m³/d, periode 10 tahun ($Q_{10}$) = 64.88 m³/d dan 25 tahun ($Q_{25}$) = 72.79 m³/d.
2. Tinggi muka air banjir (luapan) berkisar antara 0.15-1.4 m untuk

kondisi tanpa pasang surut dan 0.60-1.90 m untuk kondisi dengan pengaruh pasang surut.

3. Pengaruh *backwater* (air balik) sangat besar terhadap tinggi muka air banjir (luapan). Pada kondisi tanpa pasang surut, sebagian kapasitas tampang sungai terlampauai, sedangkan untuk kondisi dengan pengaruh pasang surut, seluruh kapasitas tampang sungai terlampauai.

## Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini maka beberapa hal yang dapat disarankan adalah sebagai berikut:

1. Perlu peninjauan dan pengkajian ulang secara lebih detail terhadap pengendalian banjir Sungai Rangkui untuk menanggulangi banjir yang terjadi akibat debit banjir rencana melalui upaya seperti pembuatan/ peninggian tanggul banjir, normalisasi alur, serta penggunaan pintu air atau bendung gerak.
2. Upaya dalam penanggulangan banjir juga bisa dilakukan dengan cara vegetasi seperti usaha penghijauan lahan (reboisasi) dan penegakan regulasi untuk menanggulangi masalah sedimentasi alur, akibat erosi lahan di sebelah hulu.
3. Dibutuhkan analisis lanjutan dalam bentuk simulasi penelusuran aliran dengan memperhitungkan adanya bangunan pengendali di sebelah hilir.

## DAFTAR PUSTAKA

Kamiana, I.M., 2011, *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Chow, V.T., 1959, *Open Channel Hydraulics*, Kogakusha Company, Tokyo.

Triatmodjo, B., 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.

Wahyudi, S.I., 2007, *Tingkat Pengaruh Elevasi Pasang Laut Terhadap Banjir dan Rob Di Kawasan Kaligawe Semarang*, (Online), (http://bappeda.semarangkota.go.id/uploaded/publikasi/Tingkat_Pengaruh_Elevasi_Pasang_Laut_Terhadap_Banjir_dan_Rob_Di_Kawasan_Kaligawe_Semarang_-_WAHYUDI_-_WAHYUDI.pdf, diakses tanggal 14 Mei 2014).

Waskito, T.N., 2010, *Evaluasi pengendalian Banjir Sungai Cibeet Kabupaten Bekasi*, Tesis Magister, Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung, (Online), (http://www.ttsl.ac.id diakses tanggal 12 Mei 2014).

Widya Harris., Wijaya, V.K.N., 2008, *Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Wulan dengan Menggunakan Program HEC-RAS 4.0 pada Kondisi Unsteady*, Tugas Akhir Sarjana, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang, (Online), (http://www.academia.edu, diakses tanggal 2 juni 2014).