

UNJUK KERJA ALTERNATIF PENGENDALIAN BANJIR BATANG ANAI DAN BATANG KANDIS SUMATERA BARAT

Corri Eriza¹, Istiarto², Joko Sujono²

¹Bina marga Wilayah 1 Dinas PU Kimpraswil Kabupaten Pesisir Selatan

²Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik UGM – Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta

ABSTRACT

Flood occurs almost every year due to the floatation of Batang Anai and Batang Kandis. In 2001, the local authority made a plan to control the flood in both rivers, which was implemented in Anai-Kandis River Improvement with the alternatives of controlling flood by handling the river courses, such as improving and widening the river channel, and decreasing the peak of discharges by making dams or retarding basin.

Performance of flood control structures are made of three alternatives based on the information gathered. First alternatives suggest for repairing the river course and widening the river channel (with levee) in both rivers and floodway in Batang Kandis. Second alternative is similar with the first alternative except negation the levee in Batang Anai and replenishment of floodgate in Batang Kandis. Third alternative for Batang Anai is identical to the second alternative and also widening the river channel throughout Batang Kandis. The analysis includes the analysis of sufficiency of channel to drain the design discharge and sediment transport analysis for the alternative with the best performance, which both could be doing with auxiliaries of Software HEC-RAS version 4.0 betas.

As the result, controlling river by repairing the river course and widening the river channel throughout Batang Anai and Batang Kandis (3rd alternative) gives the best performance comparing to the others alternatives, due to the fact that it could be able to canalize the design discharge of Q_{50} (1417 m³/s) in Batang Anai and Q_{25} (293 m³/s) in Batang Kandis. The simulation of transport sediment in Batang Anai with the 3rd alternatives implementation shows the biggest trend of erosion and deposition in a row, located next to National bridge downstream (RS 108) and precisely in downstream of RS 108 i.e., RS 107.

Key words : Flood control stuctures, Sufficiency of channel, Erosion and deposition

PENDAHULUAN

Hujan sepertinya tidak mengenal musim di Kota Padang dan Sumatera Barat dan hampir setiap tahun terjadi bencana alam banjir. Salah satu kunci untuk menanggulangi bencana banjir ini adalah menormalisasi tiga sungai yang muaranya satu, yaitu Batang Kandis, Batang Kasang, dan Batang Anai. Satu sungai terakhir berada di kawasan Kabupaten Padang Pariaman, namun dampaknya ke warga Kota Padang (lihat Gambar 1).

Pada tahun 2001 mulai dirintis perencanaan pengendalian banjir Batang Anai dan Batang Kandis yang tertuang dalam *Anai-Kandis River Improvement* (Anonim, 2001).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji kembali berbagai alternatif pada perencanaan pengendalian banjir Batang Anai dan Batang Kandis sehingga menghasilkan suatu alternatif yang memberikan unjuk kerja terbaik sebagai upaya mitigasi fisik untuk mengurangi kerugian akibat banjir. Kajian mencakup: a) analisis kecukupan alur dan tampang sungai dalam mengalirkan debit rancangan, dan b) analisis potensi erosi dan sedimentasi pada alternatif pengendalian yang memperlihatkan unjuk kerja terbaik pada analisis pertama. Kedua analisis tersebut dilakukan dengan memakai alat bantu *software* HEC-RAS versi 4.0 Beta.



Gambar 1 Lokasi penelitian di Batang Anai dan Batang Kandise

PENGENDALIAN BANJIR BATANG ANAI DAN BATANG KANDIS

Alternatif pengendalian banjir Batang Anai dan Batang Kandise yang ditawarkan dalam laporan perencanaan *Anai-Kandise River Improvement* (Anonim, 2001) adalah alternatif struktur berupa perbaikan terhadap alur dan tampang maupun penanganan yang bertujuan untuk mereduksi Q puncak dari hulu seperti pembuatan dam atau *retarding basin*. Beberapa alternatif diikutsertakan dalam unjuk kerja pengendalian banjir pada penelitian ini. Alternatif tersebut merupakan alternatif yang memiliki fokus pengendalian banjir secara struktur melalui perbaikan alur dan pelebaran tampang. Sedangkan alternatif pengendalian banjir dengan aplikasi pembangunan dam atau *retarding basin* di hulu tidak ikut disimulasikan karena alasan keterbatasan data pendukung, lagipula tingkat keberhasilan alternatif yang memfokuskan penanganan pada alur sungai cukup tinggi.

Sehingga upaya lebih lanjut untuk mereduksi debit puncak seperti pembangunan dam atau *retarding basin* tidak lagi dibutuhkan. Alternatif yang dimaksud disajikan dalam Tabel 1.

Alternatif Kd.1 bukanlah alternatif yang ditawarkan pada perencanaan *Anai-Kandise River Improvement*, namun merupakan modifikasi dari Kd.2 untuk melihat perbedaan antara adanya pintu air dengan tanpa pintu air. Kombinasi alternatif pengendalian banjir kedua sungai tersebut menghasilkan 3 desain alternatif pengendalian banjir, yaitu Alternatif 1 yang memadukan penanganan An.1 dan Kd.1, Alternatif 2 yang merupakan perpaduan An.2 dan Kd.2 dan Alternatif 3 yang merupakan kombinasi An.2 dan Kd.3.

PELAKSANAAN PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian secara garis besar meliputi dua hal utama sebagai berikut ini.

1. Simulasi Unjuk Kerja Alternatif Pengendalian Terhadap Kecukupan Alur

a) Pengumpulan dan pengolahan data.

Sumber data berasal dari laporan perencanaan *Anai-Kandise River Improvement* (Anonim, 2001), penelitian Eka Damayanti (2007) "Pengendalian Banjir Batang Kandise Kota Padang" dan Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Sumatera Barat (2007). Penelitian dilakukan di daerah yang selama ini menjadi langganan banjir akibat meluapnya Batang Anai dan Batang Kandise, yaitu dari muara ke pertemuan kedua sungai hingga 11.88 Km ke hulu Batang Anai dan 8.6 Km ke hulu Batang Kandise.

Tabel 1 Alternatif pengendalian banjir pada alur sungai

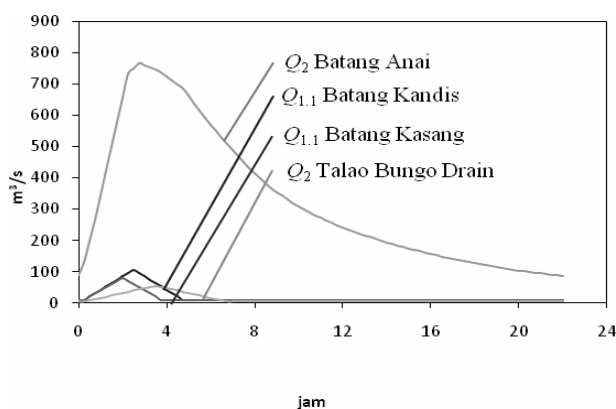
Alternatif Pengendalian Banjir				
Batang Anai		Batang Kandise		
An.1	An.2	Kd.1	Kd.2	Kd.3
Perbaikan alur dan pelebaran tampang sungai beserta tanggul di sepanjang alur.	Perbaikan alur dan pelebaran tampang sungai di sepanjang alur.	Perbaikan alur, pelebaran tampang sungai beserta tanggul (mulai dari pertemuan dengan Batang Kasang hingga ke hulu), dan <i>floodway</i> .	Perbaikan alur, pelebaran tampang sungai beserta tanggul (mulai dari pertemuan dengan Batang Kasang hingga ke hulu), <i>floodway</i> , dan pintu air di lokasi + 3 Km dari pertemuan dengan Batang Anai.	Perbaikan alur dan pelebaran tampang sungai (mulai dari pertemuan dengan Batang Anai hingga ke hulu) beserta tanggul.

b) Simulasi Kecukupan Alur

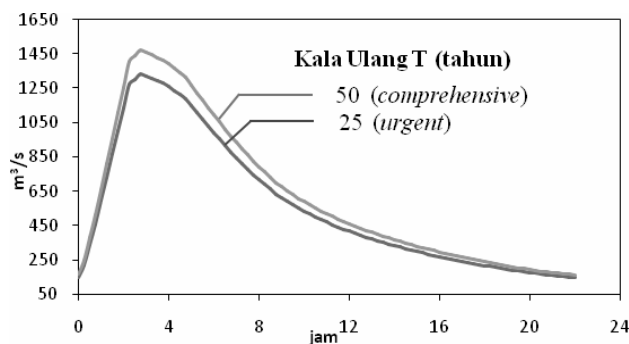
Simulasi untuk mengetahui kondisi hidraulik kedua sungai terdiri dari simulasi awal aliran untuk kondisi sungai dengan keadaan aslinya dan simulasi alternatif pengendalian banjir yang telah ditetapkan sebelumnya (3 alternatif).

Simulasi awal aliran bertujuan untuk mengetahui kapasitas tampang sungai dalam mengalirkan debit rancangan. *Input* aliran yang digunakan untuk simulasi ini dipilih berdasarkan perkiraan *average bank full capacity* sungai utama, yaitu *flow hydrograph* Q_2 untuk Batang Anai dan Talao Bungo Drain dengan debit puncak 766 m^3/s dan 55 m^3/s serta $Q_{1.1}$ dengan debit puncak 106 m^3/s dan 80 m^3/s untuk Batang Kandis dan Batang Kasang (Gambar 2).

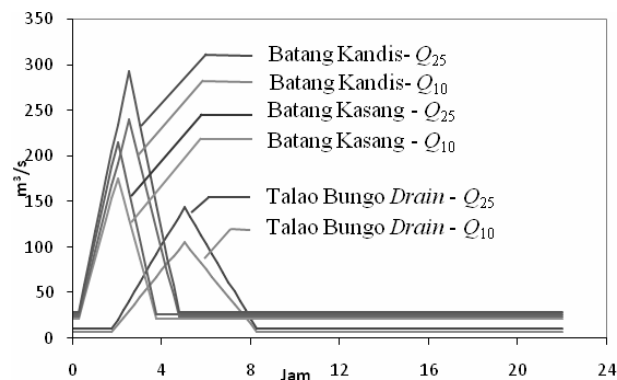
Comprehensive design menggunakan debit Q_{25} untuk Batang Kandis, Talao Bungo Drain dan Batang Kasang, serta Q_{50} untuk Batang Anai. Profil hidrograf yang menjadi *input comprehensive design* dalam simulasi alternatif pengendalian banjir disajikan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 2 Profil hidrograf syarat batas hulu pada simulasi awal aliran.



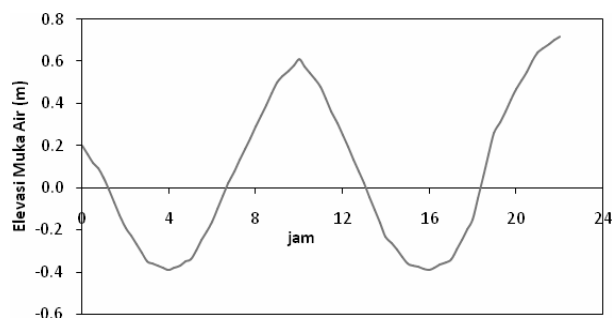
Gambar 3 Profil hidrograf syarat batas hulu Batang Anai pada simulasi alternatif pengendalian banjir.



Gambar 4 Profil hidrograf Batang Kandis dan *lateral inflow* Batang Kasang dan Talao Bungo Drain pada simulasi unjuk kerja alternatif pengendalian banjir.

Simulasi untuk melihat unjuk kerja alternatif pengendalian banjir yang telah ditetapkan sebelumnya dilakukan dengan masukan *input* aliran *urgent* dan *comprehensive design*. *Urgent design* mensyaratkan Q_{25} untuk Batang Anai (lihat Gambar 3) dan Q_{10} untuk Batang Kandis, Talao Bungo Drain dan Batang Kasang (lihat Gambar 4).

Masukan untuk kondisi batas hilir pada simulasi ini menggunakan hasil perhitungan pasang surut dengan persamaan sinusoidal di muara Batang Anai, durasi profil pasang surut diambil 22 jam untuk menyamakan dengan durasi input kondisi batas lainnya. Profil pasang surut tersebut disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Profil pasang surut sebagai syarat batas hilir simulasi di muara Batang Anai.

2. Analisis Transpor Sedimen

c) Pengumpulan dan pengolahan data.

Data untuk keperluan simulasi ini diperoleh dari laporan perencanaan Anai-Kandis *River Improvement* (Anonim, 2001). Namun, akibat keterbatasan data yang tersedia maka simulasi transpor sedimen hanya dilakukan pada alur utama

Batang Anai. Data yang dimaksud adalah sebagai berikut ini.

1. Gradasi butiran material dasar yang tersebar di 6 lokasi Batang Anai.
2. *Rating curve* pada lokasi paling hulu pemodelan.
3. Kedalaman tanah lunak, yang diperoleh dari hasil uji SPT di lokasi *boring* yang memiliki nilai $N < 15$.
4. Data aliran *quasi-unsteady*, terdiri dari a) syarat batas hulu yang merupakan hasil pengolahan data aliran debit kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun, b) syarat batas hilir berupa *stage hydrograph* di muara Batang Anai, dan c) suhu aliran yang diasumsikan berada pada kisaran 30°C atau 62°F.

d) Simulasi Transpor Sedimen

Data yang sudah diolah langsung dimasukkan pada *sediment boundary conditions* di menu utama HEC-RAS. Pemilihan persamaan transpor sedimen dicermati dengan baik, agar parameter yang digunakan dalam persamaan tersebut sesuai dengan data sedimen yang dimiliki, baik sedimen di dasar sungai maupun suplai sedimen dari hulu. Persamaan Laursen (Copeland) digunakan sebagai *transport function* karena material dasar saluran dan material sedimen dari hulu didominasi dengan material *sand* dan *gravel*. Persamaan ini terbukti handal untuk menganalisis transpor sedimen pada saluran/sungai dengan material *sand* dan bahkan *gravel*. *Sorting method* dipilih metode Exner 5, dan *fall velocity method* dipilih metode Ruby. Pemilihan didasarkan pada kemiripan parameter sedimen yang digunakan dalam metode tersebut.

HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Simulasi Aliran

Simulasi kecukupan alur dianalisis berdasarkan kemampuannya dalam mengalirkan debit rancangan yang difokuskan pada kejadian atau tidak terjadi limpasan di sepanjang alur yang dimodelkan. Pembahasan hasil masing-masing simulasi pemodelan adalah sebagai berikut.

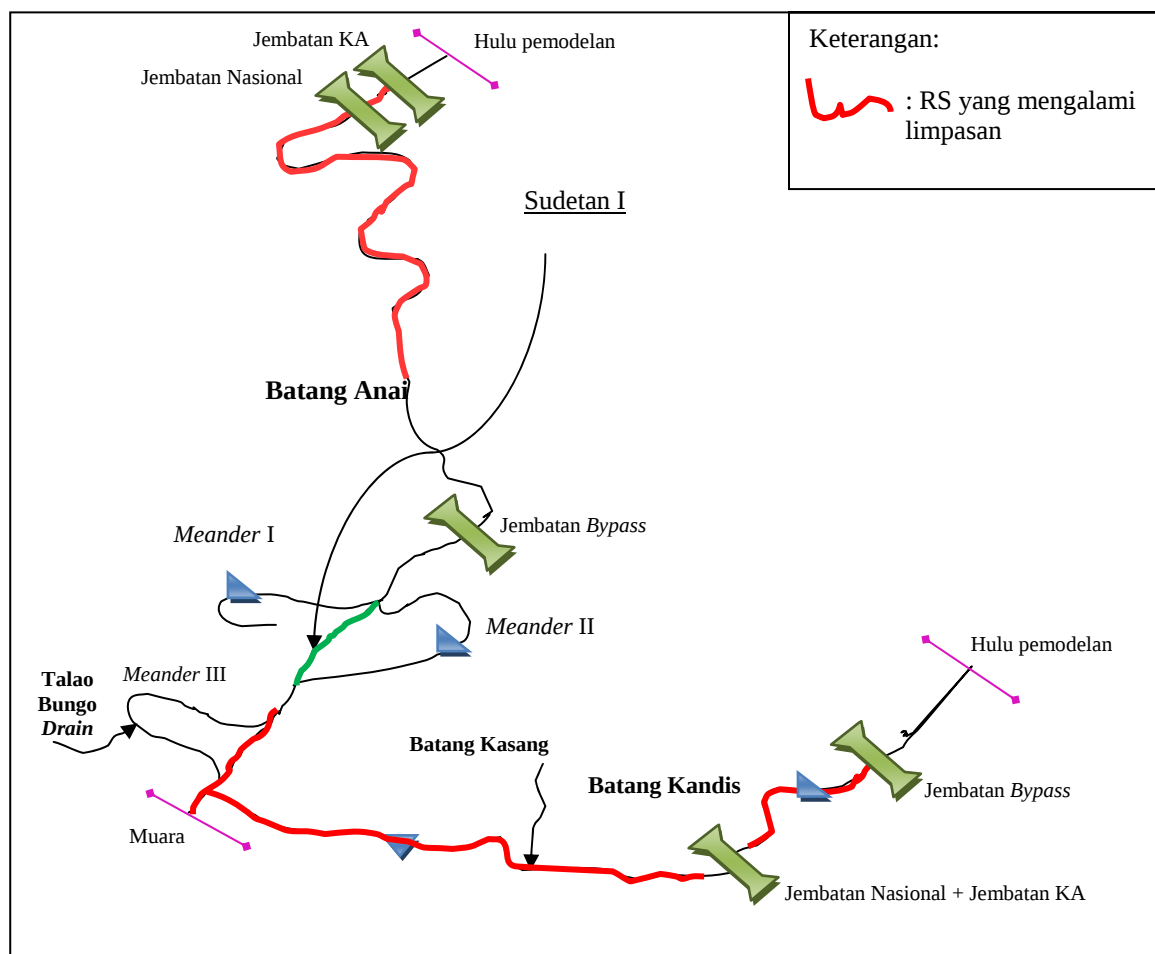
a) Kondisi sungai aslinya

Hasil simulasi aliran terhadap kondisi asli di kedua sungai dengan *input* aliran berupa debit rancangan Q_2 (debit puncak sebesar 766 m³/s) untuk Batang Anai dan $Q_{1.1}$ (debit puncak sebesar 106 m³/s) pada Batang Kandis memperlihatkan kejadian limpasan di lokasi sepanjang alur yang dimodelkan (lihat Gambar 6). Rekapitulasi hasil simulasi awal di beberapa lokasi tinjauan disajikan dalam Tabel 2.

Simulasi awal aliran terhadap kondisi hidraulis di kedua sungai menyatakan bahwa kedua sungai tersebut sudah tidak mampu untuk mengalirkan debit rancangan awal. Oleh karena itu, untuk mencegah dampak akibat genangan/banjir menjadi semakin besar diperlukan upaya penanganan (secara struktur) untuk mengembalikan kapasitas tampang kedua sungai dengan cara melakukan simulasi terhadap alternatif pengendalian banjir yang telah direncanakan sebelumnya.

b) Alternatif 1 pengendalian banjir Batang Anai dan Batang Kandis: Perbaikan Alur dan Pelebaran Tampang Beserta Tanggul, dan Floodway

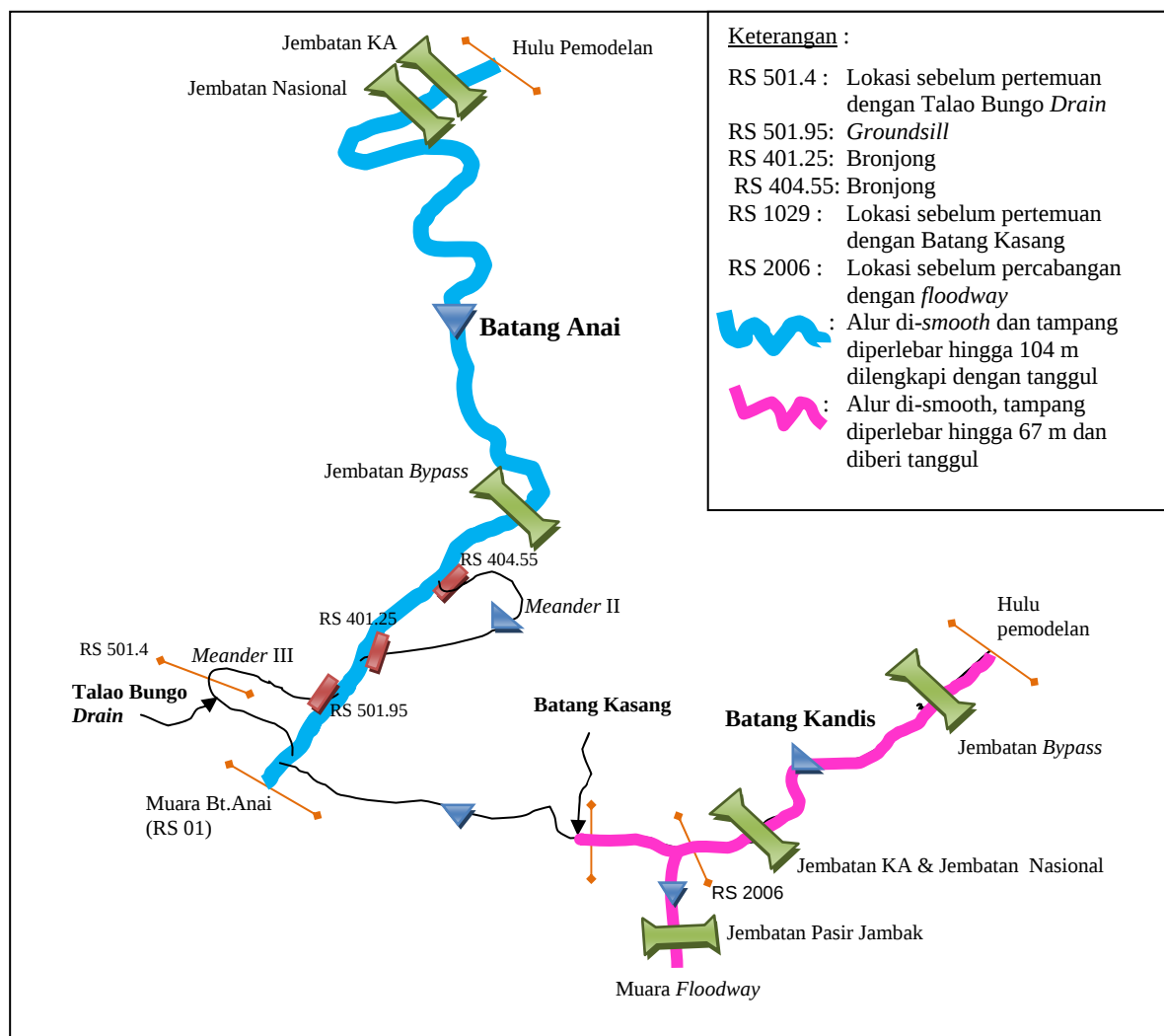
Alternatif ini merupakan perpaduan penanganan dengan cara melakukan perbaikan alur dan pelebaran tampang sungai yang dilengkapi dengan tanggul pada alur utama Batang Anai (An.1) dan perbaikan alur dengan pelebaran tampang sungai yang dilengkapi dengan tanggul dan pembangunan *floodway* pada Batang Kandis (Kd 1). Ruas/cabang lain Batang Anai tetap dibiarkan seperti keadaan semula dengan penambahan *inline structure* seperti *groundsill* dan bronjong pada sisi kiri atau kanan alur yang bercabang. Penanganan di Batang Kandis dilakukan kecuali pada ruas mulai dari lokasi pertemuan Batang Kandis dengan Batang Kasang ke arah hilir sampai pertemuan dengan Batang Anai. Ruas baru *Floodway* dimaksudkan untuk mempersingkat jarak tempuh aliran menuju muara (ke laut) Batang Kandis. Skema pemodelan Alternatif 1 disajikan pada Gambar 7.



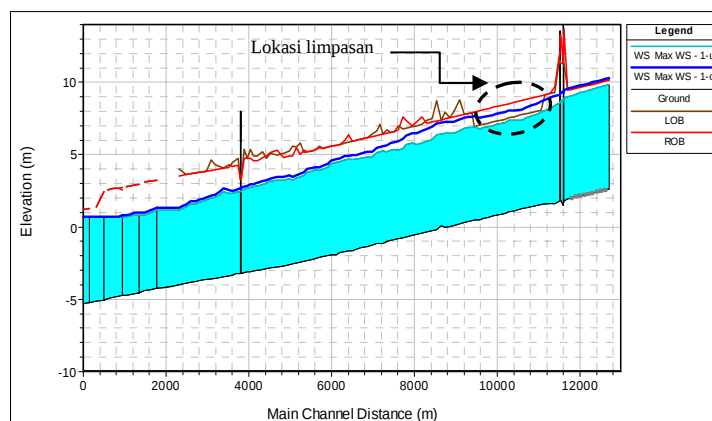
Gambar 6 Ilustrasi lokasi limpasan hasil simulasi awal aliran di kedua sungai.

Tabel 2 Rekapitulasi hasil simulasi awal aliran di Batang Anai dan Batang Kandise di beberapa lokasi tinjauan

Sungai	Debit puncak (m^3/s)			Kejadian limpasan	
	Hulu pemodelan	Setelah pertemuan dg anak sungai	Hilir pemodelan	Lokasi	Penyebab
Batang Anai	760 (hulu Jembatan KA).	766 (setelah pertemuan dengan Batang Kandise).	766 (muara Batang Anai).	Bagian hulu dan hilir pemodelan (lihat Gambar 6), yaitu sebanyak 18.8% dari RS yang dimodelkan.	Penurunan kapasitas tampang yang semula $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ (<i>average bank full capacity</i>) dan terjadinya pembendungan (<i>backwater</i>) aliran dari hulu di bagian hilir akibat pengaruh pasang surut.
Batang Kandise	99 (hulu Jembatan Bypass).	131 (setelah pertemuan dengan Batang Kasang).	118 (sebelum pertemuan dengan Batang Anai).	Hampir di seluruh RS yang dimodelkan (sebesar 82% dari seluruh RS).	Penurunan kapasitas tampang di sepanjang alur utama dengan adanya penyempitan alur dan kemiringan sungai yang relatif kecil, serta pengaruh air pasang dan aliran Batang Anai yang masuk ke alur Batang Kandise.



Gambar 7 Skema/denah pemodelan pengendalian banjir Alternatif 1.

Gambar 8 Plot memanjang hasil simulasi Alternatif 1 di Batang Anai dengan input aliran *urgent* dan *comprehensive design*.

Pada hulu pemodelan Batang Anai, ketinggian air maksimum melebihi elevasi tertinggi mercu sehingga air melimpas keluar melewati tanggul. Elevasi muka air maksimum yang mengakibatkan limpasan di atas tebing mercu sungai juga ditemui sepanjang RS 104 (-453 m dari Jembatan Nasional) hingga -2053 m dari Jembatan Nasional (RS 90).

Pemodelan Alternatif 1 dengan *input* aliran *urgent design* menyebabkan terjadinya limpasan di beberapa lokasi setelah pertemuan dengan Batang Kasang, yaitu pada RS 1026-1025, RS 1023, RS 1021-1012, RS 1005-1006, dan RS 1001. (Gambar 9) Rendahnya elevasi mercu sungai terutama pada bagian sebelah kiri menyebabkan aliran melimpas ke daerah sebelah kiri sungai yang merupakan dataran rendah. Ketinggian muka air maksimum pada RS yang melimpas adalah 0.72 m, nilai ini stabil mulai dari pertemuan dengan Batang Anai sampai lokasi pertemuan dengan Batang Kasang.

Atas dasar kecukupan alur dan tampang sungai, Alternatif 1 dinilai memberikan kinerja yang buruk di bagian hulu Batang Anai dan pada ruas antara pertemuan Batang Kasang sampai pertemuan dengan Batang Anai di Batang Kandis.

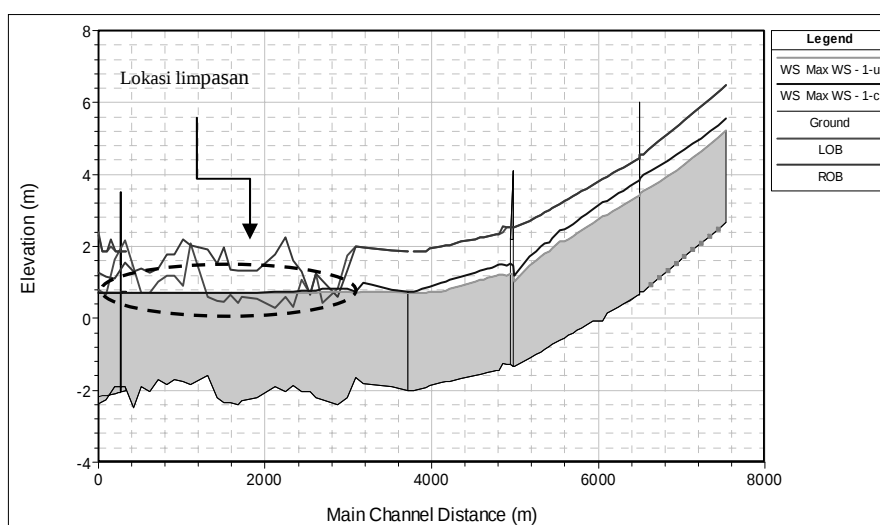
c) *Alternatif 2 Pengendalian Banjir Batang Anai dan Batang Kandis: Perbaikan Alur, Pelebaran Tampang, Floodway, dan Pintu Air*

Skema penanganan pada alternatif ini hampir sama dengan Alternatif 1, yaitu dengan cara

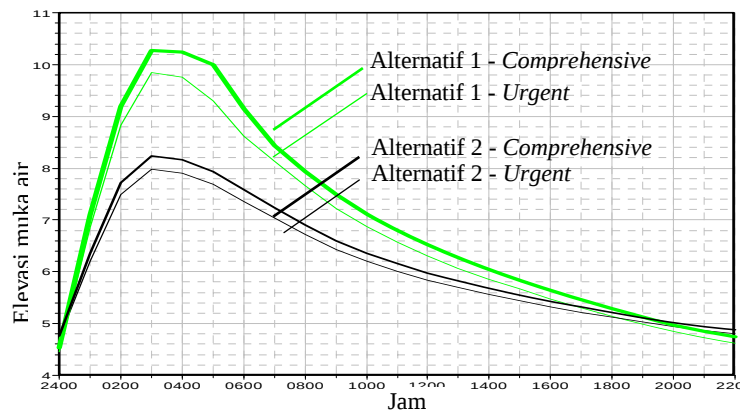
melakukan perbaikan alur dan pelebaran tampang sungai (tanpa tanggul) pada alur utama Batang Anai (An.2) dan perbaikan alur dengan pelebaran tampang sungai yang dilengkapi dengan tanggul, pembangunan *floodway* pada Batang Kandis, dan tambahan bangunan pintu air di lokasi +3 Km dari pertemuan dengan Batang Anai (Kd 2).

Secara umum, hasil simulasi Alternatif 2 di Batang Anai menunjukkan kondisi hidraulis yang hampir sama dengan simulasi sebelumnya. Hal ini terlihat dari nilai debit puncak yang hampir sama pada kedua alternatif. Perbedaan mencolok terjadi pada penurunan elevasi muka air (Gambar 10).

Penurunan yang cukup signifikan terjadi di hulu pemodelan (RS 111) hingga mencapai 1.86 m pada jam yang sama dibandingkan dengan hasil simulasi Alternatif 1. Sedikit peningkatan terhadap debit puncak pada simulasi Alternatif 2 ternyata justru menurunkan elevasi muka air maksimum hampir di seluruh RS. Kondisi ini merupakan dampak perubahan desain dan dimensi Batang Anai dari Alternatif 1 menjadi Alternatif 2 yang diperlebar, hal ini bukanlah kendala di lapangan karena wilayah yang tersedia di kiri dan kanan sungai cukup lebar dan dapat dimanfaatkan untuk pembangunan alternatif ini. Kendala yang mungkin timbul adalah permasalahan hak ganti rugi tanah untuk pembebasan lahan yang akan digunakan bagi pelebaran sungai.



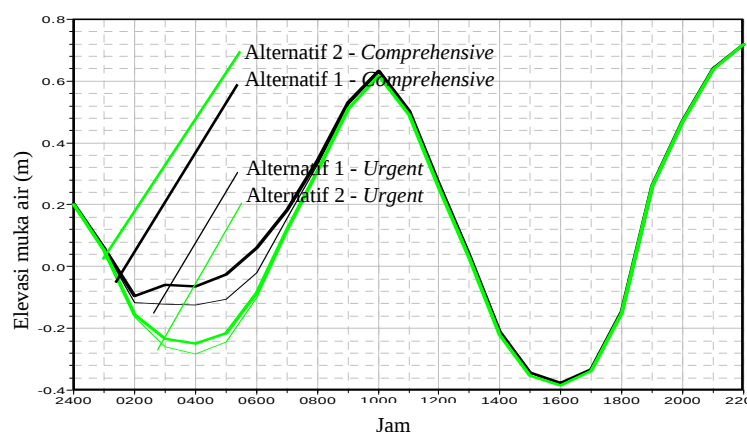
Gambar 9 Plot memanjang hasil simulasi Alternatif 1 di Batang Kandis dengan *input* aliran *urgent* dan *comprehensive design*.



Gambar 10 Profil muka air hasil simulasi Alternatif 1 dan 2 di lokasi paling hulu (RS 111) Batang Anai dengan *input* aliran *urgent* dan *comprehensive design*.

Hasil simulasi Alternatif 2 di Batang Kandis menunjukkan terjadinya penurunan debit puncak pada RS yang berada di hilir bangunan pintu air, sedangkan peningkatan debit puncak terjadi mulai dari batas hulu pemodelan Batang Kandis sampai percabangan dengan ruas *Floodway* di RS 2006 menerus hingga ke batas hilir *Floodway*. Peningkatan debit puncak ini berkaitan dengan adanya bangunan pintu air di hilir pertemuan dengan Batang Kasang (RS 1027.5) yang mengakibatkan pembendungan aliran sekaligus menghalangi aliran Batang Kasang untuk mengalir ke arah hilir menuju pertemuan dengan Batang Anai. Sehingga aliran berubah arah menuju ke *Floodway*. Terjadi penurunan debit puncak hasil simulasi Alternatif 1 dari semula $81 \text{ m}^3/\text{s}$ menjadi $50 \text{ m}^3/\text{s}$ sebagai hasil simulasi Alternatif 2 di RS 1000 (lokasi pertemuan dengan Batang Anai).

Penurunan debit puncak tersebut diikuti dengan penurunan elevasi muka air, namun hal tersebut tetap tidak mempengaruhi elevasi muka air maksimum yang terjadi (lihat Gambar 11). Sehingga limpasan masih tetap terjadi pada RS yang sama dengan RS yang melimpas pada simulasi Alternatif 1, ini terjadi akibat pengaruh pasang surut air laut yang cukup besar melalui RS 1000. Sama halnya dengan Alternatif 1, Alternatif 2 dengan perencanaan pintu air ini tidak menyelesaikan masalah limpasan yang terjadi di sebagian RS di hilir bangunan air. Alternatif 2 dinilai tidak memperlihatkan unjuk kerja yang baik dalam pengendalian banjir khususnya di Batang Kandis namun memberikan unjuk kerja yang cukup baik dalam pengendalian banjir Batang Anai.



Gambar 11 Profil muka air di Batang Kandis hasil simulasi Alternatif 1 dan 2 di lokasi sebelum pertemuan dengan Batang Anai (RS 1000) dengan *input* aliran *urgent* dan *comprehensive design*.

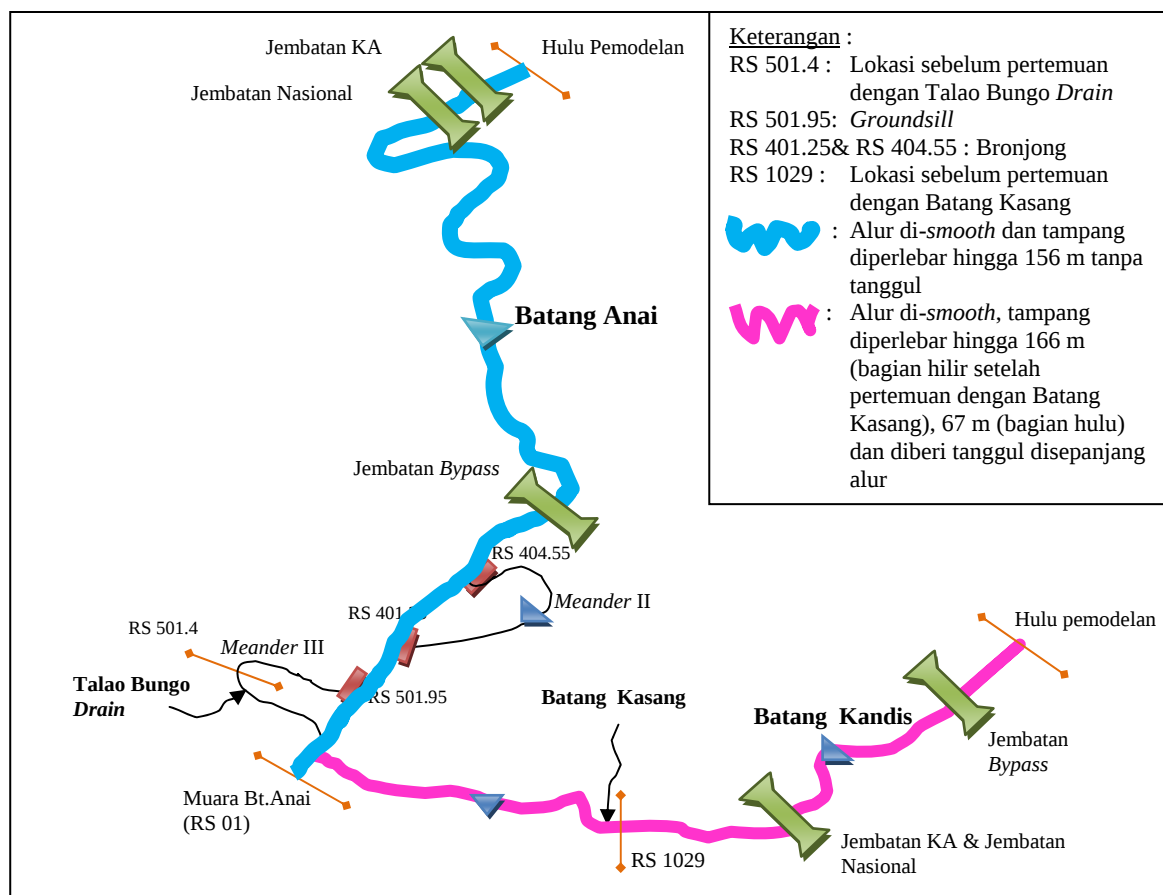
d) *Alternatif 3 Pengendalian Banjir Batang Anai dan Batang Kandis: Perbaikan Alur dan Pelebaran Tampang Sepanjang Alur*

Alternatif 3 menawarkan bentuk penanganan berupa perbaikan alur dan pelebaran tampang sungai tanpa tanggul pada alur utama Batang Anai (An.2) dan perbaikan alur dengan pelebaran tampang sungai yang dilengkapi dengan tanggul disepanjang alur Batang Kandis. Ilustrasi pemodelan Alternatif 3 disajikan dalam Gambar 12.

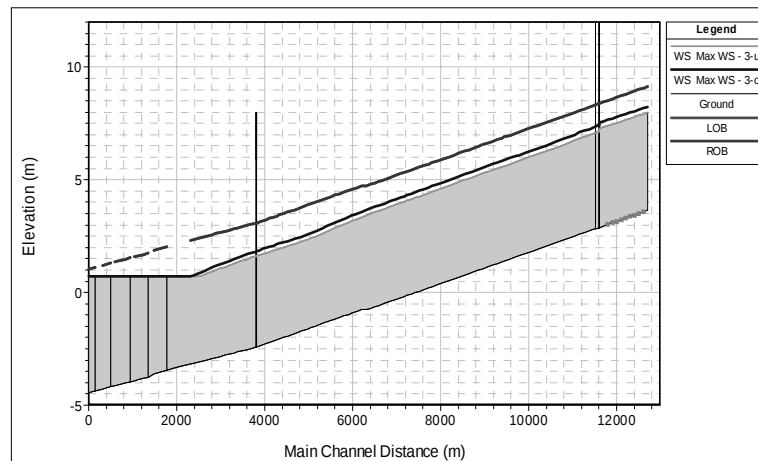
Secara umum hasil simulasi Alternatif 3 di Batang Anai dengan *input* aliran *urgent* dan *comprehensive design* menunjukkan hasil yang hampir sama dengan hasil simulasi Alternatif 2 sebelumnya. Hal ini terlihat pada nilai debit puncak yang saling mendekati di hampir seluruh

RS pada alur utama Batang Anai. Hanya saja terdapat kenaikan debit puncak di lokasi setelah pertemuan Batang Anai dengan Batang Kandis. Kenaikan debit puncak tersebut dipicu oleh adanya tambahan *input* aliran dari hulu Batang Kandis.

Dengan *input* aliran *urgent design* terjadi kenaikan debit puncak menjadi $1567 \text{ m}^3/\text{s}$ dibandingkan dengan nilai debit puncak dalam hasil simulasi Alternatif 2 sebesar $1378 \text{ m}^3/\text{s}$. Kenaikan debit puncak ini tidak berpengaruh pada kenaikan elevasi muka air maksimum, sehingga elevasi muka air maksimumnya tetap berada pada posisi 0.7 m yang merupakan kondisi status aman dari potensi limpasan. Plot memanjang alur utama Batang Anai hasil simulasi Alternatif 3 disajikan pada Gambar 13.



Gambar 12 Skema/denah pemodelan pengendalian banjir Alternatif 3.



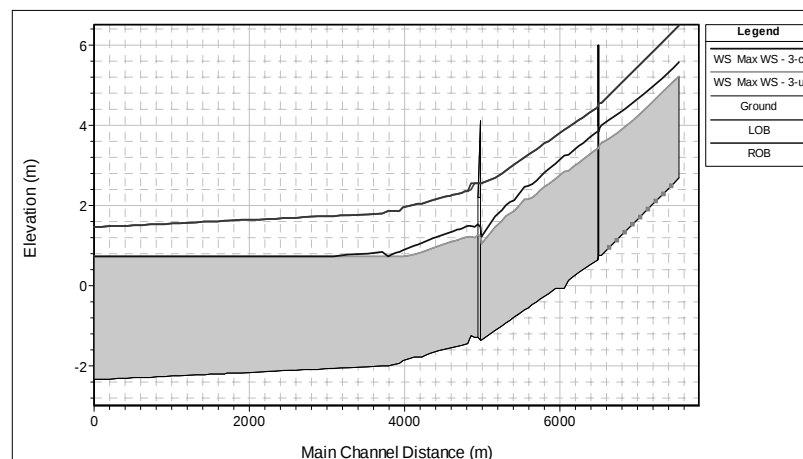
Gambar 13 Profil memanjang hasil simulasi Alternatif 3 di Batang Anai dengan *input* aliran *urgent* dan *comprehensive design*.

Pokok permasalahan yang tidak terselesaikan pada dua alternatif sebelumnya di Batang Kandis adalah masalah limpasan yang terjadi di sebagian besar RS mulai dari pertemuan dengan Batang Kasang hingga lokasi pertemuan dengan Batang Anai (RS 1000). Pada Alternatif 3, ruas tersebut dilakukan perbaikan alur dan pelebaran tampang (beserta tanggul) seperti pada ruas di hulunya.

Elevasi muka air maksimum di ruas ini adalah ± 0.72 m akibat pengaruh dari pasang surut muka air laut di hilir. Sedangkan elevasi tertinggi tanggul (dengan tinggi tanggul 0.8 m) yang didesain pada Alternatif 3 untuk ruas ini adalah berkisar antara 1.36 m untuk RS 1000 dan 1.74 m untuk RS 1028. Hasilnya, aliran yang mengalir pada ruas tersebut tidak lagi melimpas melewati elevasi mercu sungai. Gambaran mengenai kondisi ini disajikan dalam profil melintang Batang

Kandis dalam simulasi Alternatif 3 pada Gambar 14. Pengujian lebih lanjut terhadap alternatif ini, dilakukan dengan merubah *input* aliran menjadi hidrograf debit rancangan Q_{25} yang telah disesuaikan dengan perubahan kondisi tata guna lahan 2013 Kota Padang. Ternyata alternatif ini masih mampu untuk mengalirkan aliran dengan *input* aliran demikian tanpa menyebabkan terjadinya limpasan di salah satu RS. Tabel 3 berikut menyajikan perbandingan elevasi muka air maksimum yang dihasilkan masing-masing alternatif terhadap kondisi asli sungai di suatu lokasi tinjauan yaitu sebelah hilir Jembatan Nasional di kedua sungai.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dan pembahasan sebelumnya, ditarik kesimpulan bahwa Alternatif 3 memberikan unjuk kerja pengendalian banjir yang baik terhadap kecukupan alur dan tampang di Batang Anai dan Batang Kandis.



Gambar 14 Profil memanjang hasil simulasi Alternatif 3 di Batang Kandis dengan *input* aliran *urgent* dan *comprehensive design*.

Tabel 3 Rekapitulasi elevasi muka air maksimum hasil simulasi alternatif pengendalian banjir di lokasi sebelah hilir Jembatan Nasional Batang Anai dengan Batang Kandis

Sungai	Elevasi muka air maksimum (m)				Persentase penurunan elevasi muka air hasil simulasi alternatif terhadap kondisi asli sungai (%)		
	Kondisi asli	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Batang Anai	8.36	8.57	7.08	7.08	(- 2.5)	15	15
Batang Kandis	2.05	1.19	1.25	1.21	41	38	40

2. Hasil Simulasi Transpor Sedimen

Analisis transpor sedimen dilakukan terhadap Alternatif 3 pengendalian banjir yang memperlihatkan unjuk kerja terbaik dari segi kecukupan alur dan tampang. Kegiatan ini bertujuan untuk melihat seberapa besar perubahan pada dasar sungai (*mobile river bed*) akibat transpor sedimen di sepanjang alur penelitian menggunakan software HEC-RAS 4.0 Beta pada masukan debit kala ulang tertentu. Karena keterbatasan data maka analisa hanya dilakukan pada alur utama Batang Anai.

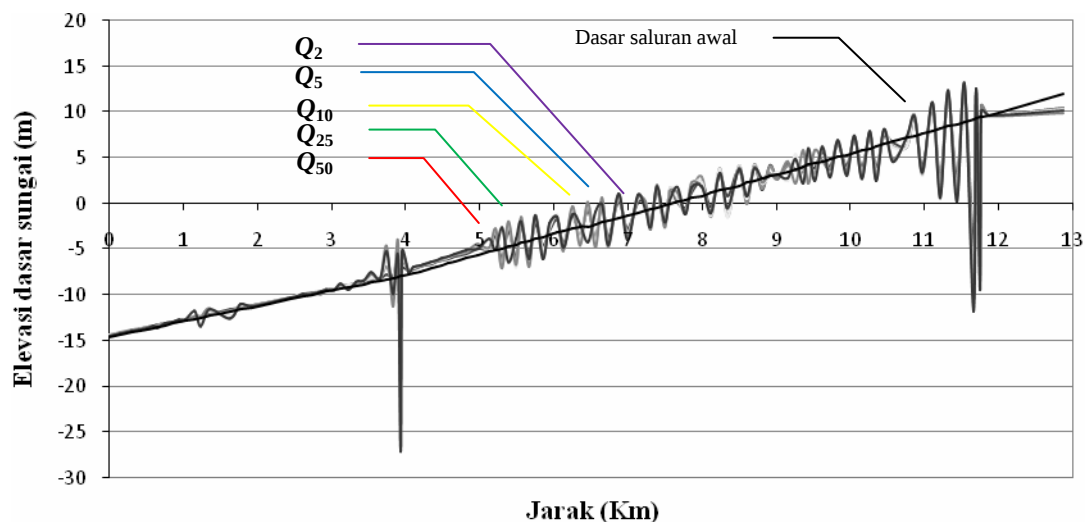
Hasil simulasi menunjukkan *trend* perubahan dasar sungai yang semakin membesar seiring dengan besaran debit kala ulang sebagai *input* aliran *quasi-unsteady*. Selain itu, simulasi transpor sedimen memperlihatkan terjadinya perubahan dasar sungai yang cenderung sangat fluktuatif diantara *cross section* di sepanjang alur. Lokasi RS yang menjadi tinjauan dalam simulasi ini adalah

lokasi yang berpotensi mengalami erosi seperti lokasi di sebelah hilir Jembatan Nasional (RS 108) dan hilir Jembatan *Bypass* (RS 33), serta lokasi untuk meninjau terjadinya deposisi pada dasar sungai yaitu sebelah hilir RS 108 (RS 107). Hasil simulasi yang menggambarkan *trend* perubahan dasar sungai pada titik tinjauan dapat dilihat pada Tabel 4 dan ilustrasi yang menggambarkan perubahan dasar saluran untuk masing-masing debit rancangan rancangan ditunjukkan pada Gambar 15.

Dari Tabel 4, tampak RS 108 memiliki *trend* dasar sungai yang mudah mengalami erosi. Tingkat erosi semakin membesar seiring dengan meningkatnya debit aliran yang melewati RS ini. Tingkat erosi tertinggi terjadi pada *input* aliran dengan kala ulang tertinggi yaitu Q_{50} . Sebaliknya tingkat erosi mengalami penurunan pada pengaliran debit rancangan kala ulang 2 tahun.

Tabel 4 Perubahan dasar sungai yang terjadi sebagai hasil transpor sedimen di beberapa lokasi tinjauan pada alur utama Batang Anai

RS	Elev. awal dasar sungai (m)	Perubahan Dasar sungai (<i>Mobile River Bed</i>)									
		Q ₂		Q ₅		Q ₁₀		Q ₂₅		Q ₅₀	
		Elev akhir (m)	Ket	Elev akhir (m)	Ket	Elev akhir (m)	Ket	Elev akhir (m)	Ket	Elev akhir (m)	Ket
108	9.23	-4.59	erosi	-7.26	erosi	-8.75	erosi	-10.47	erosi	-11.77	erosi
107	8.94	11.99	deposisi	12.46	deposisi	12.69	deposisi	12.92	deposisi	13.04	deposisi
33	-7.97	-12.44	erosi	-18.22	erosi	-21.76	erosi	-27.04	erosi	-27.16	erosi



Gambar 15 Besaran erosi/deposisi pada dasar Batang Anai hasil transpor sedimen dengan persamaan Laursen (Copeland) pada berbagai input aliran.

Kajian Potensi Erosi dan Sedimentasi di Batang Anai Berdasarkan Hasil Simulasi Transport Sedimen

Simulasi transpor sedimen memperlihatkan terjadinya erosi dan deposisi di sepanjang alur sungai yang cukup besar, mulai dari hulu Jembatan KA hingga hilir jembatan *Bypass*. Meskipun demikian, erosi dan deposisi yang cukup besar tersebut tidak mengurangi kecukupan alur dan tampang Batang Anai dalam mengalirkan debit banjir rancangan. Justru terjadinya erosi pada dasar sungai menambah kapasitas tampang sungai untuk dapat mengalirkan debit yang lebih besar lagi. Terbuka kemungkinan terhadap pengendalian banjir dengan Alternatif 1 dan 2 untuk dapat memperlihatkan unjuk kerja yang lebih baik lagi.

Analisis untuk mengetahui perubahan dasar sungai pada alur utama Batang Anai sangat dibutuhkan mengingat aktivitas penambangan disepanjang alur utama yang sangat tinggi. Terlebih lagi, penambangan dilakukan dengan cara mengambil material di dasar sungai itu sendiri. Sehingga, dengan diketahuinya perubahan dasar sungai untuk debit rancangan tertentu dapat menjadi bahan referensi bagi kegiatan penambangan demi terjaganya keseimbangan sedimen pada alur sungai. Misalnya saja dengan hanya melakukan penambangan pada *cross section* yang mengalami deposisi tertentu dan menghindari kegiatan penambangan disekitar jembatan yang dapat berakibat

negatif terhadap penurunan dasar saluran disekitar jembatan, yang pada akhirnya mengganggu stabilitas pondasi jembatan dan efek rantai lainnya. Dengan hasil simulasi transpor sedimen pada alur Batang Anai setidaknya memberikan gambaran mengenai perubahan dasar sungai akibat aplikasi alternatif pengendalian banjir yang terbaik.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Hampir seluruh titik lokasi *river station* yang menggambarkan kondisi asli Batang Kandise masuk dalam kategori kritis karena tidak mampu menampung debit banjir $Q_{1.1}=106 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Simulasi unjuk kerja alternatif pengendalian banjir Batang Anai dan Batang Kandise terhadap kecukupan alur di kedua sungai memperlihatkan hal-hal sebagai berikut:
 - a. Alternatif pengendalian banjir dengan perbaikan alur dan pelebaran tampang (dengan tanggul) di kedua sungai, serta penambahan *floodway* di Batang Kandise dinilai tidak cukup baik dalam mengalirkan debit rancangan *comprehensive* ($Q_{50}=1471 \text{ m}^3/\text{s}$) di Batang Anai karena masih terjadi limpasan di bagian hulu. Selain itu, simulasi dengan input aliran

- urgent design* ($Q_{10}=240 \text{ m}^3/\text{s}$) di Batang Kandis memperlihatkan adanya limpasan di lokasi setelah pertemuan dengan Batang Kasang.
- b. Simulasi dengan perbaikan alur dan pelebaran tampang (tanpa tanggul) memberikan hasil yang baik terhadap pengurangan elevasi muka air di Batang Anai sehingga mampu dialiri oleh debit rangangan comprehensive (Q_{50}). Sebaliknya perbaikan alur, pelebaran tampang (dengan tanggul), *floodway* dan pintu air di lokasi + 3 Km dari pertemuan antara Batang Anai dan Batang Kandis tidak memperlihatkan penurunan elevasi muka air di hilir pintu air. Sehingga limpasan masih tetap terjadi di lokasi yang sama dengan hasil yang ditunjukkan pada simulasi alternatif sebelumnya.
 - c. Pemodelan dengan penanganan struktur berupa perbaikan alur dengan pelebaran tampang di sepanjang Batang Anai dan Batang Kandis menunjukkan kecukupan alur yang sangat baik dalam mengalirkan debit banjir rancangan. Desain tampang Batang Anai pada alternatif ini paling lebar diantara alternatif lainnya, namun demikian wilayah di kiri dan kanan sungai tersedia cukup lebar sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembangunan alternatif ini. Kendala yang mungkin timbul adalah permasalahan hak ganti rugi tanah untuk pembebasan lahan yang akan digunakan bagi pelebaran sungai.
3. Besarnya pengaruh air pasang laut dan aliran dari Batang Anai terhadap bagian hilir Batang Kandis menyebabkan upaya penanganan pengendalian banjir di sungai ini harus dilakukan secara menyeluruh terhadap alur Batang Kandis yang rawan banjir. Untuk itu perbaikan terhadap alur dan pelebaran tampang harus dilakukan mulai dari hulu hingga ke hilir (pertemuan dengan Batang Anai).
 4. Hasil simulasi transpor sedimen di alur utama Batang Anai dengan aplikasi pengendalian banjir Alternatif 3 memperlihatkan kejadian erosi dan deposisi terbesar berturut-turut di lokasi sebelah hilir Jembatan Nasional (RS 108) dan tepat di hilir RS 108 yaitu RS 107.
 5. Simulasi transpor sedimen ini memperlihatkan perubahan dasar sungai apabila dialiri oleh *input* aliran Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , dan Q_{50} dengan asumsi pada sungai tersebut belum dilewatkan aliran sebelumnya. Hasil yang diperoleh dapat dimanfaatkan sebagai referensi untuk mengetahui potensi erosi dan sedimentasi pada sungai dalam rangka menjaga keseimbangan sedimen dalam sungai. Hasil ini belum memperlihatkan keadaan yang sesungguhnya karena masih menggunakan banyak asumsi karena keterbatasan data sedimen yang cukup sulit diperoleh dan penggunaan persamaan transpor sedimen yang hanya dianggap cukup mewakili keadaan yang sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001, *Anai-Kandis River Improvement, Design Note and Design Report in Padang area flood control project (II)*, Proyek Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Propinsi Sumatera Barat.
- Anonim, 2002, *River Analysis System HEC-RAS, User's Manual and Hydraulic Reference Manual US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Centre*.
- Anonim, 2007, *Perhitungan Debit Banjir Rancangan Batang Anai*, Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Sumatera Barat.
- Eka Damayanti, 2007, *Pengendalian Banjir Batang Kandis Kota Padang, Tesis*, Program Studi MPBA Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.