

ANALISIS EROSI TEBING SUNGAI MENGGUNAKAN HECRAS 5.0.

(Studi Kasus Sungai Sesayap, Kab. Malinau, Prov. Kalimantan Timur)

Egis Abdul Aziz², Puji Harsanto³**INTISARI**

Sungai Sesayap mengalir melalui Kota Kabupaten Malinau, di mana di bagian hulunya terdapat berbagai permasalahan erosi dan sedimentasi, sebagai akibat dari berbagai aktivitas di DAS sebelah hulu sehingga respon yang ditimbulkan akibat beban hidrologi telah menyebabkan timbulnya pergerakan meander sungai yang semakin intensif. Meningkatnya intensitas pertumbuhan meander telah menyebabkan adanya fenomena erosi dan sedimentasi di sekitar sungai, terutama di kota Malinau. Beberapa usaha telah dilakukan dalam menanggulangi erosi tebing sungai tersebut, salah satunya ialah pembangunan sheet pile pada sisi Seluwing, namun dengan dibangunnya konstruksi tersebut diperlukan juga kajian yang mempelajari dampak yang akan terjadi terhadap sungai bagian hilir pada waktu yang akan datang dimana bangunan sheet pile sudah ada, mengingat letak dari bangunan tersebut berada dibelokan sungai.

Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan oleh adanya bangunan sheet pile tersebut, kajian model matematik bisa diterapkan. Model matematik yang dapat digunakan adalah model BSTEM (Bank Stability and Toe Erosion Model) pada software HECRAS versi 5.0.0. Data yang dibutuhkan untuk pemodelan tersebut yaitu : data debit (digunakan sebesar 500 m³/s dalam penelitian ini), data geoteknik (gradasi butiran dan jenis lapisan tanah) kemudian dianalisis dengan waktu analisis selama 100 hari.

Hasil simulasi menggunakan model BSTEM pada software HECRAS versi 5.0.0 bahwa pada sisi Seluwing dalam keadaan eksisting terjadi erosi dan hal yang sama ditunjukkan oleh sisi Malinau Seberang. Setelah digunakan sheet pile sebagai perkuatan tanah sisi Seluwing, sisi Seluwing tidak mengalami erosi pada tebing sungai namun pada kaki dan dasar sungai erosi masih tetap terjadi. Adanya sheet pile juga berpengaruh pada sisi Malinau seberang yaitu terjadinya pengurangan erosi tebing.

Kata kunci : erosi tebing, sheet pile, BSTEM, HECRAS 5.0

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

²Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
NIM : 20120110309, e-mail : egisabdulaziz@gmail.com

³Dosen pembimbing I

1. PENDAHULUAN**1.1 Latar Belakang**

Sungai Sesayap merupakan sungai dengan Daerah Tangkapan Sungai (DAS) berada di wilayah Kabupaten Malinau dan Serawak, Malaysia (Peraturan Pemerintah No. 11-A/PRT/MEN/2006 tentang penetapan wilayah sungai). Sungai Sesayap mengalir melalui Kota Kabupaten Malinau, di mana di bagian hulunya terdapat berbagai permasalahan erosi dan sedimentasi, sebagai akibat dari berbagai aktivitas di DAS sebelah hulu sehingga respon yang ditimbulkan akibat beban hidrologi telah menyebabkan timbulnya pergerakan meander sungai yang semakin intensif. Meningkatnya intensitas pertumbuhan meander telah menyebabkan adanya fenomena erosi dan sedimentasi di sekitar sungai, terutama di kota Malinau.

Beberapa usaha telah dilakukan dalam menanggulangi erosi tebing sungai tersebut, salah satunya ialah pembangunan *revetment*, namun dengan dibangunnya konstruksi tersebut diperlukan juga kajian yang mempelajari dampak yang akan terjadi terhadap sungai

bagian hilir pada waktu yang akan datang dimana bangunan *revetment* sudah ada, mengingat letak dari bangunan tersebut berada dibelokan sungai.

Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan oleh adanya bangunan *revetment* tersebut, kajian model matematik bisa diterapkan. Model matematik yang dapat digunakan adalah model BSTEM (Bank Stability and Toe Erosion Model) pada software HECRAS versi 5.0.0

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Untuk mengetahui keadaan tebing sungai sebelum dibangunnya *revetment*
- Membandingkan keadaan tebing sungai sebelum dan sesudah dibangunnya *revetment*
- Mengetahui dampak pembangunan *revetment* terhadap tebing sungai bagian hilir.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Morfologi Sungai

Morfologi sungai merupakan ilmu yang mempelajari tentang perubahan bentuk sungai, penjelasan lebih spesifik morfologi sungai adalah merupakan hal yang menyangkut tentang geometri (bentuk dan ukuran), jenis, sifat, dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu. (Pratama :2015)

Kawasan DAS Sesayap adalah suatu satuan morfologi pedataran dan perbukitan rendah sampai sedang. Pada daerah perbukitan, kemiringan berkisar antara 10° – 40° , sedangkan pada daerah di tepi Sungai Sesayap kemiringan berkisar antara 0 – 2° dan pada daerah hulu dapat mencapai 20° . Sungai utama adalah Sungai Sesayap dan anak-anak sungai yang mengalir di daerah sekitarnya dengan pola aliran Sub Dendritik atau bercabang-cabang. Debit aliran sungai cukup tinggi dan tidak pernah kering sepanjang tahun. Vegetasi yang tumbuh di tepi Sungai Sesayap maupun di sekitar andras berupa tanaman keras, tanaman produksi skala kecil dan semak belukar. Di sekitar DAS Sesayap umumnya merupakan pemukiman penduduk, pertokoan, dermaga kapal kecil sampai sedang, jalan kabupaten dan beberapa lokasi penambangan pasir dan batu koral (Legono dkk., 2008).

2.2 Erosi Tebing Sungai

Dengan informasi morfologi seperti diatas, sungai Sesayap berpotensi menimbulkan masalah sedimentasi dan erosi. Menurut Legono (2008) dari hasil bathimetri diperoleh kontur elevasi dasar sungai yang bisa menggambarkan volume sedimen Sungai Sesayap di sekitar Seluwing. Dari peta kontur elevasi dasar tebing sungai sisi kiri berkisar $+20.00$ m, elevasi ini harus dipertahankan. Di Seluwing, Malinau Kota, yang terkikis sekitar 50 meter. Di lokasi tersebut telah dipasang beronjong untuk mengurangi pengikisan.

Abernethy dan Rutherford (1998) dalam Tilston (2005) dalam Legono (2008) menyatakan bahwa erosi tebing sungai digolongkan dalam 4 tipe menurut kejadiannya longsorannya, yaitu *shallow slides*, *toppling slabs*, *deep-seated rotational* dan *deepseated*

2.3 Metode Penanganan Erosi

Berdasarkan hasil analisis terhadap data primer dan sekunder sepanjang Sungai Sesayap, kerusakan dan longsor tebing sungai dapat diatasi dengan konstruksi dinding penahan tanah (*revetment*) yang bertumpu pada tumpukan batu dengan diameter lebih besar dari 60 cm. Konstruksi *revetment* dapat dibuat dari konstruksi beton bertulang dengan bentuk

seperti *cantilever wall* atau dari susunan buis beton yang diperkuat tulangan. Untuk kemudahan pelaksanaan, dipilih alternatif kedua yaitu konstruksi *revetment* dari buis beton diameter 1 m dan tinggi 1 m yang disusun 3 lajur. Di antara buis beton tersebut diberikan perkuatan angkur dan bagian atas dan bawah diperkuat dengan slab beton bertulang. Di belakang konstruksi ini diperkuat dengan geosintetik untuk mencegah kelongsoran lokal dan berfungsi sebagai filter.

2.4 BSTEM (Bank Stability and Toe Erosion Model)

Gibson (2013) mengkaji bahwa *software* HEC-RAS bisa memodelkan gerusan yang terjadi pada tebing sungai dengan istilah *Bank Stability and Toe Erosion Model (BSTEM)* yang disebabkan oleh proses hidrodinamika yang bertujuan untuk bisa mengetahui resiko kegagalan pada tebing sungai. HECRAS menyediakan model BSTEM dimulai pada HECRAS versi 4.3.0.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Sungai adalah wadah atau penampung dan penyalur alamiah dari aliran air dengan segala yang terbawa dari DAS (daerah aliran sungai) ke tempat yang lebih rendah dan berakhir di laut.

Selama pengalirannya sungai membawa bahan sedimen yang berasal dari lahan atau *catchment area* yang tererosi dan atau dari gerusan tebing maupun dasar sungai. Bahan sedimen tersebut akan menimbulkan perubahan morfologi sungai. Perubahan morfologi sungai misalnya terjadinya gosong sungai atau proses *meandering* sungai. Pada belokan sungai akan terjadi erosi sisi luar belokan dan akan terjadi sedimentasi pada sisi dalam belokan.

Kelongsoran yang terjadi di sepanjang alur Sungai Sesayap daerah Malinau, Provinsi Kalimantan Timur, disebabkan oleh proses hidrodinamika (pola arus dan kecepatan) di sungai. Dengan demikian, untuk membuat solusi penanganan memerlukan kajian hidroninamika yang terjadi sekarang dan yang akan datang. Yang dimaksud kondisi yang akan datang adalah kondisi dimana bangunan penanganan sungai sudah ada.

3.2 HEC-RAS Versi 5.0.0

HEC-RAS adalah sebuah program aplikasi yang didesain untuk melakukan berbagai analisis hidrolika terhadap pemodelan aliran satu dimensi pada saluran atau sungai, *River Analysis System (RAS)*. *Software* ini dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah

US Army Corps of Engineers (USACE). HEC RAS Versi 5.0.0 memiliki empat komponen hitungan hidrolika satu dimensi yaitu a) hitungan profil muka air aliran permanen, b) simulasi aliran tidak permanen, c) hitungan angkutan sedimen, d) analisis kualitas air.

3.3 BSTEM ((Bank Stability and Toe Erosion Model)

BSTEM (Bank Stability and Toe Erosion Model) merupakan model pada software HECRAS 5.0 yang dapat digunakan sebagai alat untuk membuat estimasi erosi hidrolik tebing dan kaki tebing dengan parameter tegangan geser hidrolik. Model ini terutama dimaksudkan untuk digunakan dalam studi pengendalian erosi pada kaki tebing.

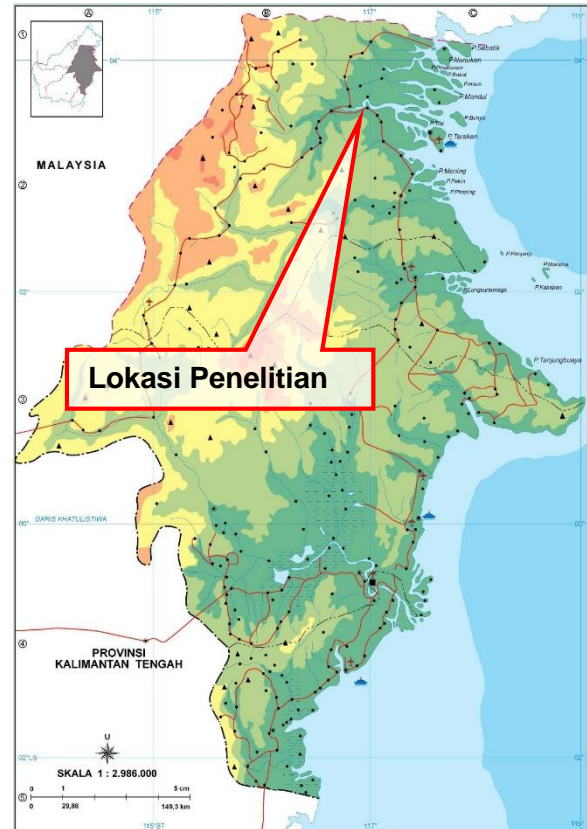
Model ini memperkirakan tegangan geser batas dari saluran geometri, dan menganggap tegangan geser kritis dan erodibilitas dari dua zona terpisah dengan bahan yang berbeda, yaitu: tebing dan dasar sungai.

Adapun metode yang digunakan dalam model BSTEM ini adalah metode *Vertical Slice* (Langendoen dan Simon, 2008). Metode *vertikal slice* mengevaluasi gaya normal dan geser aktif disegmen tebing. Gaya yang bekerja sangat bergantung pada aliran air pada saluran yang dimodelkan semakin tinggi muka air maka semakin besar gaya hidrostatis yang bekerja pada permukaan tebing.

4. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Sungai Sesayap di Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Timur (lihat Gambar 4.1). Untuk analisis pada penelitian ini, titik kontrol terletak di daerah Malinau pada koordinat X: 458000 dan Y: 397000 UTM.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian berada di Sungai Sesayap, Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Timur

4.2 Pengumpulan Data

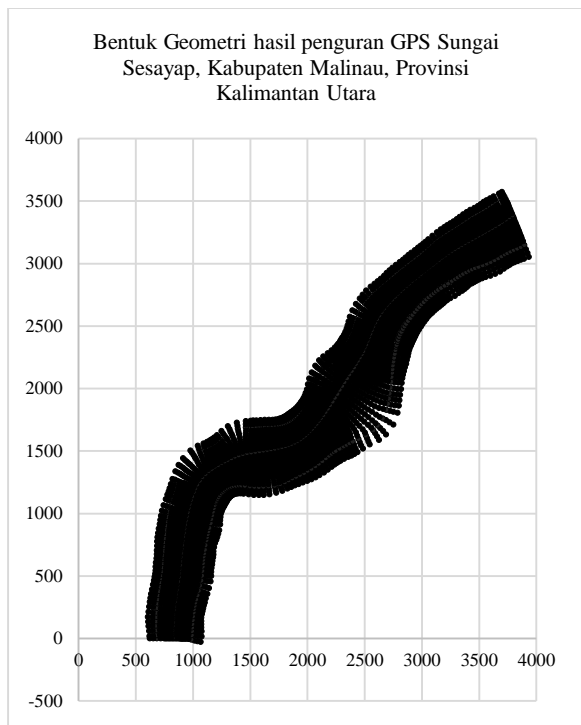
Data yang di butuhkan pada penelitian ini untuk analisa berupa data sekunder. Data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari berbagai sumber. Data Sekunder pada penelitian ini di antaranya adalah sebagai berikut :

4.2.1 Data Topografi

Data Topografi diperoleh dari laporan pekerjaan (legono dkk, 2008) tentang studi perencanaan konstruksi penahan longsor dan normalisasi Sungai Sesayap kabupaten Malinau. Pada data topografi diperoleh data informasi *layout* sungai meliputi, *trace* sungai, lebar sungai, dan kontur pada Sungai Sesayap.

4.2.2 Data Batimetri

Data Bathimetri diperoleh dari laporan pekerjaan (Legono dkk, 2008) tentang studi perencanaan konstruksi penahan longsor dan normalisasi Sungai Sesayap kabupaten Malinau. Data pengukuran bathimetri atau pemeruman (*sounding*) dimaksudkan untuk mengetahui kondisi rupa bumi dasar perairan. Survei dilakukan dengan menggunakan alat echosounder sebagai pengukur kedalaman sungai yang dilengkapi dengan GPS untuk pengukuran arah (x,y) dengan hasil seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Titik-titik koordinat XYZ dilokasi penelitian.

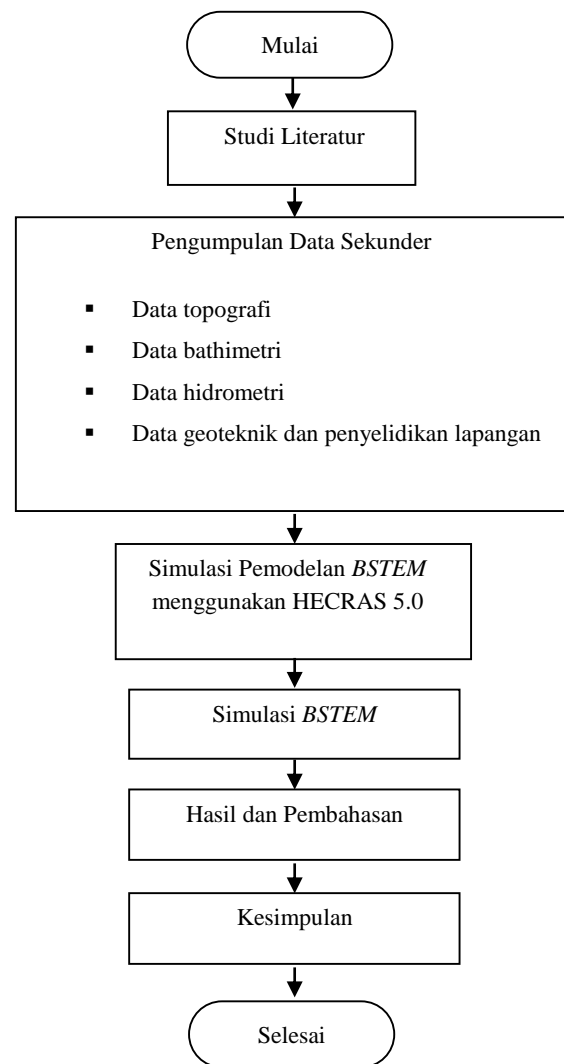
4.2.2 Data Geoteknik dan penyelidikan lapangan

Data Geoteknik dan penyelidikan tanah di beberapa lokasi sepanjang Sungai Sesayap di dapat dari PT. KJI pada tahun bulan Juni-Juli 2008. berupa hasil pemboran dan sondir, kondisi geologi dan geoteknik di bawah permukaan tanah menunjukkan susunan lapisan tanah sebagai berikut:

1. Top soil berupa lempung dan lempung kelanauan, coklat muda, semi plastis – plastis, lunak sampai agak padat. Dari hasil uji sondir, lapisan ini mempunyai nilai konis (q_c) dibawah 10 kg/cm². Pada daerah Seluwing dan Jembatan Malinau I, lapisan ini dijumpai sampai dengan kedalaman 1,00 – 1,50 m di bawah permukaan tanah. Di daerah Tanjung Lapang, lapisan ini dijumpai sampai dengan kedalaman 3,20 m di bawah permukaan tanah.
2. Lempung (*clay*), abu-abu kecoklatan atau kehitaman, semi plastis – plastis. Di daerah Seluwing bagian hilir, lapisan ini ditemukan bercampur lumpur, sedangkan di daerah Jembatan Malinau I bagian lapisan ini bercampur sedikit pasir. Lapisan ini memiliki kapasitas dukung yang rendah dengan nilai konis (q_c) pada uji sondir di bawah 10 kg/cm². Tebal lapisan berkisar antara 1,50 – 3,00 m.
3. Lanau kepasiran (*sandy silt*), cokelat muda sampai abu-abu kehitaman, non plastis sampai semi plastis, agak kenyal (*stiff*). Kapasitas dukung sedang, dengan nilai konis (q_c) antara 15 – 50 kg/cm². Tebal lapisan ini sekitar 1,0 – 2,0 m.
4. Pasir, atau pasir berlanau, abu-abu kehitaman, padat sampai agak padat,

berbutir halus. Nilai nilai konis (q_c) cukup tinggi yaitu lebih besar dari 50 kg/cm². Lapisan pasir umumnya dijumpai pada kedalaman 3,00 – 4,00 m di bawah permukaan tanah. Di daerah Tanjung Lapang, di bawah lapisan ini pada kedalaman 5,50 m ditemukan lapisan batu.

4.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari simulasi BSTEM (*Bank Stability Toe-Bank Erosion Model*) software HEC-RAS 5.0 dapat melihat bagaimana keadaan titik-titik yang ditinjau (sisi Seluwing dan Malinau Seberang) dalam keadaan eksisting dan keadaan setelah adanya bangunan *revetment* yang dipasang pada belokan sungai sisi Seluwing, Kabupaten Malinau, Prov. Kalimantan Utara.

Simulasi BSTEM pada software HEC-RAS 5.0 dapat menampilkan hasil dari simulasi dalam bentuk dua dimensi yang dapat menampilkan dalam gambar potongan melintang. Selain dalam bentuk dua dimensi model BSTEM menampilkannya dalam bentuk tabel yang berfungsi sebagai penjelasan dari gambar potongan melintang. Pembacaan hasil simulasi

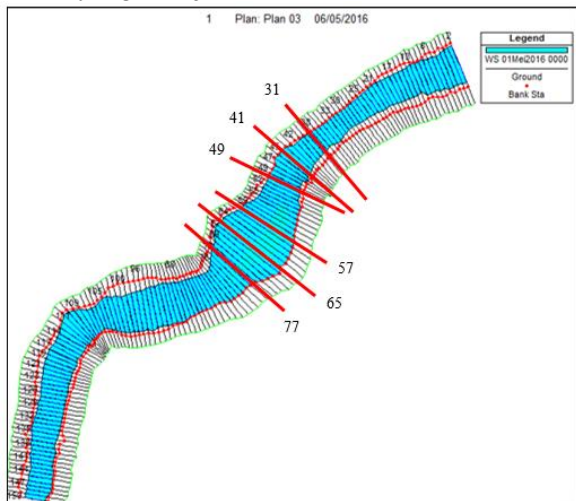
BSTEM berdasarkan lebar keruntuhan yang terjadi pada tebing sungai dan tinggi erosi yang terjadi pada kaki tebing.

Analisis pada studi ini dilakukan dua skenario pemodelan, pertama pemodelan dalam keadaan eksisting atau keadaan sebelum adanya bangunan *revetment* dan pemodelan kedua yaitu setelah adanya bangunan *revetment* dengan tujuan supaya dapat mengetahui berapa besar pengaruh adanya bangunan *revetment* terhadap sungai bagian hilir yang ditinjau. Analisa dilakukan selama tiga bulan, dari tanggal 30 Desember-1 April dengan debit rata-rata 500 m³/s.

Hasil dari sekenario pemodelan diambil tiga sampel *cross section* (potongan melintang) pada sisi Seluwing dan tiga sampel *cross section*.

5.1 PEMODELAN KEADAAN EKSISTING

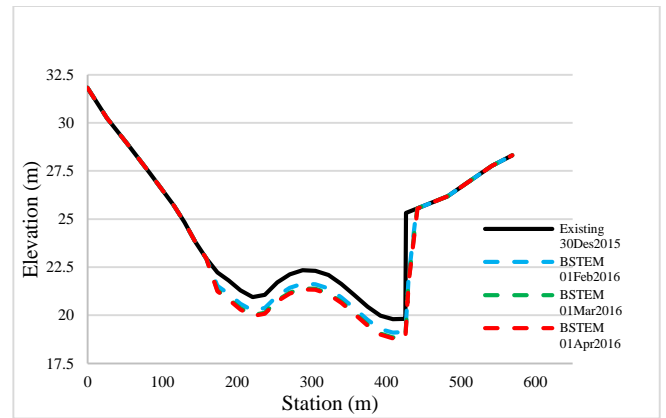
Pemodelan keadaan eksisting adalah pemodelan dimana sungai masih dalam keadaan sebenarnya atau dalam kondisi awal tanpa memasukan bangunan bangunan penanganan seperti dinding pengaman tebing (*Revetment*) yang pada skenario ke dua terletak pada sisi Seluwing. Gambar 5.1 menunjukkan geometri sungai tanpa bangunan pengaman tebing dan lokasi yang ditinjau.



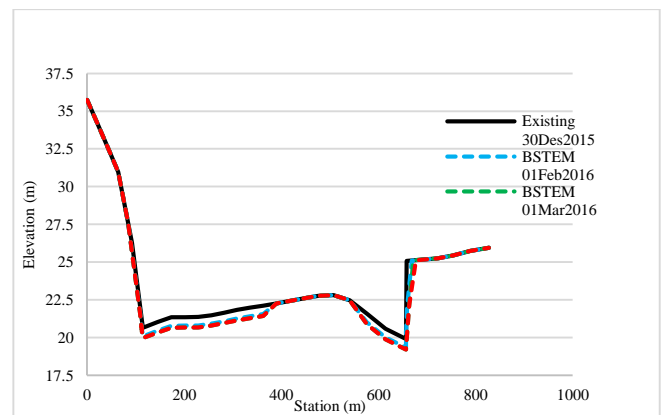
Gambar 5.1 Geometri Sungai dengan keadaan eksisting dan titik-titik yang ditinjau.

5.1.1 Lokasi tinjauan sisi Seluwing

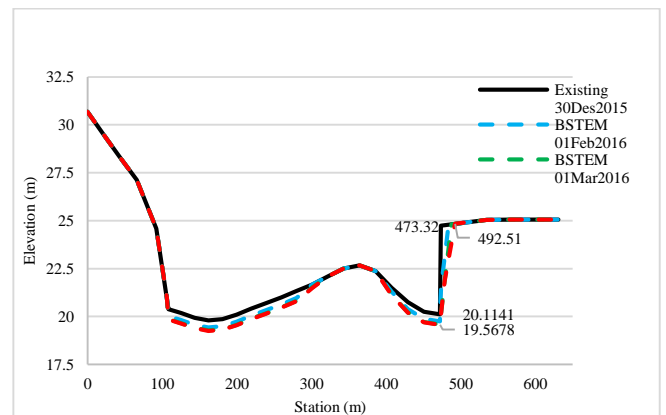
Lokasi ini adalah awal lokasi tinjauan dimana pada lokasi tersebut akan dibangun dinding penahan tebing dikarenakan terjadi masalah gerusan pada kaki tebing sisi Seluwing. Adapun Contoh hasil pemodelan BSTEM pada lokasi ini terletak pada *cross-section* nomor 77, 65 dan 57 ditunjukkan dengan Gambar 5.2, Gambar 5.3 dan Gambar 5.4.



Gambar 5.2 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section* 77



Gambar 5.3 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section* 65



Gambar 5.4 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section* 57

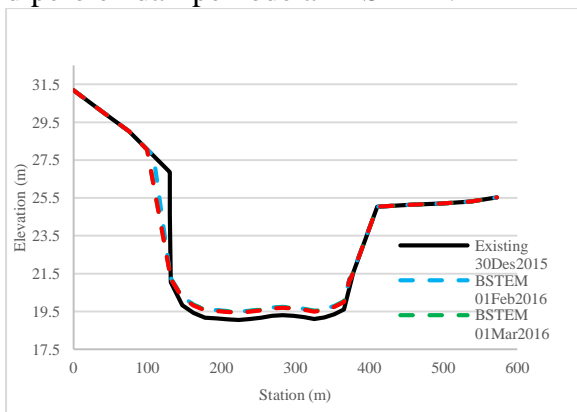
Setelah dilakukan analisis, terjadi perubahan dinding sungai yang menunjukkan bahwa pada dinding sungi tersebut terjadi keruntuhan.

Selain keruntuhan pada tebing, elevasi dasar saluran juga terjadi penurunan yang diakibatkan oleh *transport* sedimen. Pada *cross section* 77 (Gambar 5.2) terjadi perubahan stasiun setelah *running* 3 bulan, pada kondisi eksisting tebing berada di stasiun 426,83 m dan setelah *running* tebing berada di stasiun 441,99 hal itu menunjukkan bahwa pada tebing tersebut terjadi keruntuhan dengan lebar 15.16 m. Hal yang sama ditunjukkan oleh *cross section* 65

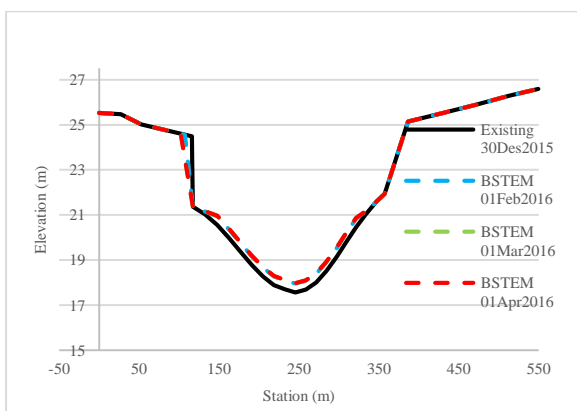
(Gambar 5.3) yang berada di tengah daerah yang ditinjau sampai *cross section 57* (Gambar 5.4) yang berada diujung daerah yang ditinjau.

5.1.2 Lokasi tinjau sisi Malinau Seberang

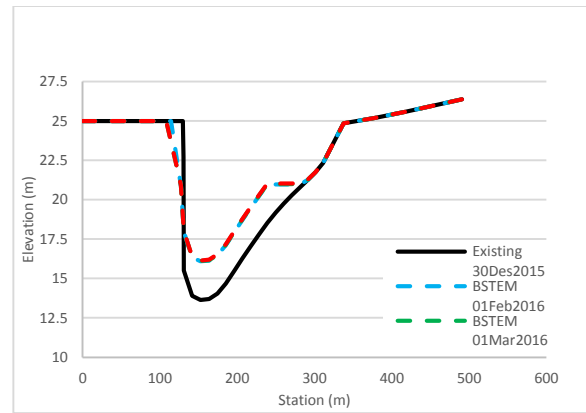
Pada penelitian ini, selain meninjau daerah Seluwing ditinjau pula daerah Malinau Seberang yang merupakan tebing sungai yang terletak pada sisi luar belokan sungai dan bagian hilir dari tebing sungai yang berada di Seluwing. Belokan sungai pada sisi malinau sebrang ini berlawanan dengai belokan sungai yang ada di Seluwing sehingga jika terjadi perubahan pola aliran pada sisi Seluwing maka akan sangat berdampak pada tebing bagian Malinau sebrang. Gambar (5.5), (5.6) dan (5.7) merupakan contoh keruntuhan yang terjadi pada tebing sisi Malinau Sebrang yang diperoleh dari pemodelan BSTEM.



Gambar 5.5 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section 49*



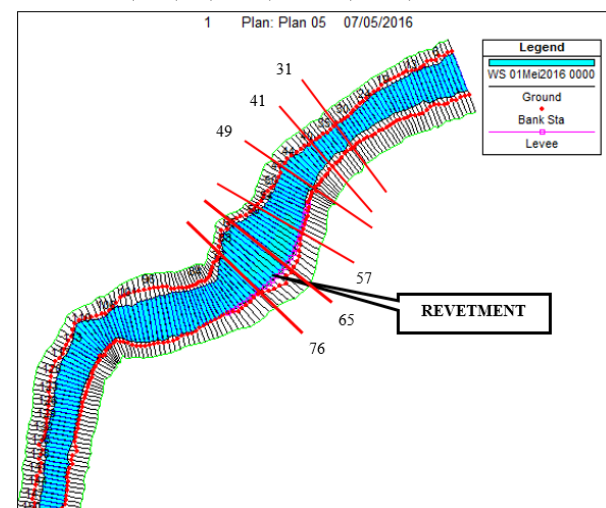
Gambar 5.6 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section 41*



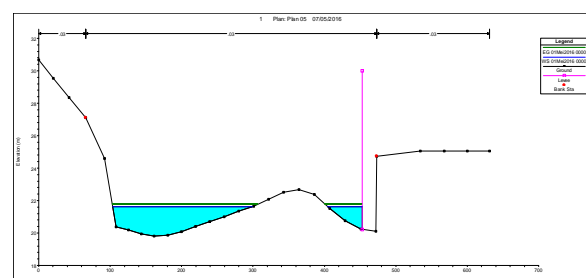
Gambar 5.7 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section 31*

5.2 PEMODELAN MENGGUNAKAN REVETMENT

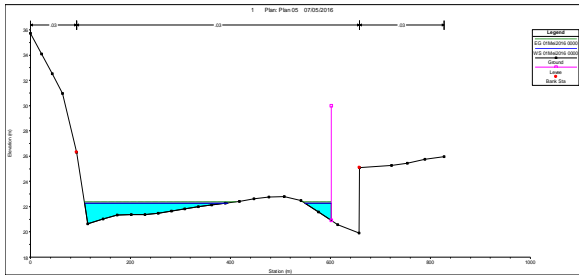
Pada simulasi ke dua ini penguji menambahkan *revetment* sebagai perkuatan tebing. Posisi *revetment* terletak di sepanjang belokan sungai sisi Seluwing dengan adanya *revetment* ini pola aliran pada bagian yang dipasang *revetment* menjadi berubah sehingga perlu diteliti atau dimodelkan juga dengan menggunakan BSTEM. Gambar 5.8 menunjukkan lokasi *revetment* dan titik-titik yang ditinjau akibat dari adanya *revetment* tersebut. Untuk potongan melintang sungai yang menggunakan *revetment* ditunjukkan oleh Gambar (5.9). (5.10) dan (5.11)



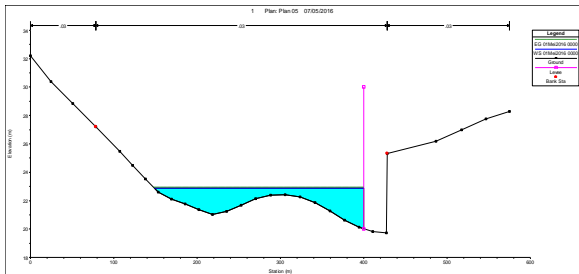
Gambar 5.8 Letak *Revetment* yang dimodelkan dengan menggunakan *software* HECRAS 5.0.0



Gambar 5.9 letak *revetment cross-section 77*



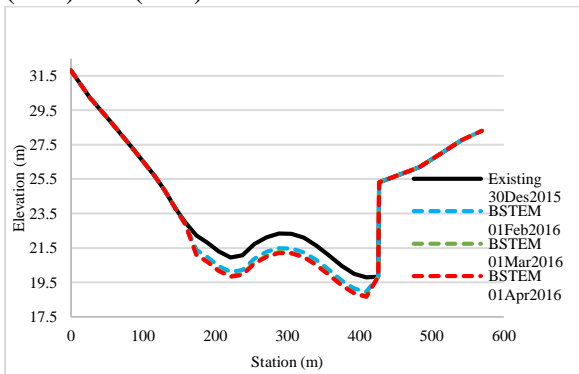
Gambar 5.10 letak *revetment cross-section 65*



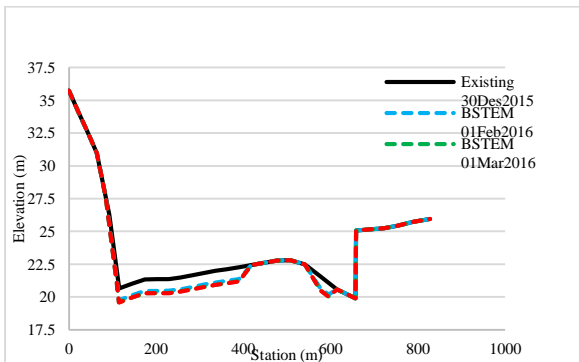
Gambar 5.11 letak *revetment cross-section 57*

5.2.1 Lokasi tinjauan sisi Seluwing

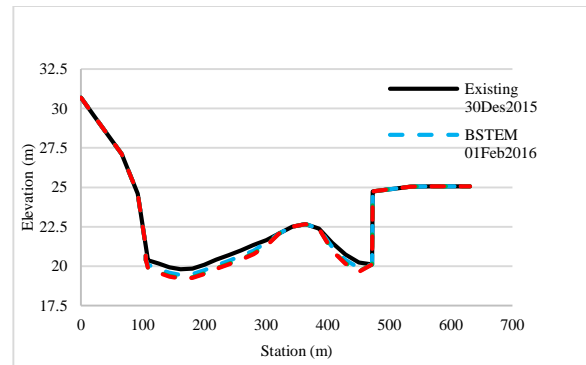
Pembangunan *revetment* diharapkan mengurangi masalah erosi yang terjadi pada sisi Seluwing. Pada Gambar 5.8 lokasi sisi Seluwing berada di sebelah kiri saluran dengan titik tinjauan ditunjukkan oleh *cross section 77, 65 dan 57*. Hasil dari pemodelan dengan tambahan *revetment* dapat dilihat pada Gambar (5.9), (5.10) dan (5.11).



Gambar 5.12 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section 77*



Gambar 5.13 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section 65*



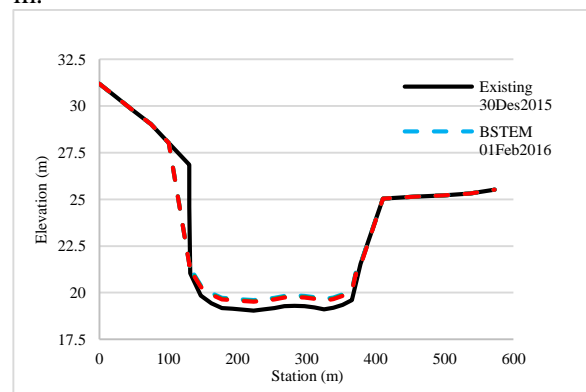
Gambar 5.14 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section 57*

Pada gambar 5.12 merupakan penampang hasil pemodelan *BSTEM* pada *cross section 77* dengan menggunakan *revetment* sebagai bangunan penahan tebing saluran yang terletak pada sisi. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa tebing sungai pada sisi seluwing tidak terjadi keruntuhan, tetapi pada kaki *revetment* masih tetap terjadi gerusan. Kondisi eksisting (30 Desember 2015) elevasi dasar saluran pada kaki *revetment* 20.02 m dan setelah di *running* selama tiga bulan sampai 01 April 2016 elevasi dasar saluran dibawah *revetment* berada pada elevasi 18.73 m, artinya selama 3 bulan elevasi dasar saluran terjadi erosi hingga 1.29 m. Gerusan yang sangat signifikan terjadi pada dua bulan pertama dimana penurunan elevasi dasar saluran setinggi 1.02 m.

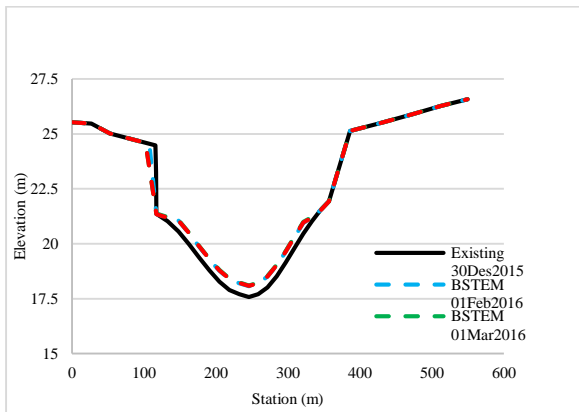
Hal yang sama ditunjukkan oleh *cross section 65* (Gambar 5.13) dan 57 (Gambar 5.14) yaitu tebing sungai tidak terjadi keruntuhan tetapi pada kaki tebing terjadi gerusan dan pada *cross section 65* terjadi pergeseran sedimen.

5.2.2 Lokasi Tinjauan sisi Malinau Seberang

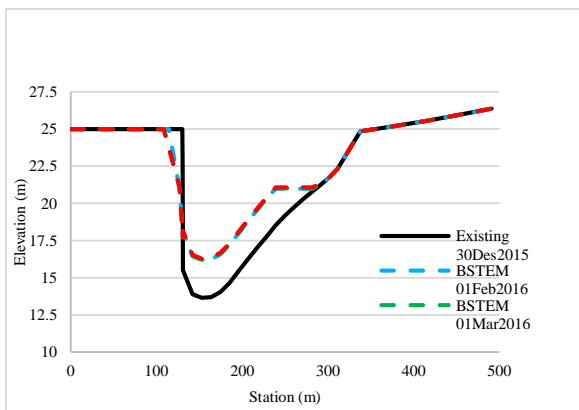
Dengan dibangunnya dinding *revetment* yang berada disisi Seluwing maka terjadi perubahan besar erosi pada sisi Malinau Seberang. Sisi Malinau Seberang merupakan lokasi yang ditinjau dari akibat dibangunnya *revetment* pada sisi Seluwing. Gambar (5.15), (5.16) dan (5.17) menunjukkan keruntuhan pada tebing sisi Malinau Seberang. Hasil dari simulasi *BSTEM* selama durasi *running* 3 bulan, besar keruntuhan pada tebing sisi Malinau Seberang sangat bervariasi dengan rata-rata keruntuhan 16 m.



Gambar 5.15 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section 49*



Gambar 5.16 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section* 41



Gambar 5.17 Kondisi tebing sungai sisi Seluwing *cross-section* 31

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pemodelan pada tebing sungai Sesayap pada sisi Seluwing dan Malinau Seberang, peneliti menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Model *BSTEM* (*Bank Stability and Toe Erosion Model*) pada *software* HECRAS versi 5.0.0 telah mampu memodelkan erosi pada kaki tebing sungai dan keruntuhannya pada tebing bagian atas.
2. Pemodelan *BSTEM* tanpa menggunakan *sheet file* pada sisi Seluwing, tebing pada sisi Seluwing terjadi erosi dengan rata-rata erosi 15 m dari kondisi awal.
3. Pemodelan kondisi setelah ada *sheet file*, tebing sisi Seluwing tidak terjadi keruntuhan, tetapi pada kaki *sheet file* terjadi erosi dengan erosi rata-rata 1 m
4. Setelah dibangun dinding *sheet file* pada sisi Seluwing, tebing sungai sisi Malinau seberang terjadi pengurangan erosi rata-rata 1.5 m

6.2 Saran

Dari penelitian ini dapat diperoleh beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut :

1. Untuk keakuratan hasil *output* pemodelan, *input* debit perlu disesuaikan dengan debit hasil perhitungan debit harian.
2. Untuk menambah keamanan tebing sisi Malinau Sebrang, perlu dibangun *revetment* pada tebing tersebut dan dianalisis lagi stabilitasnya dengan *BSTEM* ataupun dengan model lain.
3. Perlu dilakukan pemodelan dengan metode yang lain dengan tujuan dapat membandingkan hasil dari pemodelan *BSTEM* pada HECRAS 5.0 dan hasil dari pemodelan tersebut, rekomendasi peneliti yaitu melakukan pemodelan secara fisik.

DAFTAR PUSTAKA

Aprilianto, M.D., (2016), "Analisis Dampak Pengerukan Sedimen (*Dredging*) pada Sungai Progo Menggunakan Aplikasi Hec-Ras 5.0.0", Seminar Tugas Akhir. Yogyakarta, 2016.

Chow, Ven Te., 1959, *Open-Channel Hydraulics*, International Student.

Davis. C.A(2010) USHEC-RAS River Analisis Sistem, US Army Corps of Engineers, version 4.1

Gibson.,(2013) USDA-ARS Bank Stability and Toe Erosion Model (*BSTEM*) in HEC-RAS., User Manual - Draft v 1.11

John Shelley, Ph.D., P.E., 2011, *Modeling Bed Degradation Of A Large, Sand-Bed River With In-Channel Mining With Hec-Ras 5.0* U.S. Army Corps Of Engineers, Kansas City District, USA.

Legono, Djoko., (2008), "Studi Perencanaan Konstruksi Penahan Longsor dan Normalisasi Sungai Sesayap Kabupaten Malinau" Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Malinau dengan Lembaga Kerjasama Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada No. 602.1/184/DPU-MAL/IX/2008, 15 September 2008".

Muntohar, A.S.,(2013), "Dasar dan Metode Penelitian", *Bahan Ajar Kuliah Teknik Sipil*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Simon, Andrew., Langendoen, E.J., dan Thomas, Robert (2006) "Incorporating Bank Toe Erosion by Hydraulic Shear into a Bank-Stability Model, Missouri River, Eastern Montana", pp : 70-76

Simon, Andrew (2007) "Development and Application of a Deterministic Bank Stability and Toe Erosion Model for Stream Restoration", *National Sedimentation Laboratory, Agricultural Research Service, USDA*,. Oxford, Mississippi, USA