

REKAYASA HIDRAULIK UNTUK PENGENDALIAN EROSI DAN SEDIMENTASI RUAS SUNGAI KAHAYAN BERSTRUKTUR MEMBENTANG SUNGAI

Nomeritae

Dosen tetap di Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, email: nomeritae@jts.up.ac.id

Haiki Mart Yupi

Dosen tetap di Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, email: haikimartyupi@jts.up.ac.id

Afentina

Dosen tetap di Jurusan/Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, email: afentina.unpar@gmail.com

Abstract: Meandering rivers are prone to erosion and sedimentation. If the condition of the river segment has experienced degradation, erosion and sedimentation, thus it can endanger the community in the region, the environment, and the structure that passes through it. One of the meandering points that is prone to scouring and sedimentation is the Kahayan River section which is crossed by the Kahayan Bridge. Existing river cross-sectional capacity of 100-year design discharge was first analyzed. Several variations of discharge were also analyzed to determine the maximum cross-sectional capacity and magnitude of the discharge when the bridge deck flooded. Next, sediment transport analysis was conducted to estimate the condition of river banks and beds. If erosion occurs at the right and left of river bank and the river beds is scoured, thus the river control building can be designed, in example in the form of crib and ground sill constructions. In this research, the hydraulic analysis is performed using HEC-RAS 5.03. From the results of the river crossing and design discharge analysis ($Q_{100} = 2828.8602 \text{ m}^3/\text{s}$), the existing river crossings cannot accommodate the design discharge. The Kahayan bridge deck will flooded when $Q > 4500 \text{ m}^3/\text{s}$. Sediment loss in the river cut studied can be minimized by installing a ground sill with 1 m high measured from the river bed.

Keywords: River, Bridge, Erosion, Sedimentation, HEC-RAS

Abstrak: Sungai dengan banyak belokan (*meander*) rawan terhadap erosi dan sedimentasi. Apabila kondisi ruas sungai sudah mengalami degradasi, erosi dan sedimentasi maka dapat membahayakan masyarakat di wilayah tersebut, lingkungan, maupun struktur yang melintasinya. Salah satu titik belokan yang rawan terhadap penggerusan dan sedimentasi adalah ruas Sungai Kahayan yang dilintasi oleh Jembatan Kahayan. Kapasitas penampang sungai eksisting terhadap debit rancangan 100 tahun terlebih dahulu dianalisis. Beberapa variasi debit juga dianalisis bertujuan untuk mengetahui kapasitas maksimum penampang dan besaran debit kala lantai jembatan tenggelam. Selanjutnya analisis transpor sedimen bertujuan untuk mengaproksimasi kondisi tebing dan dasar sungai. Apabila terjadi erosi di kiri dan kanan tebing sungai serta penggerusan dasar sungai, maka dapat direncanakan bangunan pengendali sungai, sebagai contoh berupa konstruksi krib dan *ground sill*. Dalam penelitian ini, analisis hidraulika dengan menggunakan HEC-RAS 5.03. Dari hasil analisis penampang sungai dan debit rancangan ($Q_{100} = 2828.8602 \text{ m}^3/\text{s}$), penampang sungai eksisting tidak mampu menampung debit rancangan tersebut. Lantai Jembatan Kahayan akan tenggelam jika nilai $Q > 4500 \text{ m}^3/\text{s}$. Kehilangan sedimen pada penggal sungai yang diteliti dapat diminimalisir dengan pemasangan *ground sill* setinggi 1 m diukur dari dasar sungai.

Kata Kunci: Sungai, Jembatan, Erosi, Sedimentasi, HEC-RAS

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada umumnya, sungai-sungai yang mengalir di Propinsi Kalimantan Tengah memiliki karakteristik morfologi yang berbelok-belok (*meandering*) hampir di sepanjang ruas sungai. Salah satu sungai terbesar dan terpanjang di Kalimantan Tengah adalah Sungai Kahayan. Sungai Kahayan mengalir melintasi dua Kabupaten dan satu Kotamadya yaitu Kabupaten Gunung Mas, Kabupaten Pulang Pisau, dan Kotamadya Palangka Raya.

Panjang Sungai Kahayan adalah kurang lebih 600 km. Dengan morfologi sungai yang berbelok-belok, penggerusan dapat terjadi di sisi luar belokan sedangkan sedimentasi terjadi di sisi dalam belokan. Salah satu titik belokan yang rawan terhadap penggerusan dan sedimentasi adalah ruas yang dilintasi oleh Jembatan Kahayan. Jembatan ini melintasi Sungai Kahayan di Kota Palangka Raya dan menghubungkan ibu kota provinsi dengan beberapa wilayah kabupaten yaitu Kabupaten Gunung Mas, Pulang Pisau, Kapuas, Barito Timur, Barito Selatan, Barito Utara bahkan hingga Kabupaten Murung Raya.

Perubahan tata guna lahan selama beberapa dekade terakhir ini mengakibatkan perubahan besar pada geometri sungai, mengingat semakin seringnya banjir besar pada saat musim hujan dan kekeringan panjang pada saat kemarau. Kombinasi faktor alam dan faktor manusia menyebabkan terjadinya perubahan pola aliran yang mempengaruhi struktur bawah Jembatan Kahayan, sehingga seringkali dijumpai terjadi penggerusan dihilu pilar/*abutment* jembatan dan sedimentasi terjadi di bagian hilirnya.

Selain berdampak pada struktur yang melintasi Sungai Kahayan, penggerusan pada tebing sungai juga mempengaruhi kondisi kawasan hutan yang berada di tepi sungai. Kawasan hutan ini rawan terhadap longsor sehingga membahayakan flora dan fauna yang ada di kawasan hutan tersebut.

Demikian pula halnya dengan pemukiman yang ada disekitar tepian sungai yang berpotensi mengalami kelongsoran. Hal ini tentu akan

merugikan secara moral maupun materiil serta membahayakan keselamatan penduduk.

Mengingat pentingnya ruas sungai ini, maka perlu dilakukan usaha-usaha preventive untuk mencegah dan mengurangi resiko erosi dan sedimentasi di ruas sungai Kahayan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana profil geometri sungai Kahayan pada ruas sungai yang diteliti pada saat penelitian dan profil aliran yang terjadi?
2. Bagaimana kondisi gerusan dan sedimentasi di sisi luar dan dalam belokan sungai Kahayan serta di sekitar Jembatan Kahayan?
3. Apa saja rekayasa hidraulik yang tepat untuk mengatasi permasalahan degradasi sungai pada ruas Sungai Kahayan yang diteliti?
4. Bagaimana hasil simulasi kondisi sungai (profil aliran, gerusan dan sedimentasi) setelah dilakukan rekayasa hidraulik di lokasi penelitian?

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui profil sungai Kahayan pada ruas belokan dan disekitar struktur melintang sungai (*inline structure*)
2. Mengetahui profil aliran yang terjadi
3. Mengidentifikasi lokasi dan kondisi gerusan maupun sedimentasi di ruas penelitian
4. Menghasilkan rencana strategis berupa desain teknis hidraulik dalam upaya mengatasi gerusan dan sedimentasi pada belokan Sungai Kahayan dan disekitar struktur jembatan.
5. Rencana profil aliran, laju gerusan dan sedimentasi dapat terukur berdasarkan desain teknis yang diusulkan.

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Teridentifikasinya titik-titik gerusan dan sedimentasi pada belokan Sungai Kahayan dan struktur jembatan Kahayan yang melintasinya .
2. Menghasilkan desain teknis yang dilengkapi dengan simulasi profil aliran dan profil dasar saluran di saat telah diterapkannya rekayasa hidraulik.
3. Desain teknis yang dihasilkan dari penelitian ini akan dapat menjadi acuan bagi pihak terkait dalam pengambilan kebijakan dan perencanaan langkah-langkah teknis maupun

pelaksanaan konstruksi dalam rangka mengatasi masalah gerusan dan sedimentasi di belokan sungai Kahayan.

4. Apabila desain teknis tersebut dilaksanakan hingga tahap konstruksi maka struktur-struktur bangunan penting aset pemerintah yang melintas atau berada di sisi belokan akan terlindungi. Hal ini juga akan memberikan rasa aman kepada pengguna jalan, khususnya masyarakat yang menggunakan Jembatan Kahayan sebagai jembatan penyeberangan utama dan satu-satunya penghubung Kota Palangka Raya dengan daerah lainnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Studi Pendahuluan

Pada tahun 2012, telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh pola aliran terhadap gerusan Jembatan Kahayan (Nomeritae dan Riani, 2012). Hasil penelitian tersebut memberikan estimasi kedalaman gerusan jembatan Kahayan untuk perkiraan besaran debit dengan kala ulang 100 tahun berkisar antara 14 – 15 m. Kondisi ini tentu saja sangat membahayakan struktur jembatan dan diperlukan usaha pencegahan untuk mengatasi keruntuhan jembatan akibat gerusan tersebut.

Sungai

Suatu alur yang panjang diatas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai. Perpaduan antara alur sungai dan aliran air didalamnya disebut sebagai sungai.

Sifat-sifat suatu sungai dipengaruhi oleh luas, dan bentuk daerah pengaliran serta kemiringannya. Kategori kelas bentuk sungai yang umum diperkenalkan oleh Leopold dan Wolman (1957) adalah sungai berkelok (*meandering*), sungai berburai (*braided*), dan sungai lurus (*straight*).



(a) (b) (c)

Gambar 1. Kategori kelas bentuk sungai: (a) Sungai berkelok (*meandering*), (b) sungai

berburai (*braided*), (c) sungai lurus (*straight*)
 Sumber: Google Earth.

Erosi dan Sedimentasi

Proses-proses hidrologis, langsung atau tidak langsung, mempunyai kaitan dengan terjadinya erosi, transpor sedimen dan deposisi sedimen di daerah hilir. Perubahan tata guna lahan dan praktek pengelolaan DAS juga mempengaruhi terjadinya erosi, sedimentasi, dan pada gilirannya, akan mempengaruhi kualitas air (Asdak, 1995).

Secara umum dikatakan bahwa erosi dan sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan angin atau air kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terangkut di tempat yang lain.

Sebagai wilayah tropis, proses erosi tanah lebih banyak disebabkan oleh air. Berdasarkan bentuknya erosi dibedakan menjadi 4 tipe, yaitu:

- a. Erosi lempeng (*sheet erosion*), yaitu butiran-butiran diangkut lewat permukaan atas tanah oleh selapis tipis limpasan permukaan, yang dihasilkan oleh intensitas hujan yang merupakan kelebihan dari infiltrasi.
- b. Pembentukan polongan (*gully*), yaitu erosi lempeng terpusat pada polongan tersebut. Kecepatan airnya jauh lebih besar dibandingkan dengan kecepatan limpasan permukaan. Polongan tersebut cenderung menjadi lebih dalam, yang menyebabkan terjadinya longsoran-longsorannya. Polongan tersebut tumbuh ke arah hulu. Ini dinamakan erosi ke arah belakang (*backward erosion*).
- c. Longsorannya massa tanah yang terletak di atas batuan keras atau lapisan tanah liat. Longsorannya ini terjadi setelah adanya curah hujan panjang, yang lapisan tanahnya menjadi jenuh oleh air tanah.
- d. Erosi tebing sungai, terutama terjadi pada saat banjir, yaitu tebing tersebut mengalami penggerusan air yang dapat menyebabkan longsorannya tebing-tebing pada belokan sungai.

Kecepatan aliran sungai tidak sama di semua bagiannya. Kecepatan paling tinggi ada di tikungan luar atau sedikit di bawah permukaan

air. Ketika sungai banjir maka kekuatan alirannya semakin besar sehingga *hydrolic action* akan melepaskan dan mengangkut material di dasar sungai hingga tebing sungai. Erosi tebing sungai yang berkelanjutan menyebabkan alur sungai bergeser ke kiri atau ke kanan sehingga akan menjadi berkelok-kelok dan terbentuklah meander.

Salah satu penyebab penurunan kapasitas tampung sungai adalah terjadinya penumpukan sedimen atau biasa disebut sedimentasi di badan sungai baik itu di tengah-tengah alur sungai maupun pada daerah muara sebuah sungai. Sedimentasi terjadi akibat ketidakseimbangan transpor sedimen yang terjadi di sungai tersebut. Ketidak seimbangan ini, dalam jangka waktu yang panjang, akan menyebabkan terjadinya degradasi dasar saluran di daerah hulu dan agradasi dasar saluran di daerah hilir. Kondisi akhir dari transpor sedimen yang tak seimbang ini adalah sedimentasi yang dapat mengakibatkan (i) penyempitan saluran; (ii) perubahan geometrik an morfologi sungai; (iii) pengendapan di daerah dalam belokan sungai; dan (iv) penutupan atau penyempitan daerah muara sungai.

Gerusan

Gerusan adalah proses semakin dalamnya dasar sungai karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai (Legono, 1990 dalam Abdurrosyid dkk, 2009).

Proses gerusan dimulai pada saat partikel yang terbawa bergerak mengikuti pola aliran bagian hulu kebagian hilir saluran. Pada kecepatan yang lebih tinggi maka partikel yang terbawa akan semakin banyak dan lubang gerusan akan semakin besar, baik ukuran maupun kedalamannya bahkan kedalaman gerusan maksimum akan dicapai pada saat kecepatan aliran mencapai kecepatan kritik. Lebih jauh lagi ditegaskan bahwa kecepatan gerusan relatif tetap meskipun terjadi peningkatan kecepatan yang berhubungan dengan transpor sedimen baik yang masuk ataupun yang keluar lubang gerusan. (Chabert dan Engal Dinger, 1956 dalam Abdurrosyid dkk, 2009).

Aliran Saluran Terbuka

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka (*open channel flow*)

maupun aliran pipa (*pipe flow*). Aliran saluran terbuka memiliki permukaan bebas (*free surface*) sedangkan aliran pipa tidak demikian (Chow, 1997).

Tipe saluran terbuka dapat digolongkan menjadi berbagai jenis dan diuraikan dengan berbagai cara. Penggolongan tipe aliran dibuat berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan ruang dan waktu. Apabila waktu sebagai kriteria, aliran diklasifikasikan sebagai aliran tunak/permanen (*steady flow*) dan aliran tak-tunak/tak permanen (*unsteady flow*). Aliran dikatakan tunak/permanen (*steady*) bila kedalaman aliran tidak berubah atau dapat dianggap konstan selama selang waktu tertentu. Aliran dikatakan tak-tunak/tak permanen (*unsteady*) bila kedalamannya berubah sesuai dengan waktu. Apabila ruang sebagai kriteria, aliran diklasifikasi sebagai aliran seragam (*uniform flow*) dan aliran berubah (*varied flow*).

Aliran terbuka dikatakan seragam bila kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran. Aliran disebut berubah (*varied*) bila kedalaman aliran berubah sepanjang penampang saluran.

HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai (*River Analysis System (RAS)*), dibuat oleh *Hydrolic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, dibawah *US Army Corps of Engineers (USACE)* (Garry, 2002).

HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak-permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*) dan memiliki empat komponen model satu dimensi yaitu : (1) hitungan profil muka air aliran permanen, (2) simulasi aliran tak permanen, (3) hitungan transpor sedimen, dan (4) hitungan kualitas air (Istiarto, 2008).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah penggal Sungai Kahayan dan Jembatan Kahayan di Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia. Jembatan ini memiliki panjang 640 meter dan

lebar 9 meter, terdiri dari 12 bentang dengan bentang khusus sepanjang 150 meter pada alur pelayaran sungai.

Jembatan ini memiliki koordinat geografis pada $2^{\circ} 12' 7''$ LS dan $113^{\circ} 55' 19''$ Bujur Timur. Peta situasi Jembatan Kahayan dan Sungai Kahayan yang dilintasinya dapat dilihat pada Gambar 2.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu:

1. Analisis Geometrik Sungai
Data geometri sungai yang dikumpulkan dengan melakukan kegiatan survey di lapangan kemudian diolah menjadi peta kontur dan potongan melintang sungai.
2. Analisis Hidrologi
Pada tahapan ini, data curah hujan harian maksimum pada beberapa stasiun hujan yang tersebar di Palangka Raya diolah sehingga diperoleh curah hujan rancangan dan debit rancangan beberapa kala ulang.
3. Analisis Hidraulika
Analisis ini bertujuan untuk mengetahui daya tampung penggal sungai yang diteliti, pola aliran yang terjadi, dan besaran angkutan sedimennya. Analisis hidraulika ini dengan menggunakan HEC-RAS Versi 5.0.3. Pengaruh penambahan bangunan pengatur sungai juga dianalisis dengan metode ini.



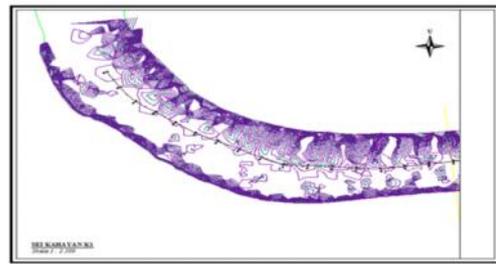
Gambar 2. Sungai Kahayan dan Jembatan Kahayan yang melintasinya (bagian yang dilingkari).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Sungai Kahayan

Pengukuran geodetik Sungai Kahayan dilakukan sepanjang 800 meter alur sungai, masing-masing pada jarak 400 meter dari hulu

dan hilir jembatan Kahayan. Gambar hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Geodetik Sungai

Analisis Hidrologi

Data hujan curah hujan harian maksimum diperoleh dari 2 (dua) stasiun hujan yang ada di Palangka Raya yaitu Stasiun Hujan Bereng Bengkel dan Stasiun Hujan Palangka Raya. Hasil analisis frekuensi menghasilkan curah hujan rancangan dengan kala ulang 100 tahun (X_{100}) sebesar 156,45 mm. Intensitas hujan dihitung dengan metode Mononobe, lama waktu pengaliran (t_c) dengan menggunakan persamaan Kirpich dan besaran debit dihitung dengan Rumus Rasional. Besaran debit dengan kala ulang 100 tahun yang diperoleh adalah sebesar (Q_{100}) 2828.86 $m^3/detik$.

Tabel 1. Perhitungan Debit Rancangan

Kala Ulang (Tahun)	t_c (jam)	Hujan (mm)	Koefisien Pengaliran Komposit (C)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit ($m^3/detik$)
100	189.06	156.45	0.41	2.81	2828.86

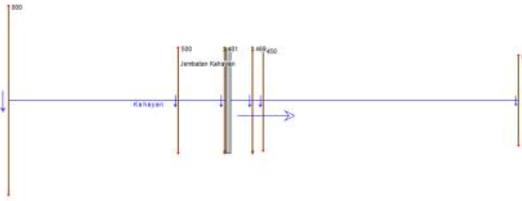
Analisis Hidraulika

Aliran Steady Flow

Tujuan dari simulasi adalah untuk mengetahui profil muka air yang terjadi akibat adanya struktur membentang sungai, yaitu berupa pilar jembatan dan abutmentnya.

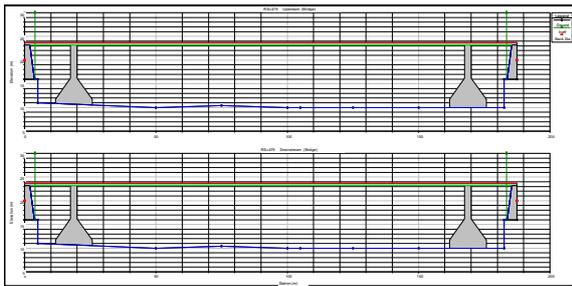
Data hasil pengukuran geometri Sungai Kahayan selanjutnya diinput ke dalam HEC-RAS. Selain hasil pengukuran *cross section*, data *deck/roadway*, *pier* dan *sloping abutment* adalah masukan yang diperlukan untuk analisis. *Cross Section* paling hulu adalah di Station 800 sedangkan Station 0 adalah *cross section* paling hilir. Jembatan Kahayan berada pada Station

479. Skema sungai Kahayan pada program HEC-RAS dapat dilihat 4.



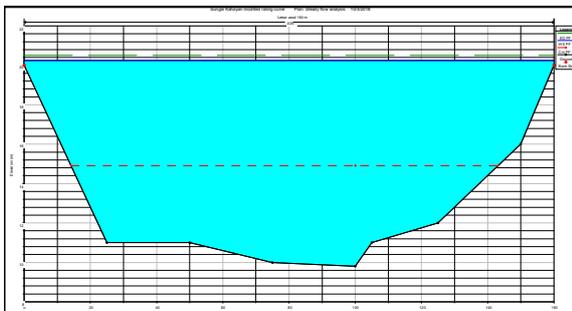
Gambar 4. Skema Potongan Sungai Kahayan

Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan dan juga data sekunder yang berhasil dikumpulkan, peniruan geometri hanya dilakukan terhadap dua pilar utama yang tepat berada di tengah bentang jembatan dengan asumsi bahwa kondisi dasar sungai masih berada dalam keadaan ideal. Peniruan geometri *deck/roadway*, *pier* (pilar) dan *abutment* dapat dilihat pada Gambar berikut.

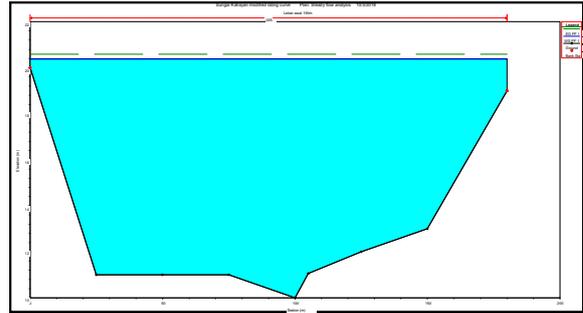


Gambar 5. Hasil Input *Deck/Roadway*, *Pier* (Pilar) dan *Abutment* Pada Sta 479

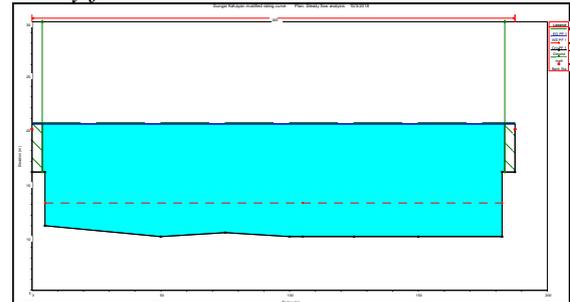
Syarat batas untuk kondisi steady pada bagian hulu adalah dengan menggunakan debit untuk kala ulang 100 tahun sebesar $Q = 2,828.8602 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan pada kondisi hilir dengan menggunakan kedalaman normal ($S = 0.00016$).



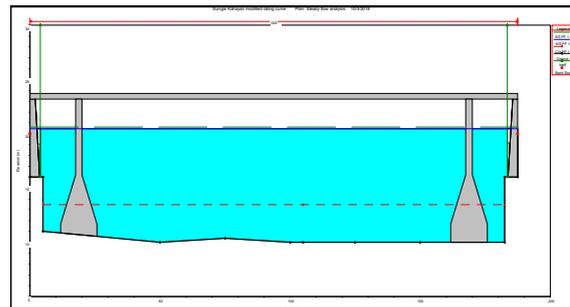
Gambar 6. Hasil Simulasi Aliran Kondisi *Steady flow*. *Cross Section* Sta 0



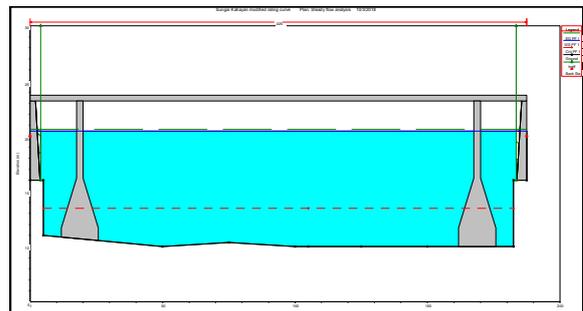
Gambar 7. Hasil Simulasi Aliran Kondisi *Steady flow*. *Cross Section* Sta 450



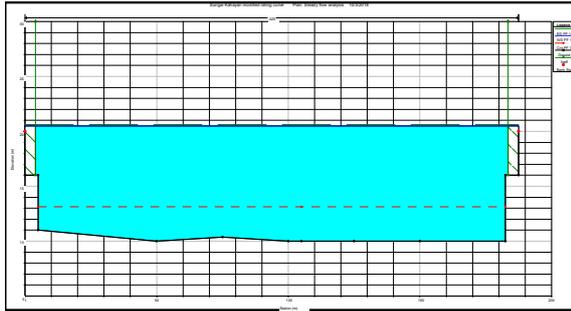
Gambar 8. Hasil Simulasi Aliran Kondisi *Steady flow* *Cross Section* Sta 469



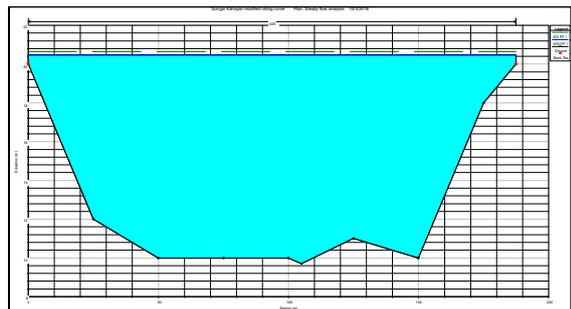
Gambar 9. Hasil Simulasi Aliran Kondisi *Steady flow*. *Cross Section* Sta 479 Hulu Jembatan



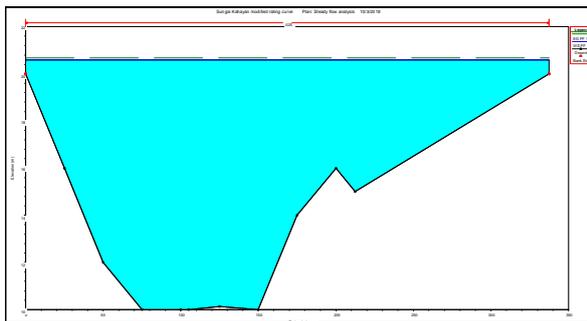
Gambar 10. Hasil Simulasi Aliran Kondisi *Steady flow*. *Cross Section* Sta 479 Hilir Jembatan



Gambar 11. Hasil Simulasi Aliran Kondisi *Steady flow*. Cross Section Sta 481



Gambar 12. Hasil Simulasi Aliran Kondisi *Steady flow*. Cross Section Sta 500



Gambar 13. Hasil Simulasi Aliran Kondisi *Steady flow*. Cross Section Sta 800

Berdasarkan hasil simulasi, debit $Q_{100} = 2828.8602 \text{ m}^3/\text{s}$ sudah tidak dapat ditampung oleh penampang sungai pada penggal yang diteliti. Elevasi maksimum yang terjadi adalah sebesar 20.58 m dan minimum 20.24 m. Aliran bersifat sub kritis karena bilangan *Froude* (*Fr*) pada semua *cross section* bernilai < 1 . Dari hasil coba-coba, deck jembatan akan tenggelam jika nilai $Q > 4,500 \text{ m}^3/\text{s}$.

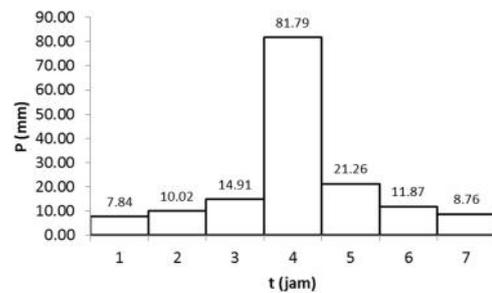
Transpor Sedimen

Simulasi transpor sedimen dengan program HEC-RAS 5.0.3 dapat digunakan untuk mengevaluasi perubahan kapasitas debit tampang sungai akibat adanya proses transpor sedimen dan mengevaluasi proses transpor

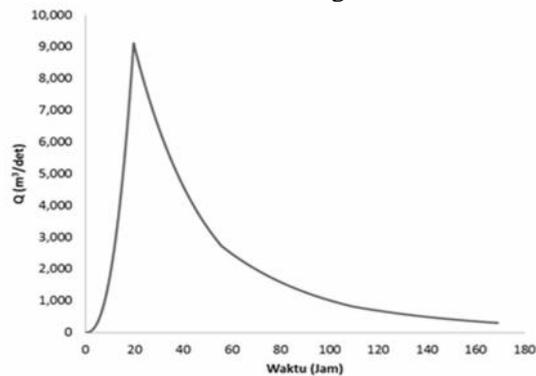
sedimen yang terjadi pada tampang sungai maupun penggal sungai.

Karena data debit terukur tidak tersedia, maka boundary condition penggal hulu menggunakan seri data debit yang diperoleh dari analisis hidrograf satuan berdasarkan hujan rancangan 100 tahun (X_{100}) sebesar 151.6680 mm. Model distribusi hujan yang digunakan adalah distribusi tinggi hujan rencana dalam rangkaian n interval waktu dengan durasi t selama waktu t. Metode yang digunakan adalah metode *Alternating Block Method* (ABM). Selanjutnya dilakukan analisis Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) dengan metode HSS Nakayasu.

Kondisi batas penggal hilir menggunakan kedalaman normal dengan memasukkan friction slope pada bagian hilir sebesar 0.00016.

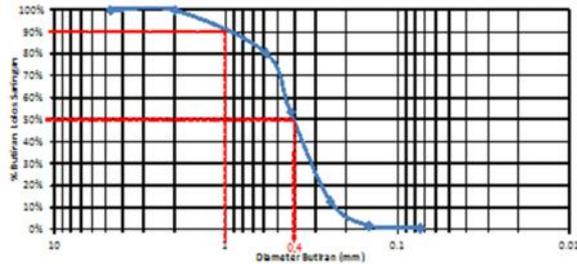


Gambar 14. Hietograf ABM



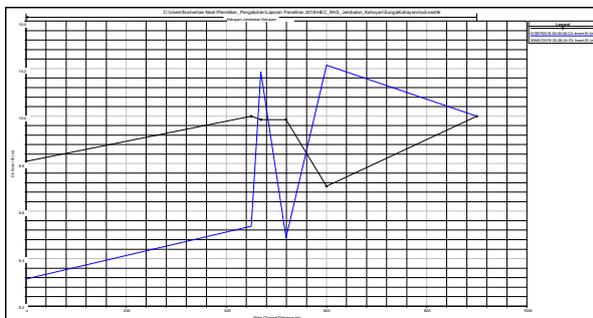
Gambar 15. Hidrograf Limpasan Akibat Hujan

Data sedimen yang digunakan sebagai input untuk simulasi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 16. Grafik Analisa Butiran Dasar Sungai Kahayan.

Waktu simulasi adalah dari tanggal 1 September 2018 hingga 31 Mei 2019. Perhitungan transpor sedimen dengan menggunakan HEC-RAS 5.0.3 dilakukan di setiap tampang melintang (*cross section*) sehingga kapasitas transpor sedimen nilainya berbeda-beda untuk setiap tampang melintang (*cross section*) dan perubahan elevasi dasar saluran juga berbeda. Perbandingan dasar saluran antara dasar saluran di awal simulasi dan akhir simulasi dapat dilihat dengan jelas dengan menggunakan potongan memanjang sungai. Pembacaan hasil simulasi transpor sedimen akan lebih informatif pada tampang memanjang sungai untuk mengetahui kecenderungan perilaku transpor sedimen.



Gambar 17. Profil memanjang perubahan dasar saluran karena adanya pergerakan sedimen.

Berdasarkan hasil simulasi, terlihat terjadi penurunan dasar saluran pada penggal hulu jembatan, sedangkan pada bagian hilirnya terjadi kenaikan. Sedangkan erosi terjadi di dinding/tebing saluran hampir di semua tampang melintang saluran.

Tabel 2. Perubahan kedalaman dasar sungai

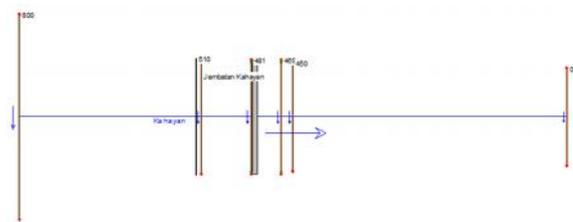
Sta	Kedalaman awal (m)	Kedalaman Akhir (hasil simulasi) (m)	Perubahan dasar sungai (m)	Keterangan
800	10.000	10.000	0.000	Tidak Berubah
500	9.705	10.215	0.510	Sedimentasi
481	9.985	9.489	-0.496	Erosi
469	9.985	10.185	0.200	Sedimentasi
450	10.000	9.536	-0.463	Erosi
0	9.810	9.315	-0.495	Erosi

Sedimen yang masuk pada penggal yang menjadi kajian adalah sebesar 31,793,846.00 ton sedangkan sedimen yang keluar adalah sebesar 31,809,051.76 ton. Dengan demikian secara umum terdapat kelebihan sedimen pada penggal sungai sebesar 15,205.76 ton.

Perencanaan Groundsill

Groundsill adalah bangunan yang dibangun melintang sungai yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan arus dan meningkatkan laju pengendapan sedimen di bagian hulu *groundsill*. Hal ini dimaksudkan untuk mengamankan pondasi jembatan atau bangunan yang ada di hulu *groundsill*, sehingga struktur bangunan yang berada di bagian hulu sungai seperti jembatan atau bangunan air lainnya aman terhadap erosi.

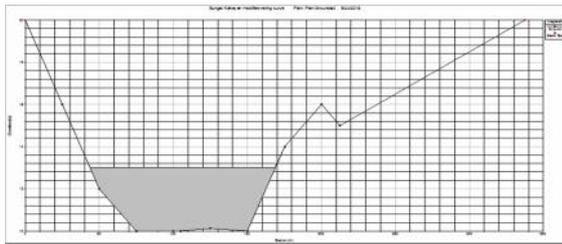
Berdasarkan Gambar 10 terlihat bahwa terjadi degradasi dasar sungai di bagian hulu jembatan sedangkan agradasi terjadi di hilirnya. Untuk itu akan direncanakan sebuah *groundsill* yang berlokasi di Station 510.



Gambar 18. Skema geometri *groundsill*.

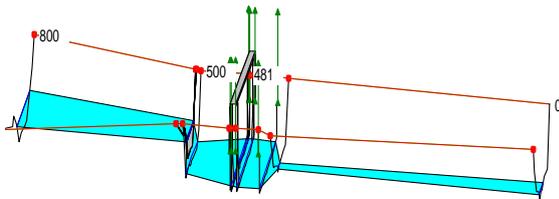
Mengingat Sungai Kahayan masih digunakan sebagai salah satu jenis transportasi angkutan barang dan tidak jarang angkutan manusia, elevasi mercu *groundsill* direncanakan tidak terlalu tinggi. Kedalaman dasar sungai rata-rata

berada pada + 10 m kedalaman lokal. Elevasi muka air tertinggi hasil simulasi rata-rata berada pada + 20 m. Dengan mempertimbangkan faktor keamanan, maka elevasi mercu *groundsill* direncanakan berada pada beberapa variasi ketinggian yaitu 1, 2 dan 3 m di atas permukaan dasar sungai (+11 m, +12 m, dan +13 m).



(a)

Gambar 19. (a) Hasil plotting profile *groundsill* pada Sta 510 dengan ketinggian mercu +13 m



(b)

Gambar 20. (b) XYZ perspective.

Tabel 3. Jumlah Sedimen Terendap

Elevasi Mercu <i>Groundsill</i> (m)	Jumlah Sedimen Terendap (Ton)
11	58,781.93
12	57,827.26
13	55,722.63

Tabel 4. Perubahan dasar sungai sebelum dan sesudah dipasang *groundsill* dengan beberapa variasi elevasi mercu

Penanganan	Sta	Perubahan dasar sungai (m)	Rata-rata Perubahan Kedalaman (m)
Tidak ada <i>groundsill</i>	800	0.00	-0.12
	500	0.51	
	481	-0.50	
	469	0.20	

<i>Groundsill</i> Elevasi Mercu +11 m	450	-0.46	0.57
	0	-0.50	
	800	0.00	
	500	0.54	
	481	1.37	
	469	1.68	
<i>Groundsill</i> Elevasi Mercu +12 m	450	-0.08	0.57
	0	-0.10	
	800	0.00	
	500	0.53	
	481	1.36	
	469	1.69	

Lanjutan Tabel 4

<i>Groundsill</i> Elevasi Mercu +13 m	800	0.00	0.55
	500	0.49	
	481	1.32	
	469	1.68	
	450	-0.08	
	0	-0.10	

Geometri *groundsill* tersebut adalah sebagai berikut:

- i) jarak dari tampang lintang hulu (Sta 800) adalah 290 m,
- ii) tinggi bendung bervariasi yaitu 1,2, dan 3 m dari dasar sungai asli,
- iii) lebar mercu 0.9 m (ambang lebar),
- iv) koefisien aliran melalui mercu bendung 1.5

Lebar *groundsill* diambil antara 1,0 – 1,2 dari lebar rata-rata sungai pada ruas yang stabil. Berikut ada potongan melintang *groundsill* pada Sta 510 dengan variasi ketinggian mercu +13 m.

Jumlah sedimen yang terendap dengan adanya *groundsill* tinggi mercu 11, 12, dan 13 m dapat dilihat pada Tabel 3.

Dengan dibangunnya *groundsill* di hulu jembatan, dasar sungai yang pada kondisi eksisting tergerus kemudian mengalami agradasi. Kenaikan yang cukup signifikan adalah pada Stasiun 481 yang berlokasi di bagian hulu jembatan. Demikian pula halnya dengan Stasiun pengukuran 469 yang berada di hilir jembatan juga mengalami kenaikan dasar elevasi sungai. Dari hasil simulasi, terlihat

bahwa terjadi kenaikan dasar sungai rata-rata kurang lebih 0.57 m dari kondisi awal (Tabel 4). Dengan demikian, *groundsill* memiliki peran yang cukup efektif untuk mengurangi erosi dasar sungai. Ketinggian mercu tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan ketinggian dasar sungai.

PENUTUP

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Kondisi geometri sungai Kahayan semakin ke hulu mengalami penyempitan, terutama pada lokasi berdirinya struktur jembatan Kahayan, mengingat posisinya yang persis berada di meander sungai.
2. Debit rancangan untuk periode ulang 100 tahun yang dianalisis adalah sebesar 2828.8602 m³/detik.
3. Dari hasil pengukuran di lapangan tampak jelas bahwa terjadi pendangkalan pada ruas sungai Kahayan.
4. Dari hasil analisis penampang sungai eksisting sudah tidak dapat menampung debit rancangan maksimum ($Q_{100} = 2828.8602 \text{ m}^3/\text{s}$). Elevasi maksimum yang terjadi adalah sebesar 20.58 m dan minimum 20.24 m. Aliran bersifat sub kritis karena bilangan Froude (Fr) pada semua *cross section* bernilai < 1 .
5. Berdasarkan hasil simulasi transpor sedimen, terjadi penurunan dasar saluran pada penggal hulu jembatan, sedangkan pada bagian hilirnya terjadi kenaikan. Rata-rata penurunan dasar sungai adalah 0.12 m dan kelebihan sedimen sebesar 15,205.76 ton.
6. Untuk mencegah erosi tebing sungai, dapat direncanakan krib dengan panjang 26 m dan jarak antar krib 60 m.
7. Pemasangan *groundsill* pada penggal sungai yang diteliti dapat dilakukan untuk mengurangi kecepatan arus dan meningkatkan laju pengendapan. *Groundsill* dengan tinggi 1 dan 2 m dari dasar sungai efektif mengurangi kecepatan arus sungai sehingga terjadi kenaikan elevasi dasar rata-rata sebesar 0.57 m. *Groundsill* dengan tinggi 3 m dari dasar

sungai dapat menaikkan elevasi dasar sungai rata-rata sebesar 0.55 m.

8. Jumlah sedimen yang terendap dengan adanya *groundsill* tinggi mercu 11, 12, dan 13 m berturut-turut adalah 58,781.93 ton, 57,827.26 ton, dan 55,722.63 ton.

Saran

1. Keterbatasan data primer maupun sekunder yang diperoleh, menyebabkan data seperti hidrograf debit dan muka air di beberapa titik dianalisis dengan menggunakan rumus sintetik (tidak adanya rekaman data AWLR). Hal ini dapat mengurangi keakuratan data yang diinput untuk analisis. Oleh karena itu, diperlukan ketelitian dan keakuratan dalam pengumpulan data terutama data primer.
2. Keterbatasan jumlah stasiun hujan dan penempatannya yang tidak representatif sangat berpengaruh besar terhadap besaran hujan yang dihasilkan. Diperlukan perhatian khusus dari pihak yang berwenang untuk melengkapi sarana dan prasarana hidrologi, mengingat peran pentingnya dalam berbagai bidang perencanaan, ilmu pengetahuan dan berbagai sektor lainnya.
3. Penggunaan *groundsill* sebagai pengendali degradasi dasar sungai perlu pertimbangan yang cermat mengingat Sungai Kahayan memiliki fungsi utama sebagai jalur transportasi sungai. Keamanan alat-alat transportasi sungai yang melintas perlu dipertimbangkan, terutama jika kondisi sungai dalam keadaan surut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrosyid, J. dkk, (2009), "*Studi Gerusan dan Perlindungannya di Hilir Kolam Olakan Bendung Tipe USBR-I*", Jurnal Dinamika Teknik Sipil, Volume 9, Nomor 01. Januari 2009. Surakarta : UMS.
- Garry W. Brunner, (2002), "*HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual*", US Army Corps of Engineer Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Centre, California.
- Asdak, C., (1995), "*Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Bambang Triatmodjo, (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Chow, V.T., (1997), *Hidraulika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- Istiarto, (2008). *Simulasi Aliran 1-Dimensi Permanen dan Tak Permanen*, Modul Pelatihan HEC-RAS, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Leopold LB, Wolman MG, (1957), “*River channel patterns: braided, meandering and straight*”, US Geological Survey Professional Papers 262: 39–85.
- Nomeritae, dan Riani, D., (2012), “*Pengaruh Pola Aliran Akibat Perubahan Geometri Sungai Kahayan Terhadap Kedalaman Gerusan Jembatan Kahayan*”, Penelitian Dosen Pemula, Universitas Palangka Raya.