

PERENCANAAN SUDETAN SUNGAI KUALA TENDEKI PADA JALAN TOL MANADO – BITUNG

Laksmiana Angga Parsada, Toebagus Galih Ruwanda Pramana,
Sutarto Edhisono^{*)}, Dyah Ari Wulandari^{*)}

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, S.H., Tembalang, Semarang. 50239, Telp: (024) 7474770, Fax: (024) 7460060

ABSTRAK

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) dengan Pemerintah Provinsi (Pemprov) Sulawesi Utara bekerja sama untuk membuat Jalan Tol Manado – Bitung. Jalan Tol Manado – Bitung dibangun untuk menyediakan jalan alternatif dari ruas jalan *existing* yang masih menjadi satu-satunya jalur penghubung kedua kota tersebut dan akan menjadi jalan akses utama ke kawasan ekonomi khusus (KEK) Bitung dan pelabuhan hubungan internasional Bitung.

Trase jalan tol tersebut melewati alur sungai yang berkelok-kelok dan untuk mengamankan badan jalan agar tidak tergerus aliran sungai maka diperlukan sudetan. Sebagai akibatnya alur sudetan menjadi curam, sehingga diperlukan ambang untuk menjaga kelandaian dan perkuatan dasar sungai dan tebing. Pada perencanaan sudetan dilakukan beberapa analisis di antaranya, analisis hidrologi, analisis hidrolika sungai, dan analisis erosi dan sedimentasi.

Kata Kunci: Sudetan, Ambang, Erosi, Sedimentasi.

ABSTRACT

Ministry of Public Works and Public Housing (PUPR) corporate with North Sulawesi Provincial Government create Manado – Bitung Toll Road. Manado – Bitung Toll Road are built to provide an alternative road from existing road that are still the only road which connects Manado and Bitung and it will be the highway road to the Special Economic Area (KEK) of Bitung and the Bitung International Port.

The toll road plan passed through a meandering river channel and to protect the road so that it will not be eroded by the river flow, then it is required to build the river shortcut. As the result, the shortcut becomes steep and need to be protected by groundsill on riverbed and bank protection. In this shortcut design, several analyzes are carried out such as hydrological analysis, river hydraulic analysis, and analysis of erosion and sedimentation.

Keywords: River Shortcut, Groundsill, Erosion, Sedimentation.

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan prasarana transportasi berupa ruang yang berbentuk lintasan di mana memungkinkan lalu lintas dapat bergerak dari satu tempat asal ke tempat tujuan secara cepat, lancar, tertib, aman, nyaman, dan efisien. Dalam perencanaan jalan, harus memiliki syarat-syarat ekonomis menurut fungsi, volume serta sifat-sifatnya. Untuk itu diperlukan perencanaan jalan yang memenuhi standar perencanaan jalan Bina Marga. Kondisi geografis dari kontur daerah yang dilewati oleh *trase* Jalan Tol Manado – Bitung berada pada punggung Gunung Klabat dan Gunung Tangkoko, sehingga *trase* jalan ini melewati alur sungai yang berkelok-kelok dengan *meander* yang kritis. Dengan *trase* jalan seperti ini maka diperlukan konstruksi jembatan yang banyak.

Sebagai alternatif perencanaan, penggunaan konstruksi jembatan di minimalisir dengan cara menerapkan penggunaan metode sudetan. Metode sudetan adalah usaha perbaikan/ mengubah alur sungai pada sungai yang berbentuk kurva atau berbelok-belok (*meander*) menjadi alur sungai yang lurus atau mendekati garis lurus

Selain dari segi dana, perencanaan sudetan dapat mengendalikan aliran air banjir pada sungai ber-*meander* kritis tersebut yang apabila tidak dikendalikan akan berdampak pada timbulnya gerusan tanah akibat arus air sungai dalam jangka panjang. Timbulnya gerusan akan mengurangi daya dukung tanah pada jalan sehingga masa pelayanan aktual dari jalan tersebut tidak sesuai dengan masa pelayanan jalan rencana.

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Sudetan adalah saluran yang digunakan untuk mengalihkan sebagian atau seluruh aliran air banjir dalam rangka mengurangi debit banjir pada daerah yang dilindungi dengan mempertimbangkan alur sungai stabil.

Pertimbangan Teknis Pembuatan Sudetan

1) *Meander* Kritis

Sebelum melakukan sudetan perlu dilakukan analisis mengenai kondisi *meander* sungai. Parameter *meander* yang kritis mempunyai hubungan proporsional, namun untuk menentukan kondisi *meander* (kritis atau tidak), Maka perlu dicari parameter setiap *meander* di sungai yang meliputi: R (jari-jari *meander*), B (lebar sungai). Di mana jika $R/B < 10$ adalah dalam kondisi kritis.

2) Perbaikan Arah Alur Sungai di Daerah Sudetan

Pada suatu *meander* sungai, gerusan biasanya terjadi pada tikungan luar, sehingga mengakibatkan pergerakan alur sungai tersebut ke arah tikungan luar. Untuk mengantisipasi laju gerusan pada tikungan luar tersebut, perlu adanya perencanaan tikungan/ *meander* sungai yang baik

3) Normalisasi Penampang Sudetan

Normalisasi penampang sudetan meliputi penampang melintang dan penampang memanjang alur sudetan :

- Penampang memanjang dasar sungai

Pada dasarnya dasar sungai harus stabil terhadap erosi dan sedimentasi, sehingga perlu diketahui kondisi tanah di daerah sudetan untuk analisis kemiringan dasar sungai stabil. Biasanya pada alur sungai sudetan mempunyai kemiringan yang lebih curam di banding sungai *existing*. Maka kadang-kadang diperlukan bangunan pengatur dasar sungai berupa *groundsill* (maksimum tinggi terjun adalah 2 m).

- Penampang melintang sungai

Bentuk penampang melintang sungai dapat direncanakan dengan penampang tunggal ataupun ganda yang stabil, dengan mempertimbangkan bentuk hidrolis yang baik dan dapat mengalirkan debit desain. Penampang melintang yang stabil maksudnya tidak mudah berubah dalam waktu yang cukup lama, maka perlu adanya analisis penampang terhadap erosi dan longsoran tebing.

4) Bangunan Perkuatan/ Pengatur

Bangunan perkuatan atau pengatur yang diperlukan di sepanjang alur sudetan pada dasarnya untuk menstabilkan penampang melintang maupun mengatur dasar sungai (penampang memanjang).

- Bangunan perkuatan tebing sungai

Bangunan perkuatan tebing sungai diperuntukkan pada tebing sungai yang tidak stabil terutama pada tikungan luar pada sungai yang berkelok, pada lereng yang labil. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari adanya longsor pada tebing sungai.

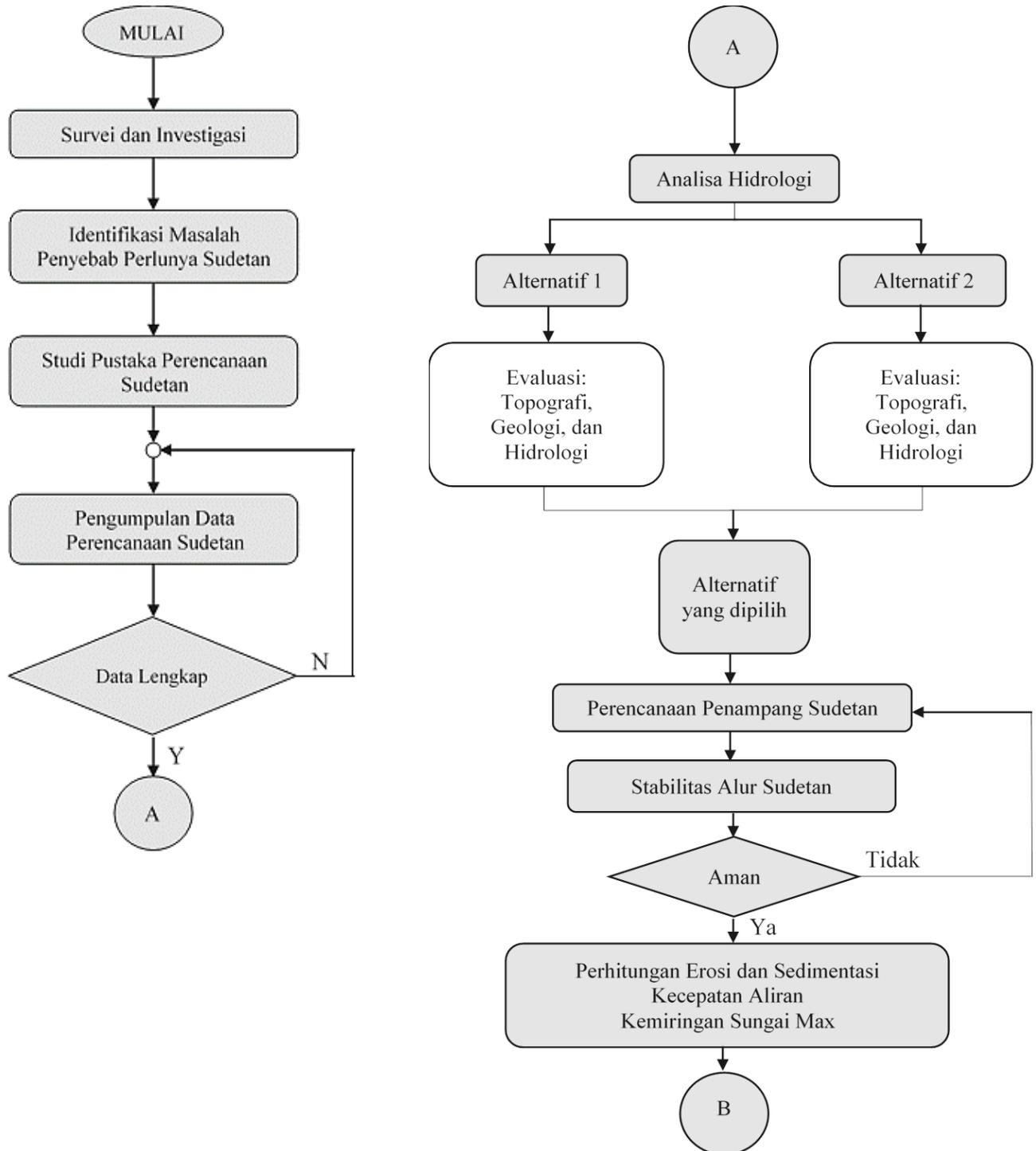
- Bangunan perkuatan dasar sungai

Pada bagian alur sungai sudetan akan terjadi kemiringan dasar sungai lebih curam dari kemiringan dasar sungai sebelumnya. Maka perlu analisis dasar sungai stabil di daerah sudetan, berdasarkan kondisi tanah di daerah tersebut. Apabila kemiringan dasar sungai stabil (dari analisis) lebih kecil dari kemiringan dasar sungai sudetan maka diperlukan bangunan pengatur.

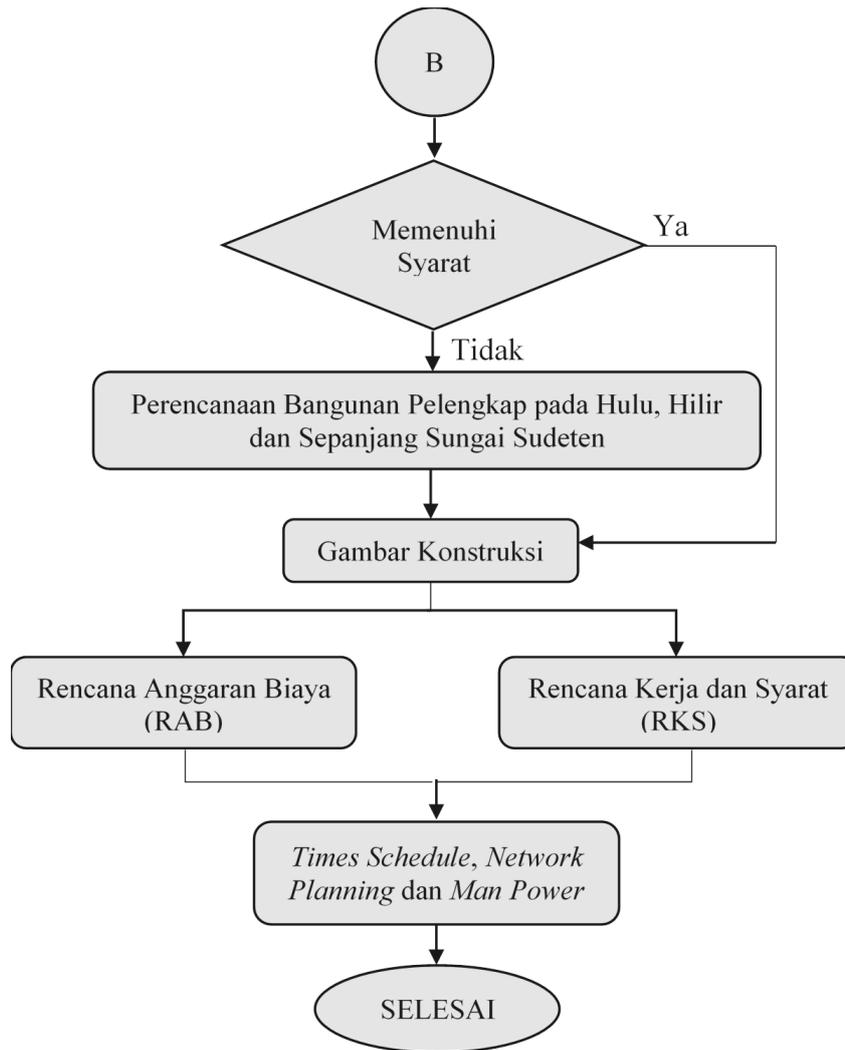
Bangunan pengatur tersebut dapat berupa *groundsill* yang melintang pada dasar sungai. Posisi bangunan *groundsill* ditempatkan pada posisi tertentu dengan memperhatikan kemiringan dasar sungai stabil, bangunan dibuat dengan maksimum tinggi terjun 2 m.

METODOLOGI

Tahapan Perencanaan Sudetan Kuala Tendeki dapat dilihat pada bagan alur pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir tahapan perencanaan sudetan pada Jalan Tol Manado – Bitung

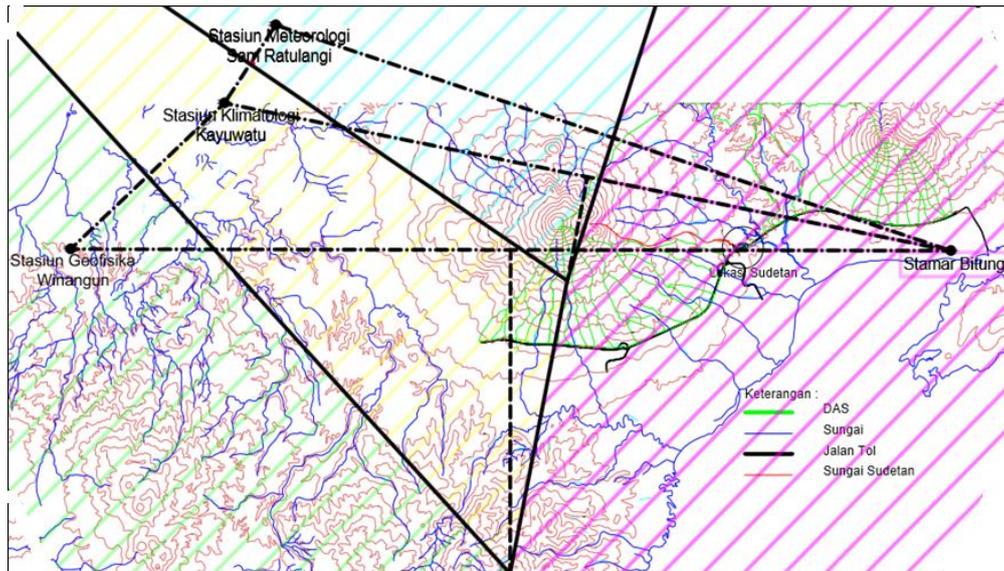


Gambar 1. Diagram alir tahapan perencanaan sudetan pada Jalan Tol Manado – Bitung. (lanjutan)

ANALISIS HIDROLOGI

Curah Hujan Rencana

Analisis data hidrologi digunakan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan curah hujan yang terjadi di suatu wilayah berdasarkan periode ulang yang diinginkan. Besarnya curah hujan rencana dihitung dengan metode Thiessen. Penentuan luas pengaruh tiap stasiun dengan poligon thiessen dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penentuan garis poligon Thiessen.

Luas daerah pengaruh poligon Thiessen pada lokasi yang akan di sudet dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Thiessen Tiap Stasiun

Stasiun	A_i (m ²)	C
Stamar Bitung	432,229	0,884
Sam Ratulangi	56,799	0,116
Kayuwatu	0,000	0,000
Winangun	0,000	0,000
Total	489,028	

Hasil perhitungan curah hujan DAS maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Curah Hujan DAS Maksimum

Tahun	2007	2008	2009	2010	2011
Curah Hujan DAS Maksimum	88,734	68,057	85,734	175,068	92,153
Tahun	2012	2013	2014	2015	2016
Curah Hujan DAS Maksimum	103,751	65,632	81,628	221,311	125,876

Analisis Curah Hujan

Setelah dilakukan analisis frekuensi dan uji kecocokan sebaran baik uji Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov, maka metode yang terpilih adalah metode Log Pearson dengan periode ulang 25 tahun. Pemilihan periode ulang 25 tahun dikarenakan sudetan sungai akan berpengaruh pada struktur jembatan jalan tol yang termasuk ke dalam jenis bangunan jembatan pada jalan penting. Perhitungan curah hujan rencana metode Log Pearson dengan periode ulang 25 tahun diperoleh sebesar 229,353 mm.

Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan Metode Hasper, Metode Weduwen, dan Metode Rasional. Metode yang digunakan adalah metode yang memenuhi syarat untuk menghitung debit dengan luas DAS 4,89 m² dengan syarat nilai debit tidak melebihi nilai debit maksimum berdasarkan grafik Creager daerah Sulawesi. Rekapitulasi hasil debit banjir rencana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Debit Banjir Rencana

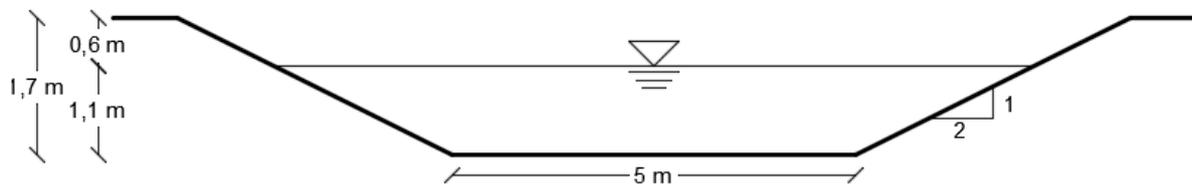
No	Metode	Q (m ³ /det)	Q Creager (m ³ /det)
1	Hasper	132,433	75
2	Weduwen	90,731	75
3	Rasional	69,516	75

Berdasarkan *plotting* garis Creager khusus daerah Sulawesi diperoleh $Q = 75 \text{ m}^3/\text{det}$, sehingga dipilih hasil debit banjir rencana metode Rasional dengan $Q = 69,516 \text{ m}^3/\text{det}$.

PERENCANAAN HIDROLIKA

Perencanaan Penampang Saluran Sudetan

Perencanaan penampang saluran sudetan menggunakan penampang trapesium tunggal dengan debit rencana sungai sebesar 69,516 m³/det dan lebar saluran sudetan sama dengan lebar sungai yang akan disudet yaitu sebesar 5m diperoleh ketinggian air sebesar 1,1 m dengan tinggi jagaan sebesar 0,6 m seperti pada Gambar 3.

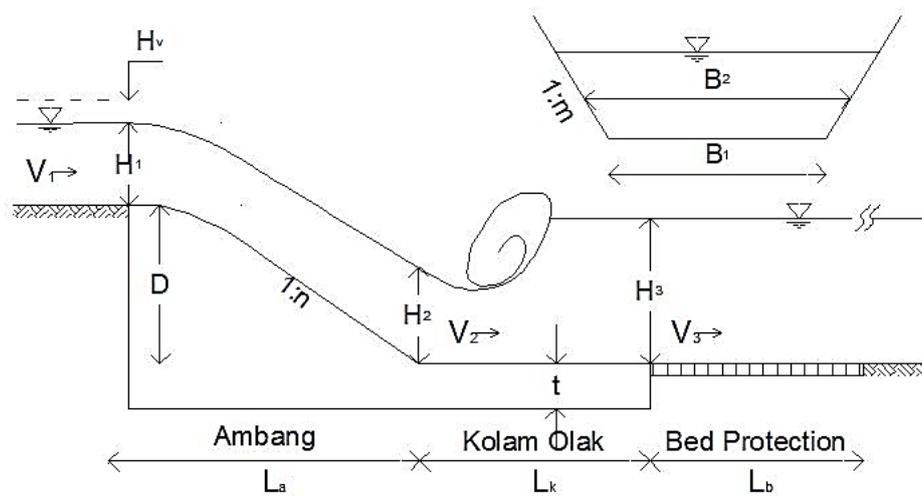


Gambar 3. Penampang Saluran Sudetan.

Perencanaan *Groundsill*

Kecepatan aliran maksimum menurut Simons dan Senturk untuk dasar sungai dengan koefisien Manning 0,025 sebesar 1,98 m/det sedangkan kecepatan aliran yang terjadi pada sudetan sebesar 9,85 m/det ($V_{\text{sudetan}} > V_{\text{maksimum}}$) sehingga dibangun *groundsill* yang berfungsi untuk melandaikan kemiringan sudetan yang terlalu curam agar kecepatan aliran pada sudetan tidak melebihi kecepatan aliran maksimum.

Groundsill dibangun sepanjang alur sudetan yang panjangnya 156,443 m dengan jarak antar *groundsill* direncanakan setiap 25 m sehingga jumlah *groundsill* sebanyak 6 buah di sepanjang alur sudetan. Bagian-bagian *groundsill* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Detail *Groundsill*.

Tahapan perencanaan *groundsill* yaitu:

1) Perencanaan Ambang

Ambang direncanakan dengan ketinggian terjun 2 m, dengan lebar ambang 2 m dan kemiringan ambang 1 : 0,5.

2) Perencanaan Kolam Olak

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai bilangan Froude sebesar 1,6478 mengacu pada SNI 03-2851-1992 tentang Tata cara Perencanaan Teknis Bangunan Penahan Sedimen. Apabila nilai $Fr < 1,7$ maka tidak diperlukan kolam olak.

3) Perencanaan *Bed Protection*

Untuk menghindari gerusan akibat adanya terjunan maka diperlukan sebuah bangunan berupa bronjong di hilir *groundsill*. Besarnya kedalaman gerusan dihitung dengan menggunakan Metode Lacey di mana diperoleh kedalaman gerusan (R) sebesar 1,17 m dikarenakan nilai tersebut melebihi kedalaman fondasi *groundsill* maka diperlukan *bed protection* dengan panjang $L_b = 4 \times R = 9,97$ m.

Perkuatan Tebing Sungai

Perkuatan tebing sungai berupa *shotcrete* dilakukan pada tebing yang tidak stabil di mana nilai $SF < 1,5$. Perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode Fellenius dengan bantuan *Software Geo Studio 2018*, hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Stabilitas Tebing

STA	FS \leq 1,5		KESIMPULAN	
	KIRI	KANAN	KIRI	KANAN
00				
10				
20				
30				
40				
50				
60	2,358	7,834	Aman	Aman
70	3,087	8,357	Aman	Aman
80	2,232	4,104	Aman	Aman
90	1,872	3,713	Aman	Aman
100	1,113	1,472	Tidak Aman	Tidak Aman
110	0,919	1,216	Tidak Aman	Tidak Aman
120	1,147	1,674	Tidak Aman	Aman
130	1,336	1,835	Tidak Aman	Aman
140	2,859	2,503	Aman	Aman
150				
156				

ANALISIS EROSI DAN SEDIMENTASI

Analisis Erosi

Berdasarkan hasil analisis erosi dengan metode USLE dapat disimpulkan bahwa pada daerah aliran sungai Kuala Tendeki berpotensi terjadi erosi lahan (E_a) sebesar 160.015,581 ton/tahun. *Sediment delivery ratio* (SDR) sebesar 0,2549, sehingga jumlah sedimen yang terangkut ke dalam sungai sebesar 83,71 ton/tahun/ha atau 42,169 m³/hari.

Analisis Sedimentasi

Perhitungan kapasitas transpor sedimen dasar (*bed load transport*) dilakukan pada penampang rencana saluran pada hulu sudetan yang kemudian dibandingkan dengan debit sedimen yang terangkut ke dalam sungai akibat erosi lahan. Perhitungan Sedimentasi dilakukan dengan 3 metode yang kemudian hasil tersebut di rata-rata, ketiga metode itu adalah Metode Meyer-Peter & Müller, Metode Frijilink, dan Metode Einsten. Hasil Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Transport Sedimen

Metode Perhitungan	Kapasitas Transpor Sedimen (m ³ /hari)
	Hulu Sudetan
Meyer-Peter dan Müller	10,021
Frijlink	12,112
Einstein	16,743
Rata-Rata	12,959

Diketahui bahwa debit sedimen yang terangkut ke dalam sungai akibat erosi lahan adalah 42,169 m³/hari (menurut metode USLE), sedangkan kapasitas transpor sedimen di hulu sudetan adalah 12,959 m³/hari (menurut Persamaan Meyer-Peter & Muller, Einstein, dan Frijlink). Karena debit sedimen akibat erosi lahan lebih besar daripada kapasitas transpor sedimen di sudetan, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi erosi pada dasar saluran sudetan, akan tetapi terjadi aggradasi (penumpukan) di hilir sudetan.

PENUTUP

KESIMPULAN

1. Periode ulang debit banjir yang digunakan adalah periode ulang 25 tahun, dengan debit periode ulang 69,516 m³/det yang dihitung menggunakan metode Rasional.
2. Karena pengaruh penyudetan, maka elevasi kemiringan dasar sudetan menjadi lebih curam dibanding kemiringan stabilnya. Guna menjaga kestabilan dasar sudetan diperlukan *groundsill* yang berfungsi untuk melandaikan dasar sudetan.
3. Selain itu untuk menanggulangi terjadinya longsor, pada lereng di sebelah kiri STA L.90 hingga STA L.140 dan L.90 hingga L.120 pada lereng sebelah kanan diperlukan perkuatan lereng dengan menggunakan *shotcrete*.
4. Karena debit sedimen akibat erosi lahan lebih besar daripada kapasitas transpor sedimen di sudetan, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi erosi pada dasar saluran sudetan, akan tetapi terjadi aggradasi (penumpukan) di hilir sudetan.

SARAN

Dikarenakan terjadi aggradasi pada hilir sudetan, maka disarankan untuk dilakukan pengerukan secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

1. alnturambiwordpress. 2017, *Peta Sulawesi Utara*.
<https://alnturambi.wordpress.com/2017/02/26/peta-sulawesi-utara/>. (diakses 3 Mei 2017).
2. Arsyad, Sitanala, 2010. *Konservasi Tanah dan Air Edisi ke 2*. Bogor; IPB Press.
3. Asdak. Chay, 2002, *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Gadjah Mada University Press, 2002.
4. Asdak. Chay, 2010, *Hydrology and watershed management*. Gadjah Mada University Press, 2009.
5. BMKG. 2017, *Laporan Iklim Harian*. <https://dataonline.bmkg.go.id>. (diakses 20 Agustus 2017).
6. Bowles, JE.,1989, *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*. Jakarta; Erlangga
7. Chow. Ven Te, 1992, *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Jakarta: Erlangga
8. Doelhomid, Srimoemi. 1987, *Water Resources, Environment and National Development*, Volume II, Hal 128-139
9. Geograph88blogspot. 2016, *Erosi Sungai dan Karakteristiknya*.
<https://geograph88.blogspot.co.id/2016/09/erosi-sungai-dan-karakteristiknya.html>. (diakses 16 Mei 2017)
10. Istiarto, 2014, *Diktat Transport Sedimen*. Bahan Ajar. Universitas Gajah Mada: Program S1 Teknik Sipil.
11. JICA. 2002, *Chapter 4 Erosion Sources and Sediment Yield*. Publications;
<https://www.jica.go.jp/english>
12. JICA. 2008, *Studi pengembangan jaringan jalan arteri di Pulau Sulawesi dan studi kelayakan jalan arteri prioritas di Propinsi Sulawesi Selatan: laporan akhir; Vol. 2-[2]*. Publications; <https://www.jica.go.jp/english>
13. Julien. P.Y. 1995, *Erosion and Sedimentation*. Cambridge University Press.
14. Kodoatie, Robert J. and Sugiyanto. 2002, *Banjir: beberapa penyebab dan metode pengendaliannya dalam perspektif lingkungan*. Jakarta: Pustaka Belajar.
15. kppip. 2017, *Pelabuhan Internasional Hubungan Bitung*. <https://kppip.go.id/proyek-prioritas/pelabuhan/pelabuhan-internasional-hub-bitung>. (diakses 3 Mei 2017).
16. Kumparan. 2017, *Pertumbuhan Ekonomi Sulawesi*. <https://kumparan.com/pertumbuhan-ekonomi>. (diakses 3 Mei 2017).
17. Liputan 6. 2016, *Pembangunan Infrastruktur Untuk Memperkuat Potensi Sulawesi*.
<http://bisnis.liputan6.com/read/2280735/dua-megaprojek-jokowi-bantu-dongkrak-properti-ri>. (diakses 3 Mei 2017).
18. Loebis, Joesron, 1987, *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
19. Loebis., dkk, 1993, *Hidrologi Sungai*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
20. Maps, Google. 2016, *Jalan Haji Tumundo Sulawesi Utara*.
<https://www.google.co.id/maps/@1.440213,125.0983889,17z?hl=en>. Diakses pada tanggal 20 Maret 2017.
21. Maps, Google. 2016, *Kota Bitung Sulawesi Utara*.
<https://www.google.co.id/maps/@1.4530559,125.118205,11.75z?hl=en>. Diakses pada tanggal 20 Maret 2017.

22. PU. 2016, *Dua Megaproyek Jokowi Bantu Dongkrak Properti RI*.
<https://www.pu.go.id/berita/view/12596/pembangunan-infrastruktur-untuk-memperkuat-potensi-sulawesi>. (diakses 3 Mei 2017).
23. Puslitbang Sumber Daya Air, 2004, *Laporan Kinerja Instansi Pemerintah*. www.pusair-pu.go.id.
24. Reineck, H.E. and I.B, Singh. 1980, *Depositional sedimentary environments*. Berlin: Springer Verlag.
25. Republik Indonesia. 2010, Peraturan Presiden No.4 Tahun 2015 tentang Perubahan Keempat Atas Peraturan Presiden Nomor 54 Tahun 2010 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah.
26. Republik Indonesia. 2010, Peraturan Presiden No.54 Tahun 2010 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah.
27. Salamun. 2009, *Diktat Bangunan Sungai*. Bahan Ajar. Universitas Diponegoro: Program S1 Teknik Sipil.
28. Simon, D.B, and Senturk, Fuad, 1992, *Sediment Transport Technology-Water and Sediment Dynamics*. Water Resources Publication, Littleton,CO.
29. SNI 03-2851-1992. *Tata Cara Perencanaan Teknis Bendung Penahan Sedimen*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
30. sobatgeoblogspot. 2016, *Stadia Sungai*. <https://sobatgeoblogspot.co.id/2017/12/stadia-sungai.html>. (diakses 16 Mei 2017).
31. Soemarto. 1999, *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
32. Soewarno. 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Bandung: Nova.
33. Sosrodarsono, Suyono. 1977, *Hidrologi untuk pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
34. Sosrodarsono, Suyono. 1994, *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta: Pradnya Paramita.
35. Strand, R.I and E.L. Pemberton. 1987, *Reservoir Sedimentation, Design of small Dams – U.S. Bureau of Reclamation*. Colorado: Denver.
36. Supriyanto, Agus. 2013, *Laporan Hidrologi – 2003*.
<https://www.slideshare.net/bodledotcom/laporan-hidrologi2003>. (diakses 15 Mei 2017)
37. Suripin. 2002, *Pelestarian sumber daya tanah dan air*. Yogyakarta: Andi Offset.
38. Suripin. 2004, *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
39. Sutapa, I Wayan. 2010, *Analisis Potensi Erosi Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Di Sulawesi Tengah*.
40. Suwanto. 2013, *Diktat Morfologi Sungai*. Bahan Ajar. Universitas Brawijaya: Program S1 Teknik Sipil.
41. Triatmodjo, Bambang. 2008, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta; Beta Offset.
42. Wahyuni, Sri Eko. 2013, *Diktat Hidrologi Terapan*. Bahan Ajar. Universitas Diponegoro: Program S1 Teknik Sipil.
43. Yang, C.T., 1996. *Sediment Transport Theory and Practice*. McGraw-Hill Companies, Inc

Tabel 10-13. *Kecepatan maximum yang diijinkan untuk sungai/saluran untuk perencanaan sungai stabil oleh Fortier dan Scobey pada Tahun 1926 (Dalam Simons dan Senturk, 1992)*

No	Material asli yang digali untuk saluran/sungai	n (Koeff. Manning)	Air Bersih, tanpa kotoran	Air mengangkut lanau Koloid	Air yang mengangkut lanau non- koloid, pasir, kerikil atau Pecahan Batu
			m/dt	m/dt	m/dt
1	Pasir Halus (Koloid)	0.02	0.46	0.76	0.46
2	Tanah liat berpasir (Non Koloid)	0.02	0.53	0.76	0.61
3	Tanah Liat lanau (Non Koloid)	0.02	0.61	0.91	0.61
4	Lanau Aluvial (Non Koloid)	0.02	0.61	1.07	0.61
5	Lanau Keras biasa	0.02	0.76	1.07	0.69
6	Debu Vulkanik	0.02	0.76	1.07	0.61
7	Kerikil Halus	0.02	0.76	1.52	1.14
8	Lempung Keras	0.025	1.14	1.52	0.91
9	Gradasi tanah liat sampai batu bulat (non koloid)	0.03	1.14	1.52	1.52
10	lanau aluvial (koloid)	0.025	1.14	1.52	0.91
11	Gradasi lanau sampai batu bulat (koloid)	0.03	1.22	1.68	1.52
12	Kerikil Kasar (non koloid)	0.025	1.22	1.83	1.98
13	Batu bulat dan batu belah	0.035	1.52	1.68	1.98
14	Serpihan dan tajam/keras	0.025	1.83	1.83	1.52