STUDI EVALUASI DAN ANALISIS BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN DI DAS NANGKA

TESIS

Untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Magister

Oleh :

MUHAMMAD RIFAI

NIM. 126060400011015

PROGRAM MAGISTER TEKNIK PENGAIRAN

MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR

JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

TESIS

STUDI EVALUASI DAN ANALISIS
BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN DI DAS NANGKA

Oleh:
MUHAMMAD RIFAI
Dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 07 Juli 2015
Dan dinyatakan memenuhi syarat

Komisi Pembimbing,

Dr. Ery Suhartanto, ST., MT.	**Dr. Runi Asmaranto, ST., MT.**
Pembimbing I	Pembimbing II

Malang, Juli 2015
Universitas Brawijaya
Fakultas Teknik
Jurusan Teknik Pengairan
Program Magister Teknik Pengairan
Ketua,

Dr. Ery Suhartanto, ST., MT.
NIP. 19730305 199903 1 002

JUDUL TESIS

Studi Evaluasi dan Analisis Bangunan Pengendali Sedimen di Das Nangka

Nama Mahasiswa : Muhammad Rifai

NIM : 126060400011015

Program Studi : Magister Teknik Pengairan

Minat : Manajemen Sumber Daya Air

KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Dr. Ery Suhartanto, ST., MT.

Anggota : Dr. Runi Asmaranto, ST., MT.

TIM DOSEN PENGUJI

Penguji 1 : Dr. Ery Suhartanto, ST., MT. .....

Penguji 2 : Dr. Runi Asmaranto, ST., MT. .....

Penguji 3 : Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS. .....

Penguji 4 : Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS. .....

Tanggal Ujian Tesis : 07 Juli 2015

SK Penguji : 518/UN.10.6/SK/2015

PERNYATAAN

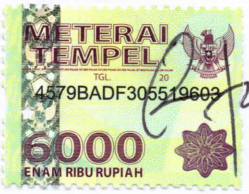
ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, didalam naskah TESIS ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah TESIS ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TESIS ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU no.20 tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Juli 2015

Mahasiswa,



Nama : Muhammad Rifai

NIM : 126060400011015

PM : Teknik Pengairan

FT UB

Repository Universitas Brawijaya

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Muhammad Rifai, lahir pada tanggal 24 Nopember 1988 di Kota Bima. Penulis merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara pasangan Ir. Abdurrahman Mukhsin dan Siti Hawa Nurdin, S.Pd.

Penulis merupakan seorang Pegawai Negeri Sipil pada Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara 1 - Kementerian Pekerjaan Umum.

Sebelum melanjutkan program studi S2 Manajemen Sumber Daya Air di Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, penulis menyelesaikan studi S1 di Teknik Pengairan (Universitas Brawijaya). Dalam penyelesaian studi S2 di Universitas Brawijaya, penulis merupakan mahasiswa beasiswa kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dengan Universitas Brawijaya tahun 2013 – 2015.

Guna menyelesaikan studi, penulis menyusun tesis dengan judul ***"Studi Evaluasi dan Analisis Bangunan Pengendali Sedimen di DAS Nangka"*** di bawah bimbingan Dr. Ery Suhartanto, ST., MT. dan Dr. Runi Asmaranto, ST., MT. yang telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 7 Juli 2015 dengan Indeks Prestasi Komulatif 3,74.

Repository Universitas Brawijaya

RINGKASAN

Muhammad Rifai, Program Magister Teknik Pengairan, Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Juli 2015. Studi Evaluasi dan Analisis Bangunan Pengendali Sedimen di DAS Nangka. Komisi Pembimbing: Dr. Ery Suhartanto, ST., MT. dan Dr. Runi Asmaranto, ST., MT.

Letusan gunung berapi membawa banyak material vulkanik mengikuti aliran sungai dan mengendap di sepanjang aliran sungai yang dilaluinya. Untuk mengendalikan aliran sedimen dan mengurangi resiko bencana di bagian hilir maka perlu dilakukan konservasi pada bagian hulu sungai agar aliran sedimen dapat dikendalikan. Dengan metode *Universal Soil Losses Equation (USLE)* menggunakan bantuan aplikasi *ArcView GIS 3.3*, besarnya volume sedimen di DAS Nangka yang dihasilkan oleh laju sedimen hasil erosi lahan adalah 2.179,36 m^3. Sedangkan volume sedimen sekali banjir *(Vec)* yang dihasilkan oleh aliran sedimen debris berdasarkan kala ulang 50 adalah 452.007,95 m^3. Volume sedimen total yang terjadi di DAS nangka adalah 454.187,30 m^3. Karena Sub DAS Tibu Dalam berada diluar alur Sungai Nangka sehingga total sedimennya tinggal 388.325,40 m^3. Bangunan pengendali sedimen eksisting (Sabodam Belanting) pada saat ini hanya mampu menangkap sedimen sebesar 195.434,48 m^3, sehingga tingkat reduksi sedimen *(Dumping Efficiency)* saat ini adalah sebesar 50,33%, dengan demikian volume kelebihan sedimen *(Ve)* sebesar 192.890,92 m^3 harus dikelola oleh sabo sistem di bagian hilirnya. Keseimbangan kuantitas sedimen terhadap alternatif rencana bangunan pengendali sedimen ini dilakukan dengan menghitung kapasitas alternatif lokasi titik dasar sabo *(Sabo Basic Point)* kemudian dikalkulasikan ke dalam skema transportasi volume produksi sedimen *(sediment yeild)* di DAS Nangka dengan Sabo Eksisting. Lokasi bangunan pengendali sedimen terpilih adalah alternatif 3 mampu mereduksi volume kelebihan sedimen *(Ve)* sebesar 84,48 % dari sedimen yang yang harus dikelola dan menekan sedimen ijin *(Va)* sampai 7.73 %.

Kata kunci : Erosi, *ArcView GIS*, Debris, Sedimentasi, Konservasi.

Repository Universitas Brawijaya

SUMMARY

Muhammad Rifai, Watery Engineering Master Program, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya. Juli 2015. Study Evaluation and Analysis of Sediment Control Building In DAS Nangka. Lecturer: Dr. Ery Suhartanto, ST., MT. dan Dr. Runi Asmaranto, ST., MT.

Volcanic eruptions brought a lot of volcanic material settles along rivers and streams along its path. To control the flow of sediment and reduce the risk of disaster in the downstream it is necessary to conservation on the upstream side of the river so that the flow of sediment can be controlled. With the method of Universal Soil Losses Equation (USLE) using ArcView GIS 3.3, applications the volume of sediment in the Nangka watershed generated by the rate of soil erosion is sediment results 2.179,36 m3/year. Whereas once the flood sediment volume (VEC) is generated by the flow of sediment debris by return periode 50 is 452,007.95 m3. So that the total sediment volume is known that occur in the Nangka watershed is 454.187,30 m3. Because Sub Watershed Tibu Dalam located outside Nangka river flow so that the total sediment stay 388.325,40 m3. Existing building sediment control (Sabodam Belanting) is currently only able to capture sediment at 195,434.48 m3, so that the rate of reduction of sediment (Dumping Efficiency) currently amounts to 50.33%, thus the excess sediment volume (Ve) of 192,890.92 m3 should be managed by sabo system in the downstream. The balance quantity of sediment to alternative building plans sediment control is done by calculating the capacity of the alternative location of Sabo Basic Point then calculated into the transport scheme production volume of sediment (sediment yeild) in Nangka Watrsheed with Existing Sabo. The location chosen building sediment control is the third alternative capable of reducing excess sediment volume (Ve) amounted to 84.48% of the sediment that must be managed and pressing sediment permit (Va) to 7.73%.

Keywords: Erosion, ArcView GIS, Debris, Sedimentation, Conservation.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis dengan judul **Studi Evaluasi Dan Analisis Bangunan Pengendali Sedimen di DAS Nangka.**

Penyusunan tesis ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Program Magister Manajemen Sumber Daya Air di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Dalam penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ery Suhartanto, ST, MT dan Bapak Dr. Runi Asmaranto, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tesis ini.
2. Prof. Dr. Mohammad Bisri, MS dan Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS. selaku Dosen Penguji yang telah berkenan menguji Tesis penulis.
3. Kedua Orang Tua penulis, Abdurrahman Mukhsin dan Siti Hawa Nurdin terimakasih atas segala bimbingan, semangat, perhatian, dukungan material dan spiritual serta doanya sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini.
4. Kakak dan Adik penulis Agus Kurniawan dan Anggun Nurillah sebagai penyemangat dalam suka maupun duka.
5. Istriku Diyan Febriyani dan Anakku Naufal Al Faiz yang tersayang yang selalu memberikan doa dan motivasi.
6. Rekan rekan S-2 Teknik Pengairan angkatan 2013 yang telah memberi motivasi dan dukungannya.
7. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, dengan segala kemampuan yang ada serta mengingat terbatasnya pengalaman dan pengetahuan, saya sepenuhnya menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, baik dalam pengungkapan, pokok pikiran, tata bahasa maupun kelengkapan pembahasannya. Semoga dengan hasil dari penelitian dalam tesis ini dapat berguna bagi para pembaca yang membutuhkan.

Malang, Juli 2015

Penulis

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR x

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Identifikasi Masalah 2
1.3. Rumusan Masalah 3
1.4. Batasan Masalah 3
1.5. Tujuan dan Manfaat 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Hidrologi dan Ekosistem DAS 5
2.1.1. Hidrologi 5
2.1.2. Ekosistem DAS 6
2.1.3. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai 6
2.2. Analisis Hidrologi 7
2.2.1. Presipitasi 7
2.2.2. Stasiun Hujan 8
2.2.3. Uji Konsistensi Data Hujan 8
2.2.4. Curah Hujan Rerata Daerah (Areal Rainfall) 9
2.3. Gunungapi 10
2.3.1. Kegiatan Gunungapi 12
2.3.2. Bahaya Gunungapi 13
2.3.2.1. Bahaya Primer 14
2.3.2.2. Bahaya Sekunder 14
2.4. Analisa Laju Sedimentasi 15
2.4.1. Analisa Sedimen Hasil Erosi Lahan 15
2.4.1.1. Erosivitas Hujan 16
2.4.1.2. Erodibiltas Tanah (K) 16
2.4.1.3. Panjang dan Kemiringan Lereng (LS) 17
2.4.1.4. Faktor Konservasi dan Pengelolaan Tanaman (CP) ... 18

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

2.4.1.5. Pendugaan Laju Erosi Potensial (E-Pot) 20
2.4.1.6. Pendugaan Laju Erosi Aktual 21
2.4.1.7. *Sedimen Delivery Ratio (SDR)* 21
2.4.2. Penggunaan Aplikasi *Arcview GIS 3.3* 22
2.4.2.1. Menampilkan *Arcview GIS 3.3* 23
2.4.2.2. Membuka Project Yang Telah Ada 24
2.4.2.3. Membuat Project Baru 25
2.4.2.4. Mengubah Map Unit 26
2.4.2.5. Mengubah Legenda Dalam View 26
2.4.2.6. Tabel/Atribut 27
2.4.2.7. Mengisi Informasi Dasar 28
2.4.2.8. Membuat Layout 28
2.4.2.9. Membuat Graticules and Grids 30
2.4.3. Penentuan Kriteria Tingkat Bahaya Erosi (TBE) 31
2.4.4. Analisis Volume Sedimen Debris 33
2.4.4.1. Analisis Volume Sedimen Debris Dalam Sekali Banjir Akibat Hujan Rencana 33
2.5. Kapasitas Tampungan Sedimen 36
2.6. Kriteria Perencanaan Bangunan Pengendali *(Sabo Dam)* 37
2.7. Perencanaan Konstruksi Dam Pengendali Sedimen 39
2.7.1. Prosedur Perencanaan Teknis 40
2.7.2. Perencanaan Teknis Dimensi Bangunan Pengendali Sedimen 41
2.7.3. Perhitungan Stabilitas Bangunan Pengendali Sedimen 50
2.7.3.1. Stabil terhadap Guling 50
2.7.3.2. Stabil Terhadap Geser 51
2.7.3.3. Stabil Terhadap Daya Dukung Tanah Pondasi 52
2.8. Penentuan Tata Letak Bangunan Pengendali Sedimen 53
BAB III METODOLOGI STUDI 54
3.1. Deskripsi Lokasi Studi 55
3.1.1. Prasarana SDA Pada Pengaliran Sungai Nangka 55
3.1.2. Kondisi Tata Guna Lahan 55
3.2. Sistematika Pengerjaan Studi 56
3.2.1. Metode Pengumpulan Data 56
3.2.2. Analisis Perhitungan 57

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3.2.2.1. Analisis Pendugaan Besarnya Erosi Lahan 57
3.2.2.2. Analisis Volume Sedimen Sekali Banjir 57
3.2.2.3. Analisis Keseimbangan Sedimen 58
3.2.2.4. Evaluasi Bangunan Pengendali Eksisting 58
3.2.2.5. Analisis Kapasitas Tampungan Sedimen 59
3.2.2.6. Simulasi Tata Letak Bangunan Pengendali Sedimen .. 59
3.2.2.7. Penentuan Tata Letak Bangunan Pendali Sedimen 59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 61
4.1. Analisis Hidrologi 61
4.1.1. Analisis Curah Hujan 61
4.1.1.1. Uji Konsistensi Data 62
4.1.1.2. Curah Hujan Daerah 65
4.1.2. Analisis Hujan Rencana 66
4.1.3. Analisis Debit Banjir Rencana 66
4.2. Analisa Sedimen Hasil Erosi 68
4.2.1. Pendugaan Besarnya Erosi 68
4.2.1.1. Erosivitas Hujan 69
4.2.1.2. Erodibilitas Tanah (K) 77
4.2.1.3. Panjang dan Kemiringan Lereng (LS) 82
4.2.1.4. Faktor Konservasi Tanah dan Pengelolaan Tanaman 85
4.2.1.5. Pendugaan Laju Erosi Potensial (E-Pot) 90
4.2.1.6. Pendugaan Laju Erosi Aktual (E-Akt) 93
4.2.1.7. Pendugaan Laju Sedimentasi Potensial 95
4.2.1.8. Nilai Akhir Analisa Sedimen Hasil Erosi 95
4.2.1.9. Penentuan Kriteria Tingkat Bahaya Erosi (TBE) 96
4.3. Analisa Volume Sedimen Debris 97
4.3.1. Potensi Bahaya Gunung Api Rinjani 97
4.3.2. Analisis Volume Sedimen Debris Dalam Sekali Banjir Akbibat Hujan Rencana (Vec) 99
4.4. Analisa Kontrol Aliran Sedimen Debris 103
4.4.1. Catatan Bencana Sedimen Yang Pernah Terjadi di DAS Nangka 103
4.4.2. Permasalahan Pemicu Banjir Sedimen Dabris 104
4.4.3. Sistem Penanganan Bencana yang telas dilakukan 106

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.4.4. Volume Produksi Sedimen Debris (*Sediment Yeild)* Di DAS Nangka 109
4.4.4.1. Peta Sub DAS Nangka 109
4.4.4.2. Transportasi Sedimen Total (Sedimen Yeild) Di Sub DAS Nangka 111
4.4.4.3. Evaluasi Kapasitas Tampungan Sabodam Belanting (Vs) 113
4.5. Konsep Teknis Pengelolaan Sedimen Debris di DAS Nangka 118
4.5.1. Tata Letak Bangunan Pengendali Sedimen 118
4.5.2. Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Bangunan Pengendali Sedimen 122
4.6. Perencanaan Teknis Bangunan Pengendali Sedimen Debris Flowdi DAS Nangka 135
4.6.1. Analisis Kontrol Aliran Massa Sedimen Debris 135
4.6.2. Perencanaan Teknis Dimensi Bangunan Pengendali Sedimen Debris (Sabodam) 138
4.6.3. Analisis Stabilitas Bangunan Sabo 152
4.6.3.1. Main Dam Sabo 152
4.6.3.2. Sub Sabo 166
4.6.4. Perhitungan Operasi dan Pemeliharaan Bangunan 180

BAB V Kesimpulan dan Saran 184

5.1. Kesimpulan 184
5.2. Saran 185

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Tabel 2.1.Jenis Tanah dan Besarnya Nilai K di Pulau Lombok	17
Tabel 2.2.	Tabel 2.2.Penilaian Kelas Lereng dan Faktor LS	18
Tabel 2.3.	Perkiraan Nilai Faktor C Berbagai Jenis Penggunaan Lahan	19
Tabel 2.4.	Perkiraan Nilai Faktor C Berbagai Jenis Penggunaan Lahan	20
Tabel 2.5.	Hubungan Antara Luas DAS Dengan Rasio Penghantaran Sedimen	
Tabel 2.6.	Solum dan Nilai TSL di Indonesia	32
Tabel 2.7.	Kriteria Tingkat Bahaya Erosi Menurut Hammer (1981)	33
Tabel 2.8.	Tinggi Jagaan Pada Peluap	42
Tabel 2.9.	Penentuan Lebar Mercu	42
Tabel 2.10.	Standart Penetrasi Pondasi Kedalaman Tanah (D)	43
Tabel 2.11.	Kedalaman pondasi sub sabo dam ditentukan berdasarkan jenis material tanah bawah permukaan	46
Tabel 2.12.	Tebal Apron Untuk Lapisan Dasar Pasir & Kerikil	47
Tabel 2.13.	Penetrasi Sayap Dinding Vertikal Ke Dalam Tanah	47
Tabel 2.14.	Koefisien Bray	48
Tabel 2.15.	Angka Keamanan Terhadap Geser Yang Disarankan	51
Tabel 2.16.	Daya Dukung Tanah Yang diijinkan dan koefisien geser	52
Tabel 3.1.	Penggunaan Lahan di DAS Nangka	56
Tabel 4.1.	Stasiun Penakar Hujan di DAS Nangka	61
Tabel 4.2.	Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Sapit Dan Stasiun Sambelia	62
Tabel 4.3.	Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Sapit	63
Tabel 4.4.	Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Sambelia	64
Tabel 4.5.	Curah Hujan Thiesen	65
Tabel 4.6.	Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Rencana	66
Tabel 4.7.	Rekapitulasi Banjir Rencana	67
Tabel 4.8.	Perhitungan Indeks Erosivitas hujan (EI30) Stasiun Hujan Sapit	69
Tabel 4.9.	Perhitungan Indeks Erosivitas hujan (EI30) Stasiun Hujan Sambelia	70
Tabel 4.10	Faktor Tanah dan Pengelolaan Tanaman (C)	85
Tabel 4.11.	Konservasi Tanah di DAS Nangka	88

Tabel 4.12. Rekapitulasi Perhitungan Sedimen Erosi 96
Tabel 4.13. Nilai TSL 96
Tabel 4.14. Kriteria Tingkat Bahaya Erosi 97
Tabel 4.15. Beberapa Alternatif Lokasi Titik Dasar SABO *(Sabo Basic Point)* Untuk rencana Bangunan Pengendali Sedimen Rencana 119
Tabel 4.16. Tinggi Jagaan Pada Peluap 140
Tabel 4.17. Penentuan Lebar Mercu 141
Tabel 4.18. Standart Penetrasi Pondasi Kedalaman Tanah (D) 142
Tabel 4.19. Kedalaman Pondasi SABO DAM Ditentukan Berdasarkan Jenis Material Tanah Bawa Permukaan 146
Tabel 4.20. Tebal Apron Untuk Lapisan Dasar Pasir dan Kerikil 147
Tabel 4.21. Penetrasi Sayap Dinding Vertikal Kedalam Tanah 148
Tabel 4.22. Kefisien Bray 150
Tabel 4.23. Perhitungan Uplift Sabo Dam 155
Tabel 4.24. Gaya Akibat Berat Sendiri dan Momen Terhadap Titik Tinjau SABO DAM 156
Table 4.25. Gaya Akibat Gempa SABO DAM 156
Tabel 4.26. Gaya Vertikal Hidrostatis SABO DAM Pada Kondisi Banjir Rencana 156
Tabel 4.27. Gaya Horizontal Aktif Sabo Dam Pada Kondisi Banjir Rencana 156
Tabel 4.28. Gaya Horizontal Pasif Sabo Dam 156
Tabel 4.29. Tekanan Uplift Sabo Dam 157
Tabel 4.30. Gaya Vertikal Hidrostatis dan Material Sedimen Sabo Dam Pada Kondisi Aliran Debris 157
Tabel 4.31. Gaya Horizontal Hidrostatis dan Material Sedimen Sabo Dam Pada Kondisi Aliran Debris 157
Tabel 4.32. Momen dan Gaya Analisa Stabilitas Kondisi Banjir Rencana Sabo Dam 157
Tabel 4.33. Momen dan Gaya Analisa Stabilitas Kondisi Aliran Debris Sabo Dam 158
Tabel 4.34. Momen dan Gaya Analisa Stabilitas Kondisi Banjir Rencana Sabo Dam dengan Gempa 158
Tabel 4.35. Momen dan Gaya Analisa Stabilitas Kondisi Debris Sabo Dam dengan Gempa 158

Tabel 4.36. Rekapitulasi Hasil Analisa Stabilitas Main DAM 165
Tabel 4.37. Tabel Perhitungan Uplift Sabo Dam 169
Tabel 4.38. Gaya Akibat Berat Sendiri dan Momen
Terhadap Titik Tinjau Sabo Dam 170
Tabel 4.39. Gaya Akibat Gempa Sabo Dam 170
Tabel 4.40. Gaya Vertikal Hidrostatis Sabo Dam
Pada Kondisi Banjir Rencana 170
Tabel 4.41. Gaya Horizontal Aktif Sabo Dam
Pada Kondisi Banjir Rencana 170
Tabel 4.42. Gaya Horizontal Pasif Sabo Dam 170
Tabel 4.43. Tekanan Uplift Sabo Dam 170
Tabel 4.44. Gaya Vertikal Hidrostatis dan Material Sedimen Sabo Dam
Pada Kondisi Aliran Debris 171
Tabel 4.45. Tabel Gaya Horizontal Hidrostatis dan Material Sedimen
SABO DAM Pada Kondisi Aliran Debris 171
Tabel 4.46. Tabel Momen dan Gaya Analisa Stabilitas Kondisi Banjir
Rencana Sabo Dam 171
Tabel 4.47. Tabel Momen dan Gaya Analisa Stabilitas Kondisi Aliran
Debris Sabo Dam 171
Tabel 4.48. Tabel Momen dan Gaya Analisa Stabilitas Kondisi Banjir
Rencana Dam dengan Gempa 172
Tabel 4.49. Tabel Momen dan Gaya Analisa Stabilitas Kondisi Aliran Debris
Sabo Dam dengan Gempa 172
Tabel 4.50. Rekapitulasi Hasil Analisa Stabilitas Sub Dam 179

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Siklus Hidrologi	5
Gambar 2.2.	Fungsi Ekosistem DAS	6
Gambar 2.3.	Analisis Lengkung Massa Ganda Curah Hujan Tahunan Untuk Menentukan Tingkat Kosistensi Data Curah Hujan	8
Gambar 2.4.	Poligon Thiessen	10
Gambar 2.5.	Gunung Api Kerucut	11
Gambar 2.6.	Gunung Api Perisai	12
Gambar 2.7.	Gunung Api Corong (Maar)	12
Gambar 2.8.	ArcView GIS 3.3 . berbasis *Grid Analisis Spasial* (*Spatial Analyst 2.0a*)	22
Gambar 2.9.	Tampilan Awal dari Software *ArcView GIS 3.3*	23
Gambar 2.10.	Tampilan Project yang Akan Dibuka	23
Gambar 2.11.	Tampilan Project Yang Dikehendaki	24
Gambar 2.12.	Tampilan Salah Satu View Dalam Project	25
Gambar 2.13.	Tampilan Untuk Memunculkan View Baru	26
Gambar 2.14.	Tampilan Pemilihan Tema	26
Gambar 2.15.	Tampilan View Propertis	26
Gambar 2.16.	Tampilan Legend Editor	26
Gambar 2.17.	Tampilan Data Attributes	26
Gambar 2.18.	Tampilan Penambahan Kolom	26
Gambar 2.19.	Tampilan Sub Menu File Attribute	26
Gambar 2.20.	Tampilan View Frame Propertis	29
Gambar 2.21.	Tampilan Legend Propertis	29
Gambar 2.22.	Tampilan Scale Bar Propertis	29
Gambar 2.23.	Tampilan North Arrow Manager	30
Gambar 2.24.	Tampilan Graticule and Grid Wizard 1	31
Gambar 2.25.	Tampikan Graticule and Grid Wizard 2	31
Gambar 2.26.	Tampikan Graticule and Grid Wizard 3	31
Gambar 2.27.	Potongan Memanjang Tampungan Sedimen	37
Gambar 2.28.	Rangkaian Check Dam	41
Gambar 2.29.	Bendung Pengendali Dasar Sungai dan Bangunan Kelengkapanya	50

Gambar 3.1. Peta Lokasi Studi 54
Gambar 3.2. Prasarana SDA di DAS Nangka 55
Gambar 3.3. Diagram Alir Penyelesaian Tesis 56
Gambar 4.1. Poligon Thiesen DAS Nangka 65
Gambar 4.2. Aplikasi *ArcView GIS 3.3.* berbasis *Grid Analisis Spasial (Spatial Analyst 2.0a)* 68
Gambar 4.3. Kotak Dialog *Convert Shapefile* 71
Gambar 4.4. Kotak Dialog *Conversion Extent* 71
Gambar 4.5. Kotak Dialog *"Conversion Extent* Jika Sudah Ada *Theme Grid* pada *View"* 72
Gambar 4.6. Kotak Dialog *Conversion Field* 73
Gambar 4.7. Konfirmasi *Attribute Join* 73
Gambar 4.8. *Theme Grid* Curah Hujan Thiesen (R) 74
Gambar 4.9. *Theme Grid* Indeks Erosivitas Hujan (EI_{30}) Sebagai Hasil 75
Gambar 4.10. Kotak Dialog *Save Data Set* 76
Gambar 4.11. Kotak Dialog *Theme Properties* 77
Gambar 4.12. Kotak Dialog *Convert Shapefile* 78
Gambar 4.13. Kotak Dialog *Conversion Extent* 78
Gambar 4.14. kotak Dialog *"Conversion Extent* Jika Sudah Ada *Theme Grid* pada *View"* 79
Gambar 4.15. Kotak Dialog *Conversion Field* 80
Gambar 4.16. Konfirmasi *Attribute Join* 80
Gambar 4.17. *Theme Grid* Nilai Erodibilitas Tanah (K) 81
Gambar 4.18. Dialog Field Definition 82
Gambar 4.19. Hasil Inputing Data Attribute Nilai LS Pada Data *Shapefile* Kemiringan Lereng 83
Gambar 4.20. Dialog "*Stop Editting*" 83
Gambar 4.21. Theme Grid Kemiringan Lereng 84
Gambar 4.22. Peta Tata Guna Lahan 86
Gambar 4.23. *Theme Grid* Penutup Tanah dan Pengelolaan Tanaman (C) 87
Gambar 4.24. *Theme Grid* Konservasi Tanah (P) 89
Gambar 4.25. Langkah Pertama Proses *Overlay* Aritmatik 90
Gambar 4.26. Langkah Kedua Proses *Overlay* Aritmatik 91

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Gambar 4.27. Penambahan *Theme* yang Akan Dioverlay 91
Gambar 4.28. Tampilan *Theme* yang Akan di-Overlay..... 92
Gambar 4.29. Tampilan Diagram Model Pendugaan Laju Erosi..... 92
Gambar 4.30. Tampilan Diagram Model Secara Keseluruhan Pendugaan Laju Erosi Aktual (E-Akt)..... 93
Gambar 4.31. Peta Erosi Aktual..... 94
Gambar 4.32. Dampak Bencana Banjir Sedimen di DAS Nangka Yang Terjadi Pada Tanggal 19 s/d 21 Januari 2006..... 103
Gambar 4.33. Dampak Bencana Banjir Sedimen di DAS Nangka Yang Terjadi Pada Tanggal 12 Maret 2012..... 104
Gambar 4.34. Penanganan Bencana Banjir Sedimen yang Telah Digunakan..... 107
Gambar 4.35. Kondisi Tubuh Sabo Dam DAS Nangka..... 108
Gambar 4.36. Hasil Material Rombakan Di Hulu Awal Musim Kemarau..... 108
Gambar 4.37. Hasil Material Rombakan Di Hulu Awal Musim Kemarau..... 109
Gambar 4.38. Rehabilitasi Kolam Olak SABO DAM Belanting..... 109
Gambar 4.39. Peta DAS & Sub DAS Nangka..... 110
Gambar 4.40. Skema Transportasi Volume Produksi Sedimen Debris *(Sediment Yield)* di DAS Nangka Kondisi Kosong..... 112
Gambar 4.41. Kondisi Visual Sedimen Terkini (2014)..... 113
Gambar 4.42. Ilustrasi Perhitungan Kapasitas Tampungan Sabo Dam Belanting..... 115
Gambar 4.43. Skema Transportasi Volume Produksi Sedimen Debris *(Sediment Yeild)* di DAS Nangka Kondisi dengan Sabo Eksisting..... 117
Gambar 4.44. Peta Konsep Teknis Upaya Pengelolaan Sedimen Debris *(Sistem Planning)*..... 121
Gambar 4.45. Skema Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Bangunan Pengendali Sedimen Pada DAS Nangka Kondisi Alternatif 1..... 125
Gambar 4.46. Skema Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Bangunan Pengendali Sedimen pada DAS Nangka Kondidi Alternatif 2..... 128
Gambar 4.47. Skema Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Bangunan Pengendali Sedimen pada DAS Nangka

Kondisi Alternatif 3 131
Gambar 4.48. Skema Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Bangunan Pengendali Sedimen pada DAS Nangka Kondisi Alternatif 4 134
Gambar 4.49. Penampang Melintang Pelimpah Trapesium Sabo Dam 140
Gambar 4.50. Dimensi Tubuh Utama Sabo Dam 145
Gambar 4.51. Penampang Melintang Sayap SABO DAM 145
Gambar 4.52. Dimensi Sabo Dam Dengan Apron dan Sub Sabo Dam 148
Gambar 4.53. Gambar Perkuatan Dinding Samping pada Apron Sabo Dam 149
Gambar 4.54. Sketsa Desain Drain Holes Sabo Dam kontrol 152
Gambar 4.55. Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Sabo Dam Kondisi Banjir Rencana 155
Gambar 4.56. Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Sabo Dam Kondisi Aliran Debris 162
Gambar 4.57. Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Sub Sabo Dam 169
Gambar 4.58. Gaya-Gaya yang Bekerja pada Sub Sabo Dam Kondisi Aliran Debris 176

Repository Universitas Brawijaya

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang memiliki banyak gunung api yang masih aktif. Hasil latusan gunung api menghasilkan material yang masih ada di sekitar puncak dan mengalir ke daerah yang lebih rendah berupa aliran lahar dingin bersama limpasan permukaan akibat air hujan yang masuk kedalam penampang sungai sehingga menimbulkan bencana alam berupa aliran sedimen, banjir lahar, tanah longsor, banjir bandang dan sebagainya. Bencana ini telah banyak merugikan masyarakat berupa kerugian harta benda bahkan sampai memakan korban jiwa.

DAS Nangka adalah DAS yang berada di Kabupaten Lombok Timur yang berhulu di Gunung Rinjani. Gunung Rinjani merupakan salah satu dari tiga gunung api yang ada di propinsi NTB. Tercatat sudah 9 kali meletus dan terakhir terjadi pada tahun 1994. Letusan gunung berapi membawa material vulkanik dalam jumlah yang banyak mengikuti aliran sungai. Material hasil letusan ini pada akhirnya akan mengendap di sepanjang aliran sungai yang dilaluinya.

Kejadian banjir tanggal 12 Maret 2012 yang merusak fasilitas Umum seperti prasarana sumber daya air (sabo dam dan saluran irigasi belanting), prasarana pemukiman dan hancurnya jalan dan jembatan. Akibat bencana ini, berbagai instansi berupaya maksimal dalam rangka tanggap darurat bencana, sesuai dengan Pernyataan Bencana dari Bupati Lombok Timur Nomor: 360/113/BPBD/2012 tanggal 15 Maret 2012. Hal ini diakibatkan oleh terjadinya overtopping dan penyebaran aliran sedimen yang tidak terkontrol. Berdasarkan

permasalahan tersebut, maka perlu adanya upaya yang tepat untuk mengendalikan dan mengurangi daya rusaknya.

Untuk mengendalikan aliran sedimen dan mengamankan bangunan-bangunan fasilitas umum, serta daerah sekitar yang berupa pemukiman penduduk dan pusat keramaian masyarakat di kawasan bagian hilirnya, maka pada bagian hulu sungai perlu dilakukan konservasi agar aliran sedimen yang menuju ke hilir dapat dikendalikan dan berkurang daya rusaknya. Karena apabila kondisi aliran sedimen yang terjadi tidak segera dikendalikan, dikhawatirkan timbul bencana banjir yang dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar.

Melihat begitu beragamnya masalah di DAS Nangka maka perlu dilakukan studi evaluasi dan analisis bangunan pengendali sedimen di DAS Nangka untuk mengurangi dampak yang ditimbulkannya.

1.2. Identifikasi Masalah

1. Terdapat potensi endapan akibat bahan vulkanik yang dihasilkan dari kegiatan gunung berapi yang berpotensi mengakibatkan bencana aliran sedimen.
2. Bangunan pengendali berupa sabo dam yang ada belum mampu menampung dan mengendalikan seluruh jumlah sedimen yang mengalir di Sungai Nangka sehingga perlu dievaluasi kembali sebagai dasar perencanaan selanjutnya.
3. Kondisi fisiografi yang curam dan batuan yang terdiri dari batuan yang belum kompak yang bersentuhan dengan batuan yang lebih kompak yang berada di bagian bawahnya menyebabkan DAS Nangka rawan terhadap erosi dan longsor.
4. Pada saat terjadi hujan deras, air hujan bercampur dengan material endapan sampai pada suatu batas keseimbangan tertentu mengalir berupa banjir

sedimen konsentrasi tinggi ke hilir dengan kecepatan tinggi dan dalam jumlah yang besar melalui sungai-sungai yang ada.

1.3. Rumusan Masalah

1. Berapakah besar volume sedimen yang terjadi di DAS Nangka sebagai dampak dari kegiatan Gunung Api Rinjani?
2. Seberapa besar kapasitas maksimum bangunan pengendali yang ada (sabo dam) dalam menampung dan mengendalikan sedimen yang ada di DAS Nangka?
3. Dimanakah letak bangunan pengendali yang tepat sebagai pola penanggulangan sedimen di DAS Nangka?
4. Berapakah besarnya kemampuan bangunan pengendali sedimen baru untuk mereduksi besarnya volume sedimen yang ada di DAS Nangka?

1.4. Batasan Masalah

1. Lokasi studi adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Nangka yang terletak di Kabupaten Lombok timur.
2. Evaluasi bangunan pengendali eksisting (sabo dam) hanya berdasarkan kapasitas volume tampungan sedimennya.
3. Tidak membahas analisis ekonomi, sosial dan dampak lingkungan yang diakibatkan oleh perencanaan bangunan pengendali baru.
4. Desain bangunan pengendali sedimen baru hanya berupa tipikal bangunannya saja, tidak berupa detail desain.

1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk evaluasi kemampuan bangunan yang ada untuk mengendalikan aliran sedimen dan menganalisis bangunan

pengendali sedimen baru sehingga dapat mengurangi dampak dan daya rusak yang diakibatkan oleh bencana aliran sedimen.

Manfaat studi ini diharapkan menjadi landasan untuk perencanaan dan evaluasi terhadap pelaksanaan program-program pengelolaan DAS serta sebagai arahan dan acuan dalam pelaksanaan pembangunan yang berkelanjutan.

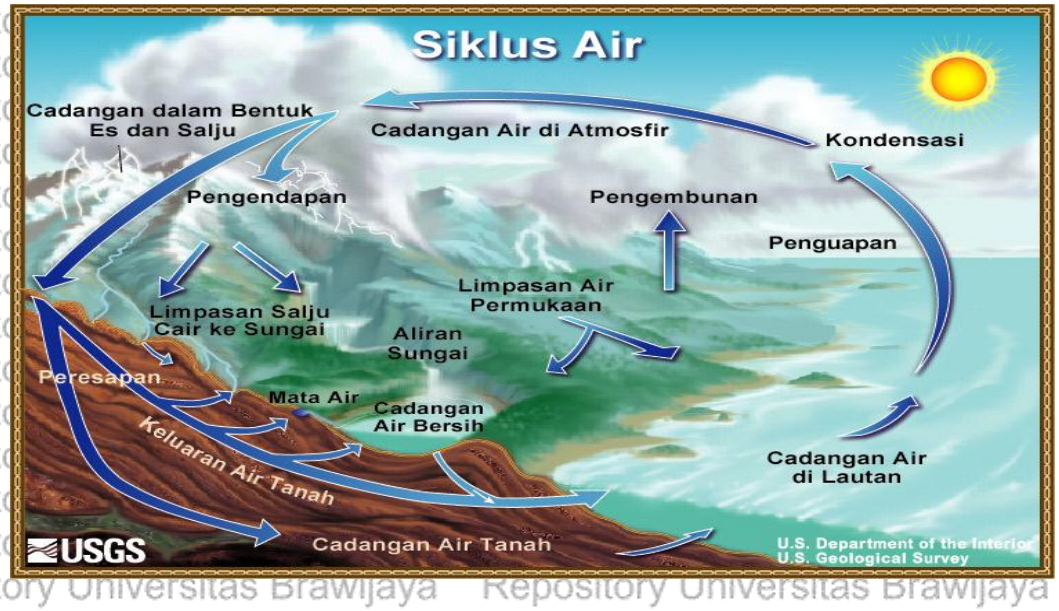
Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hidrologi dan Ekosistem DAS

2.1.1. Hidrologi

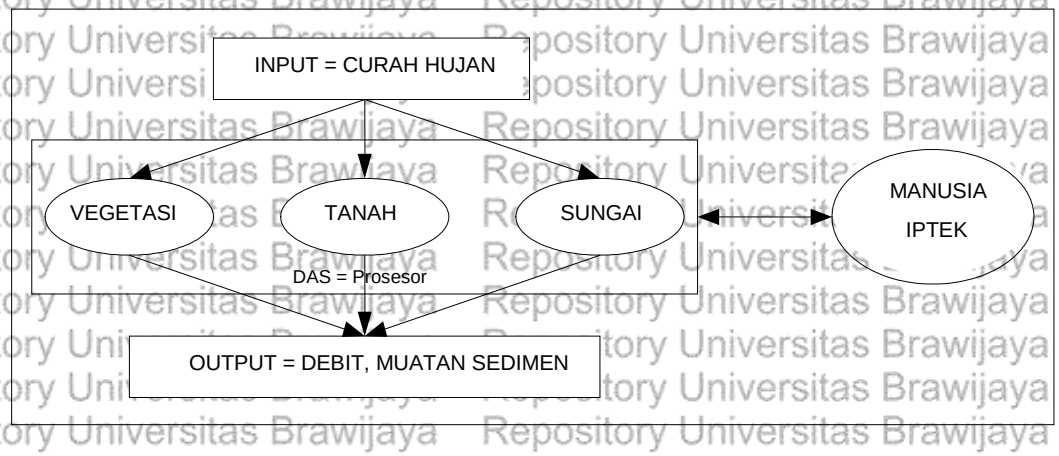
Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, gas, padat) pada, dalam, dan diatas permukaan tanah. Termasuk didalamnya adalah penyebaran, daur dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan kimianya, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air itu sendiri. Sedangkan hidrologi DAS itu sendiri adalah cabang dari ilmu hidrologi yang mempelajari pengaruh pengelolaan vegetasi dan lahan di daerah tangkapan air bagian hulu *(upper catcment)* terhadap daur air, termasuk pengaruhnya terhadap erosi, kualitas air, banjir, dan iklim di daerah hulu dan hilir (Asdak, 2004 : 4).



Gambar 2.1. Siklus Hidrologi
(Sumber : diadopsi dari www.siklusair.com)

2.1.2. Ekosistem DAS

Komponen-komponen ekosistem DAS dikebanyakan daerah di Indonesia terdiri atas manusia, vegetasi, tanah dan sungai. Hujan yang jatuh disuatu DAS akan mengalami interaksi dengan komponen-komponen ekosistem DAS tersebut, dan pada giliranya, akan menghasilkan keluaran berupa debit, muatan sedimen dan material lainnya yang terbawa oleh aliran sungai. (Chay Asdak, 2002:17)



Gambar 2.2 Fungsi ekosistem DAS
Sumber : Asdak, 2002 : 18

2.1.3. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Air merupakan kebutuhan pokok manusia untuk kelangsungan hidupnya. Mengingat pentingnya air, maka di dalam memanfaatkan dan mengelola air, baik air permukaan maupun air bawah permukaan perlu dijaga kelestariannya, sehingga ketersediaan air bisa terjamin. Konservasi merupakan usaha dalam menjaga kelestarian air tersebut.

Sebagai landasan dasar atau filosofi pengelolaan air yang berada dalam batasan wilayah aliran sungai agar tetap terjaga kelestarianya adalah mengikuti contoh di alam yaitu perputaran siklus atau daur hidrologi. Perubahan iklim *(climate change),* hanya bisa terjadi karena ulah manusia yang hanya

mementingkan diri sendiri atau kelompoknya tanpa mementingkan kepentingan orang banyak dan keseimbangan lingkungan alam. Oleh karena itu pendekatan pengelolaan DAS sudah seharusnya dilakukan layaknya kejadian alam yang selama ini berlaku. (Bisri, 2009:25)

2.2. Analisis Hidrologi

2.2.1. Presipitasi

Hujan merupakan faktor terpenting dalam analisis hidrologi. Analisis dan desain hidrologi tidak hanya memerlukan volume atau ketinggian hujan, tetapi juga distribusi hujan terhadap tempat dan waktu. Karakteristik hujan yang perlu ditinjau dalam analisis dan perencanaan hidrologi meliputi (Suripin, 2003:23) :

1. Intensitas i adalah laju hujan = tinggi air persatuan waktu.
2. Lama waktu (durasi) t, adalah panjang waktu di mana hujan turun dalam menit atau jam.
3. Tinggi hujan d, adalah jumlah atau kedalaman hujan yang terjadi selama durasi hujan dan dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar, dalam mm.
4. Frekuensi adalah frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dengan kala ulang (*return period*) T.
5. Luas adalah luas geografis daerah sebaran hujan.

Hubungan antara intensitas, durasi dan tinggi hujan dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$d = \int_0^t i\,dt = \sum_0^t i.\Delta t \qquad (2\text{-}1)$$

Sedangkan intensitas rata-rata $\bar{i}$ dapat dirumuskan sebagai berikut :

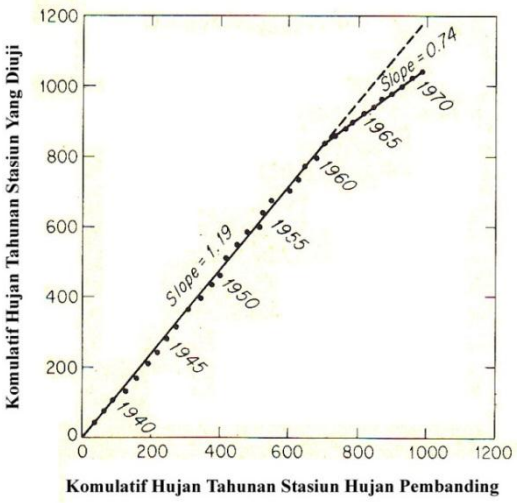
$$\bar{i} = \frac{d}{t} \qquad (2\text{-}2)$$

2.2.2. Stasiun Hujan

Stasiun hujan yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan dalam penelitian ini diambil stasiun hujan yang terdekat dengan lokasi studi. Stasiun hujan yang dipakai adalah stasiun hujan Sambelia dan stasiun hujan Sapit.

2.2.3. Uji Konsistensi Data Hujan

Perubahan atau pemindaan lokasi stasiun hujan, gangguan lingkungan, kerusakan instrumentasi, ketidaksesuaian prosedur pengukuran seringkali menjadikan adanya perubahan relatif terhadap nilai data hujan yang tercatat pada stasiun hujan. Oleh karena itu, untuk mengasilkan hasil analisa hidrologi yang baik diperlukan pemeriksaan terhadap konsistensi data hujan Uji konsistensi merupakan uji kebenaran data lapangan yang menggambarkan keadaan sebenarnya. Data hujan yang terdapat di daerah lokasi penelitian akan dilakukan uji konsistensi dengan data curah hujan yang terdapat disekitarnya. Prosedur yang digunakan oleh *US Environmental Data Service* untuk melakukan uji konsistensi data ini adalah menggunakan analisa kurva massa ganda sebagai berikut :



Gambar 2.3. Analisis lengkung massa ganda curah hujan tahunan untuk menentukan tingkat kosistensi data curah hujan. (CD Soemarto, 1987).

2.2.4. Curah Hujan Rerata Daerah (*Areal Rainfall*)

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam dan/atau disekitar kawasan tersebut (Suripin, 2003:26).

Dalam studi ini metode yang digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan adalah metode poligon theissen. Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat (gambar 2.3). diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat (Suripin, 2003:27).

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut;

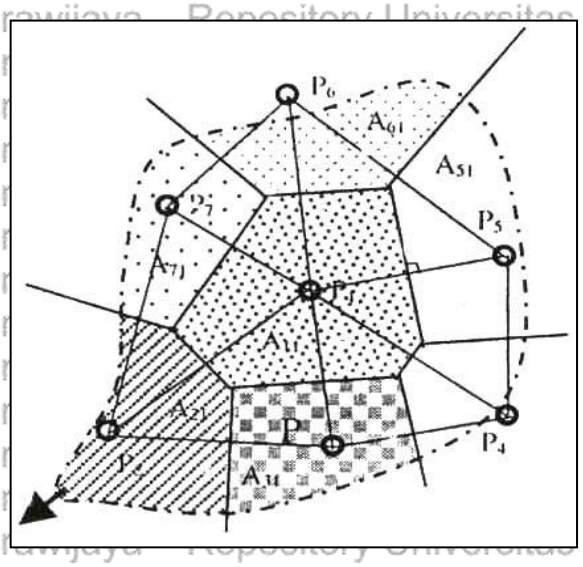
1. Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS. Antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen (gambar 2.3). Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos penakar yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada pos tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.

3. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.

4. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + ... + P_nA_n}{A_1 + A_2 + ... + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_iA_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \qquad (2 - 3)$$

dimana P_1, P_2, …, P_n adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ……, n. A_1, A_2, …., An adalah luas areal poligon 1, 2, …, n. n adalah banyaknya pos penakar hujan.



Gambar 2.4. Poligon Thiessen
(Sumber : Suripin, 2004: 28)

2.3. Gunungapi

Gunungapi adalah tembusan atau cerobong yang menghubungkan magma di dalam kerak bumi dengan permukaan bumi. Magma adalah masa silikat atau batuan cair yang dalam keadaan meleleh dan mempunyai suhu amat tinggi, kalau cairan ini keluar di permukaan bumi disebut lava. Bahan yang dikeluarkan melalui cerobong sering tertumpuk di sekitar lubang dan membentuk

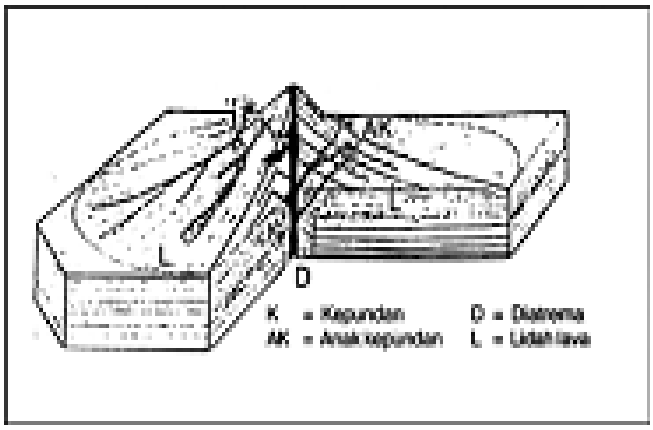
kerucut yang kemudian disebut gunungapi. Ada beberapa kegiatan gunungapi diantaranya pembentukan kubah lava, guguran kubah lava dan letusan.

Yang dimaksud dengan letusan pada gunungapi umumnya bukanlah suatu ledakan, tapi merupakan proses pengeluaran lava dari perut bumi karena adanya tekanan dari dalam, yang kemudian keluar melalui lubang kepundan berupa aliran cairan panas yang membara (Anonim, 2011:20)

Ada beberapa tipe gunung api yaitu:

1. Gunungapi Kerucut

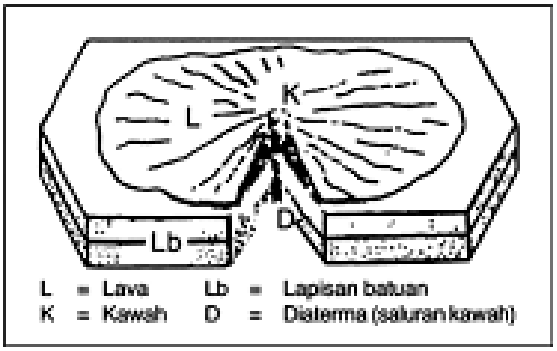
Bahan yang dikeluarkan dari gunung ini tidak hanya lava cair melainkan juga benda padat. Benda-benda yang keluar ini kemudian membentuk tumpukan tumpukan yang semakin tinggi dan merupakan lapisan padat berbentuk kerucut.



Gambar 2.5. Gunung Api Kerucut
(Sumber: Anonim, 2011:21)

2. Gunungapi Perisai

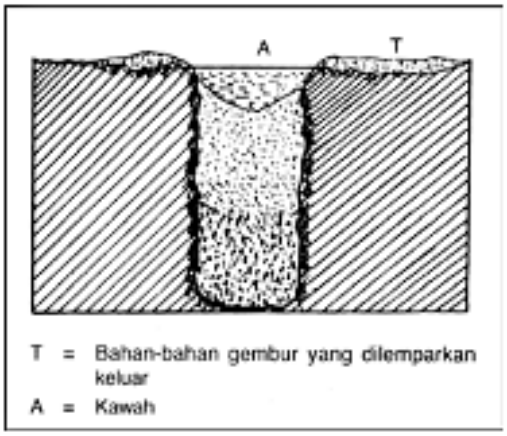
Bahan yang dikeluarkan dari gunungapi tipe ini hanya lava cair. Maka lava hanya meleleh tidak membentuk timbunan yang tinggi.



Gambar 2.6. Gunungapi Perisai
(Sumber: Anonim, 2011:21)

3. Gunungapi Corong (Maar)

Gunungapi ini terjadi dengan hanya sekali letusan. Setelah letusan berhenti hanya tinggal kawah yang disebut maar.



Gambar 2.7. Gunung Api corong (Maar)
(Sumber: Anonim, 2011:21)

2.3.1. Kegiatan Gunungapi

Kegiatan gunungapi dapat berupa letusan (eksplosif) atau lelehan lava (efusif).

a. Lava : pada peristiwa lelehan (efusif) cairan dari magma yang keluar (lava), setelah dapat berbentuk kubah dan disebut kubah lava atau kalau bentuk memanjang disebut lidah

lava. Kubah lava atau lidah lava gugur dapat kerena desakan magma, dan peristiwa ini disebut guguran kubah atau lidah lava.

b. Awan Panas : lava yang mengalir melewati tepi kawah, akan meluncur dan pecah menjadi batuan rombakan, pasir serta debu yang membara serta mengeluarkan gas yang mempunyai suhu amat tinggi dan ini yang sering disebut awan panas. Awan panas yang terjadi pada waktu letusan besar disebut awan panas letusan sedangkan kalau terjadi guguran lidah lava dengan jumlah ratusan meter kubik dapat menimbulkan awan panas guguran. Aliran awan panas berhenti di lereng-lereng gunung atau di lembah sungai akan membentuk endapan dan endapan awan panas ini disebut ladu

c. Lahar : ladu yang berada di lereng gunung atau lembah sungai kalau tertimpa hujan dan kemudian bercampur dengan air hujan akan membentuk suatu cairan yang kental serta mempunyai berat jenis yang tinggi yang dinamakan lahar. Oleh sebab itu lahar dapat mengangkut batu-batu besar yang ada di sungai serta mempunyai daya rusak yang tinggi.

2.3.2. Bahaya Gunungapi

Bahaya yang dapat ditimbulkan oleh kegiatan gunungapi ada dua macam yaitu bahaya primer dan bahaya sekunder (Anonim, 2011:24)

2.3.2.1. Bahaya Primer

Bahaya primer adalah bahaya yang langsung dihadapi oleh karena keluarnya bahan pada waktu terjadi letusan seperti, aliran lahar, bahan lepas. Bahaya aliran lahar umumnya dapat dihindari karena gunungapi di Indonesia kekentalan laharnya tinggi, jadi kecepatan alirannya sangat lambat.

Bahaya dari bahan-bahan lepas, seperti bom hanya akan berjatuhan tidak jauh dari kawah yang umumnya bukan daerah yang dihuni orang. Tetapi kalau letusannya besar sekali seperti letusan Gunung Agung tahun 1963, bom yang membara membakar hutan dan kampung sehingga banyak manusia yang menjadi korban. Bahan lepas lainnya lapilli, pasir dan abu akan jatuh dan meluncur ke arah bawah melalui jurang yang dilaluinya.

Bahaya awan panas merupakan ancaman yang sangat serius bagi manusia, karena sulit dielakkan kecuali hanya melarikan diri. Dan ini juga tidak mudah karena awan panas yang suhunya sekitar 8000C mempunyai kecepatan sangat tinggi antara 60-150 km/jam. Jarak tempuh luncuran awan panas dapat mencapai 15 km dari puncak. Pada tikungan lembah yang tidak terlalu dalam awan dapat meluncur melompati tebing sungai dan akan membakar apa saja yang dilewati seperti hutan, rumah penduduk dan lain-lain.

2.3.2.2. Bahaya Sekunder

Bahaya sekunder dari kegiatan gunungapi adalah banjir lahar sekunder yang sering juga dinamakan lahar hujan atau lahar dingin. Lahar hujan ini disebabkan oleh adanya hujan lebat yang jatuh diatas endapan hasil letusan yang terdapat di lereng atau lembah-lembah sungai, yang kemudian air hujan tersebut akan bercampur dengan material tersebut dan terbentuk suatu cairan kental yang mempunyai berat jenis tinggi. Dikarenakan oleh beratnya maka aliran

lahar dapat mengangkut batu-batu yang besar serta mempunyai daya rusak yang sangat tinggi. Aliran sungai yang membawa lahar mudah sekali berubah arah, terkadang menyeleweng masuk ke daerah pertanian atau permukiman penduduk yang menyebabkan kerusakan-kerusakan bahkan kematian. Apabila jarak waktu antara banjir lahar dan letusan gunungapi tidak lama misalnya satu minggu, maka lahar tersebut temperaturnya masih panas, namun kalau terjadinya sudah lama dari letusan gunungapi maka yang terjadi adalah lahar dingin.

2.4. Analisa Laju Sedimentasi

2.4.1. Analisa Sedimen Hasil Erosi Lahan

Pendugaan besarnya erosi dalam penelitian ini menggunakan metode *USLE (Universal Soil Loss Equation)*. USLE *(Universal Soil Loss Equation)* merupakan suatu model parametrik untuk memprediksi erosi dari suatu bidang tanah. USLE memungkinkan perencana menduga laju rata-rata erosi suatu tanah tertentu pada suatu kecuraman lereng dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam pertanaman dan tindakan pengelolaan (tindakan konservasi tanah) yang mungkin dilakukan atau yang sedang dipergunakan (*Arsyad, 1989*).

Wischmeier dan Smith (1960) mengemukakan persamaan USLE untuk menduga laju erosi rata-rata tahunan dengan persamaan sebagai berikut. (Soewarno, 767:1991)

$$\mathbf{E = R \times K \times L \times S \times C \times P} \qquad (2\text{-}4)$$

dimana :

E = laju erosi akurat rata-rata tahunan (ton/ha/tahun)

R = faktor erosivitas hujan

K = faktor erodibilitas tanah

L = faktor panjang lereng (m)

S = faktor kemiringan lereng (%)

C = faktor pengelolaan tanaman

P = faktor konservasi tanah.

2.4.1.1. Erosivitas Hujan

Erosivitas Hujan adalah merupakan sifat curah hujan yang dipandang sebagai energi kinetik butir-butir hujan menumbuk permukaan tanah. Akibat jatuhnya massa air ke permukaan tanah menyebabkan terjadinya erosi, makin besar intensitas curah hujan maka jumlah tanah yang tererosi akan semakin besar.

Perhitungan besarnya indeks erosivitas hujan dilakukan pada stasiun pengamatan curah hujan dengan menggunakan persamaan Smith dan Weischmeier. (Soewarno, 1991:769)

$$EI30 = E \times I_{30} \times 10^{-2} \quad (2\text{-}5)$$

$$E = 14.374\ R^{1.075} \quad (2\text{-}6)$$

$$I_{30} = R/(77.178 + 1.010\ R) \quad (2\text{-}7)$$

dengan :

EI = indeks erosivitas hujan (ton cm/Ha.jam)

E = energi kinetik curah hujan (ton m/Ha.cm)

I_{30} = intensitas hujan maksimum selama 30 menit

R = curah hujan bulanan.

2.4.1.2. Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas adalah merupakan ketidaksanggupan tanah untuk menahan tumbukan butir-butir hujan. Tanah yang mempunyai erodibilitas tinggi akan tererosi lebih cepat dibandingkan dengan tanah yang mempunyai erodibilitas rendah dengan intensitas curah hujan yang sama. Erodibilitas tanah adalah

ukuran kepekaan tanah terhadap erosi yang ditentukan oleh sifat-sifat tanah itu sendiri, khususnya sifat fisis dan kandungan mineral liatnya. Erodibilitas tanah dapat dinilai berdasarkan sifat-sifat fisik tanah yaitu tekstur tanah, kadar bahan organik permeabilitas dan struktur tanah. Faktor ini biasanya disebut dengan indeks erodibilitas dengan notasi "K".

Untuk nilai Erodibilitas Tanah (K) digunakan Data Peta Tematik Jenis Tanah dari Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Dodokan Moyo Sari (Konversi *Theme Shapefile* ke *Theme Grid*).

Tabel 2.1. Jenis Tanah dan Besarnya Nilai K di Pulau Lombok

Jenis Tanah	K
Alluvial Coklat-Kekelabuan	0.47
Aluvial Kelabu-Tua	0.47
As. Lat.Cok. & Lat.Cok.Kmrhn	0.395
Grumusol Klbu smp. Klbu. Tua	0.213
K.Lit.Med.Ck.Kmrh & Med Cok	0.255
K.Med.Co.Grum.Klb.Reg.Cok.&Lit	0.33
K.Med.Co.Grum.Klb.Reg.Cok.&Lit	0.33
K.Med.Cok. & Med.Cok.Kmrhn	0.13
Ko. Lit. & Med. Cok. Kemrhan	0.46
Kom. Reg. Cok. Kekelabu & Lit	0.4
Komp. Litosol & Mediteran Cokl	0.46
Komp. Med. Cok. & Litosol	0.46
Komp. Reg. Kelabu & Litosol	0.255
Komp. Rensina & Litosol	0.255
Kompl. Regosol cokl.& litosol	0.4
Mediteran Coklat	0.21
Mediteran Coklat Kemerahan	0.05
Regosol Coklat	0.4

Sumber : Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Dodokan Moyo Sari

2.4.1.3. Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor lereng (LS) merupakan rasio antara tanah yang hilang dari suatu petak dengan panjang dan curam lereng tertentu dengan petak baku (tanah

gundul, curam lereng 9% panjang 22 meter, dan tanpa usaha pencegahan erosi) yang mempunyai nilai LS = 1.

Menurut Weismeier dan Smith (1978) dalam Hardjoamijojo dan Sukartaatmadja (1992), faktor lereng dapat ditentukan dengan persamaan :

$$LS = \left|\frac{l}{22}\right|\left(0{,}065 + 0{,}045.S + 0{,}0065.S^2\right)$$

Dimana :

l = Panjang lereng (m)

S = Kemiringan lahan (%)

m = Nilai eksponensial yang tergantung dari kemiringan

S < 1% , maka nilai m = 0,2

S = 1 – 3% , maka nilai m = 0,3

S = 3 – 5% , maka nilai m = 0,4

S > 5% , maka nilai m = 0,5

Selain menggunakan rumus diatas, nilai LS dapat juga ditentukan menurut kemiringan lerengnya seperti ditunjukkan pada tabel Penilaian Kelas Lereng dan Faktor LS sebagai berikut :

Tabel 2.2. Penilaian Kelas Lereng dan Faktor LS

KELAS LERENG	KEMIRINGAN LERENG (^{0})	NILAI LS
I	0 - 8	0,40
II	8 - 15	1,40
III	15 - 25	3,10
IV	25 - 40	6,80
V	> 40	9,50

Sumber : *Kironoto, 2000 dan Departemen Kehutanan*

2.4.1.4. Faktor Konservasi dan Pengelolaan Tanaman (CP)

Faktor Konservasi Tanah dan Pengelolaan Tanaman Nilai faktor induk konservasi tanah didapat dan membagi kehilangan tanah dan lahan yang diberikan perlakukan pengawetan, terhadap tanah tanpa pengawetan.

Sedangkan faktor pengelolaan tanaman merupakan angka perbandingan erosi dan lahan yang ditanami suatu jenis tanaman dan pengelolaan tertentu terhadap lahan.

Di DAS Nangka besarnya faktor indeks konservasi (faktor P) dan faktor indeks pengelolaan tanaman (faktor C) dihitung berdasarkan kondisi lahan dan jenis tanaman yang tumbuh pada daerah tersebut. Besarnya faktor C dan P disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3. Perkiraan Nilai Faktor C Berbagai Jenis Penggunaan Lahan

No.	Macam penggunaan	Nilai Faktor
1	Tanah terbuka/tanpa tanaman	1.0
2	Sawah lahan kering	0.56
3	Sawah lahan basah	0.01
4	Tegalan	0.7
5	Ubikayu	0.8
6	Jangung	0.7
7	Kedelai	0.399
8	Kentang	0.4
9	Kacang Tanah	0.2
10	Padi	0.561
11	Tebu	0.2
12	Pisang	0.6
13	Akar wangi (sereh wangi)	0.4
14	Rumput Bede (tahun pertama)	0.287
15	Rumput Bede (tahun kedua)	0.002
16	Kopi dengan penutup tanah buruk	0.2
17	Talas	0.85
18	Kebun campuran : - Kerapatan tinggi Kerapatan sedang Kerapatan rendah	0.1 0.2 0.5
19	Perladangan	0.4
20	Hutan alam : - Serasah banyak - Serasah kurang	0.001 0.005
21	Hutan Produksi : - Tebang habis - Tebang pilih	0.5 0.2
22	Semak belukar/padang rumput	0.3
23	Ubikayu + Kedelai	0.181
24	Ubikayu + Kacang tanah	0.195
25	Padi – Sorghum	0.345
26	Padi – Kedelai	0.417
27	Kacang tanah + gude (tanaman polongan)	0.495
28	Kacang tanah + Kacang tunggak	0.571
29	Kacang tanah + Mulsa jerami 4 ton/ha	0.049
30	Padi + Mulsa jerami 4 ton/ha	0.096
31	Kacang tanah + Mulsa jagung 4 ton/ha	0.128
32	Kacang tanah + Mulsa kacang tunggak	0.259
33	Kacang tanah + Mulsa jerami 2 ton/ha	0.377
34	Pola tanam tumpang gilir*) + Mulsa jerami	0.079

No.	Macam penggunaan	Nilai Faktor
35	Pola tanam berurutan **) + Mulsa sisa tanaman	0.357
36	Alang-alang murni subur	0.001

Sumber : *R.Vis, A procedure for the Analysis of soil Erosion Problems in water and land resources management studies*

Tabel 2.4. Perkiraan Nilai Faktor P pada Berbagai Jenis Aktifitas Pengolahan Lahan

Teknik Konservasi Tanah	Faktor P
Teras bangku :	
A. Konstruksi baik	0.2
B. Konstruksi kurang baik	0.35
Teras bangku : jagung-Ubikayu/kedelai	0.056
Teras Bangku : Sorghum-sorghum	0.024
Teras Tradisional	0.4
Teras Gulud : Padi jagung	0.013
Teras Gulud : Ketela Pohon	0.063
Teras Gulud :Jagung Kacang+ mulsa sisa tanaman	0.006
Tanaman dalam kontur :	
a. Kemiringan 0 – 8 %	0.5
b. Kemiringan 9 –20 %	0.75
c. Kemiringan > 20 %	0.9
Tanaman dalam jalur-jalur :	
Jagung-kacang tanah + mulsa	0.05
Mulsa limbah jerami :	
a. 6 ton/ha/tahun	0.3
b. 3 ton/ha/tahun	0.5
c. 1 ton/ha/tahun	0.8
Tanaman perkebunan	
a. Dengan penutup tanah rapat	0.1
b. Dengan penutup sedang	0.5
Padang Rumput :	
a. Kualitas baik	0.04
b. Kualitas kurang baik	0.4

Sumber : C. Asdak, Hiodrologi dan Pengelolaan DAS, 1995

2.4.1.5. Pendugaan Laju Erosi Potensial (E-Pot)

Erosi potensial adalah erosi maksimum yang terjadi pada suatu tempat dengan permukaan tanah dalam keadaan gundul sempurna dan proses kejadian erosi disebabkan oleh faktor alamiah yang berupa iklim, keadaan internal tanah dan keadaan topografi.

Erosi potensial menggunakan persamaan. (Soewarno, 777:1991)

Epot = R x K x LS (2-9)

dengan :

Epot = erosi potensial (ton/ha/tahun)

R = erosivitas hujan

K = erodibilitas tanah

LS = faktor panjang dan kemiringan lereng

2.4.1.6. Pendugaan Laju Erosi Aktual (E-Akt)

Erosi aktual terjadi karena adanya campur tangan manusia dalam kegiatan sehari-hari, misalnya pengolahan tanah untuk pertanian dan adanya keterlibatan unsur-unsur penutup tanah baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang dibudidayakan oleh manusia dalam usaha pertanian.

Jadi erosi aktual adalah hasil ganda antara erosi potensial dengan pola penggunaan lahan tertentu. Untuk memperkirakan besarnya erosi aktual menggunakan Persamaan. (Soewarno, 777:1991)

Eakt = Epot x C.P (2-10)

Dengan :

Epot = erosi potensial (ton/ha/tahun)

Eakt = erosi aktual (ton/ha/tahun)

CP = faktor tanaman dan pengawetan tanah

2.4.1.7. Sedimen Delivery Ratio

Sebagian atau sebagian kecil material sedimen yang tererosi di lahan (DAS) mencapai outlet basin atau sungai (saluran) terdekat. Dalam perjalanannya dari tempat terjadinya erosi lahan sampai outlet terjadi

pengendapan atau deposisi. Tidak semua sedimen hasil erosi aktual menjadi sedimen di sungai namun tergantung dari nisbah antara volume sedimen hasil erosi aktual yang mampu mencapai aliran sungai dengan volume sedimen yang diendapkan dari lahan diatasnya faktor ini disebut nisbah pelepasan sedimen (SDR-Sedimen Delivery Ratio). (Bisri, 2009:24)

Besarnya SDR dapat ditentukan berdasarkan tabel:

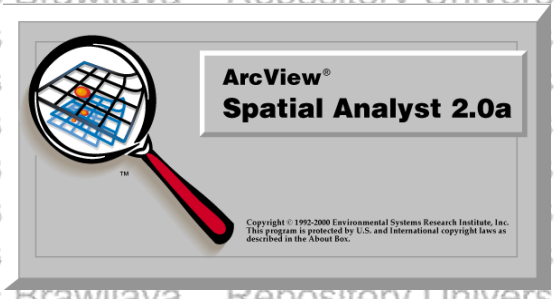
Tabel 2.5. Hubungan Antara Luas DAS Dengan Rasio Penghantaran Sedimen

No	Luas DAS (Ha)	Ratio Penghantaran Sedimen (%)
1	10	53
2	50	39
3	100	35
4	500	27
5	1000	24
6	5000	15
7	10.000	13
8	20.000	11
9	50.000	0.85
10	2.600.000	0.49

Sumber: SK. No. 346/Menhut-V/2005

2.4.2. Penggunaan Aplikasi *ArcView GIS 3.3*

Dalam penelitian ini, metode *USLE (Universal Soil Loss Equation)* yang digunakan akan disimulasikan dengan pendekatan aplikasi ***ArcView GIS 3.3*. berbasis *Grid Analisis Spasial* (*Spatial Analyst 2.0a*)**.



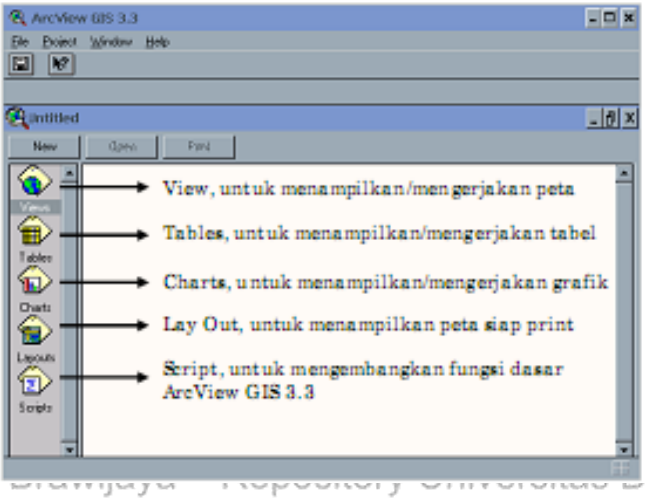
Gambar 2.8. Aplikasi *ArcView GIS 3.3*. berbasis *Grid Analisis Spasial* (*Spatial Analyst 2.0a*)

Analisis spasial adalah fasilitas yang disediakan oleh *ArcView* untuk mencari dan menganalisis hubungan spasial antar objek. Melalui analisis spasial

kita dapat melakukan hal yang sederhana seperti menampilkan dan *quary* data sampai pada hal yang kompleks. Komponen utama dari analisis spasial adalah *theme grid*. *Theme grid* adalah layer geografis yang menampilkan kenampakan objek dalam bentuk segi empat sama sisi (*cel*) pada *View*. Setiap sel atau piksel menyimpan nilai numerik yang menekspresikan informasi geografis yang diwakili. Bergantung pada informasi yang diwakili, nilai *theme grid* dapat berupa bilangan bulat (*integer*) atau tidak (*floating*). *Theme grid* yang menyimpan nilai *integer* dapat dihubungkan dengan tabel. Sel yang mempunyai nilai sama akan memiliki nilai *attribute* yang sama.

2.4.2.1. Menampilkan *ArcView* GIS 3.3

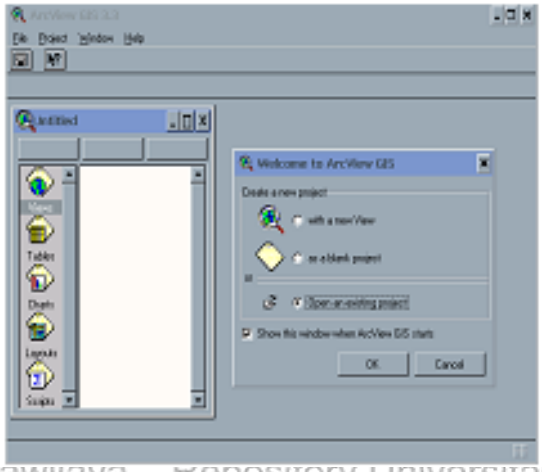
Untuk membuka ArcView GIS 3.3 bisa melalui icon ArcView GIS 3.3 yang terdapat pada Dekstop atau melalui Start - All program - ESRI - ArcView GIS 3.3 - icon ArcView GIS 3.3. Tampilan awal dari ArcView GIS 3.3 yaitu :



Gambar 2.9. Tampilan Awal dari Software *ArcView GIS 3.3*

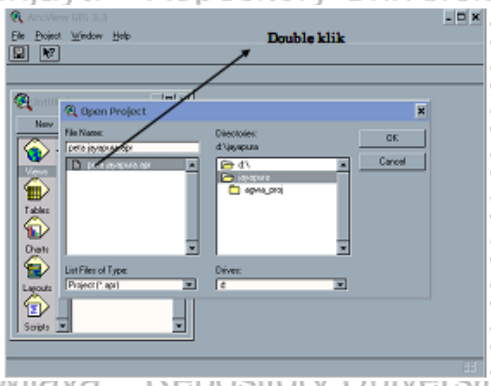
2.4.2.2. Membuka Project Yang Telah Ada

Untuk membuka project yang sudah ada atau telah dikerjakan sebelumnya dapat dilakukan dengan cara File - *Open Project* :

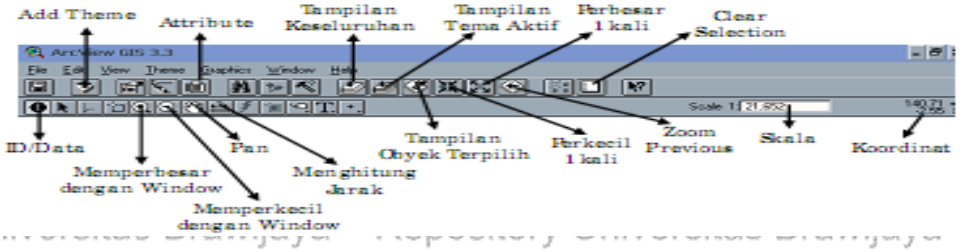


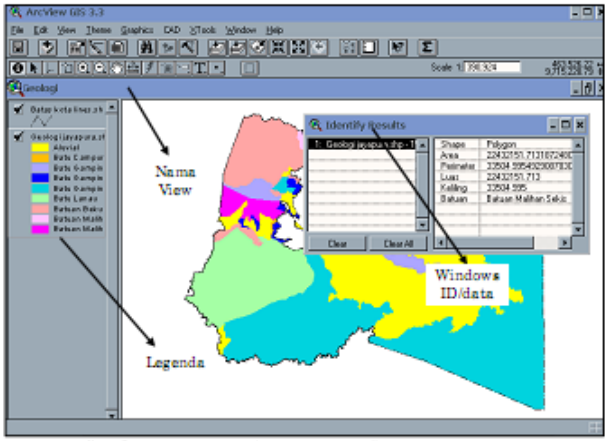
Gambar 2.10. Tampilan Project yang Akan Dibuka

Setelah tampilan project yang akan dibuka terlihat maka tinggal memilih project yang akan dikehendaki yaitu dengan cara double click pada project yang akan dikehendaki. Project yang dikehendaki akan muncul seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.11. Tampilan Project yang Dikehendaki

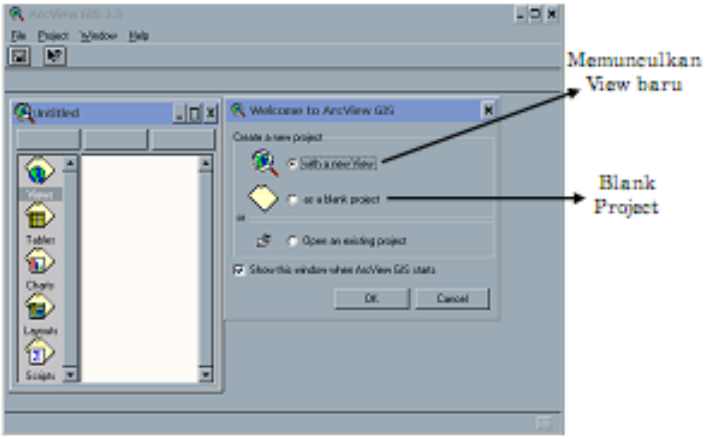




Gambar 2.12. Tampilan Salah Satu View Dalam Project

2.4.2.3. Membuat Project Baru

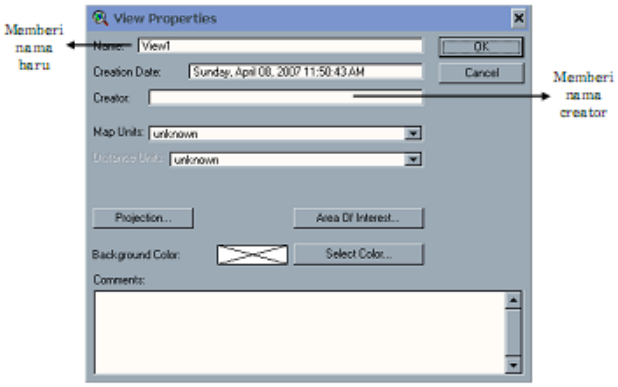
Untuk membuat project baru pada *ArcView GIS 3.3* pada menu File pilih New Project. Secara otomatis akan muncul project baru dengan nama *Untitled.apr*. Pilih icon View dan clik New atau double click pada icon View Untuk memunculkan View yang diinginkan dengan memilih data yang telah tersedia klik tombol add theme.



Gambar 2.13. Tampilan Untuk Memunculkan View Baru

Gambar 2.14. Tampilan Pemilihan Theme

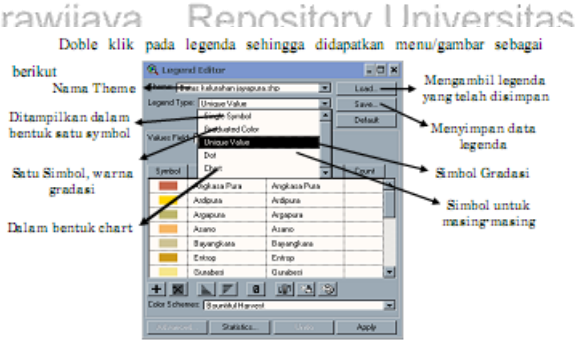
2.4.2.4. Mengubah Map Units



Gambar 2.15. Tampilan View Properties

Map unit adalah satuan koordinat ketika peta dibuat, apabila tidak diisi maka skala peta tidak dapat diketahui. *Distance unit* adalah satuan yang ditampilkan saat dilakukan pengukuran. Untuk menyimpan project dilakukan langkah-langkah yaitu dari menu sub *file - Save As*, setelah itu ketikkan nama file yang dikehendaki.

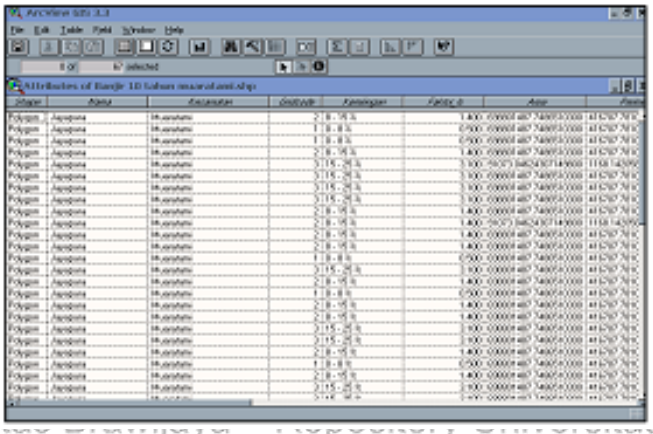
2.4.2.5. Mengubah Legenda Dalam View



Gambar 2.16. Tampilan Legend Editor

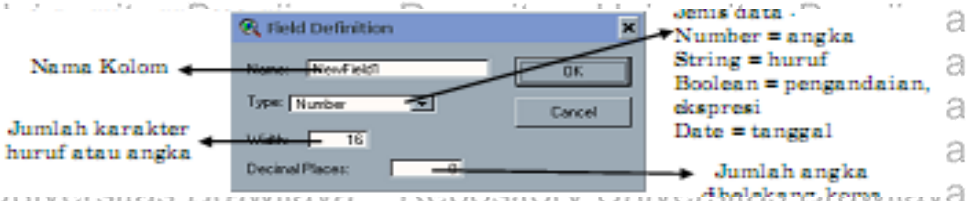
2.4.2.6. Tabel/Atributes

Attribute adalah data tabular yang menyertai data spasial. Attribut disimpan dalam format Dbase. Untuk menampilkan attribute yang dimiliki oleh View dapat dilakukan dengan menekan tombol sehingga didapat tampilan sebagai berikut:

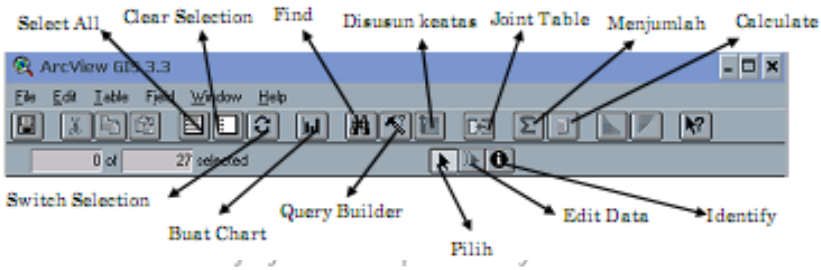


Gambar 2.17. Tampilan Data Attributes

Untuk menambah Kolom/Filed dilakukan dengan cara mengklik menu *Table - Start Editing*, *Edit - Add Field*. Jika ingin menambah baris dengan cara Klik menu *Edit - Add Record.*



Gambar 2.18. Tampilan Penambahan Kolom



Gambar 2.19. Tampilan Sub Menu File Attribute

2.4.2.7. Mengisi Informasi Dasar

Data attribute tiap .shp haruslah memiliki informasi dasar agar menjadi data GIS yang lengkap. Informasi dasar ini antara lain :

Point : Informasi Keterangan

Line : Informasi Panjang, Keterangan

Polygon : Informasi Luas, Keliling, Keterangan

2.4.2.8. Membuat Layout

- ✓ Aktifkan tombol Layout (pada project) dan tekan new sehingga muncul dokumen baru dengan nama Layout 1.
- ✓ ArcView akan memberikan pilihan untuk menyusun layout dengan pilihan:

Menampilkan View

Menampilkan Legenda

Menampilkan Skala

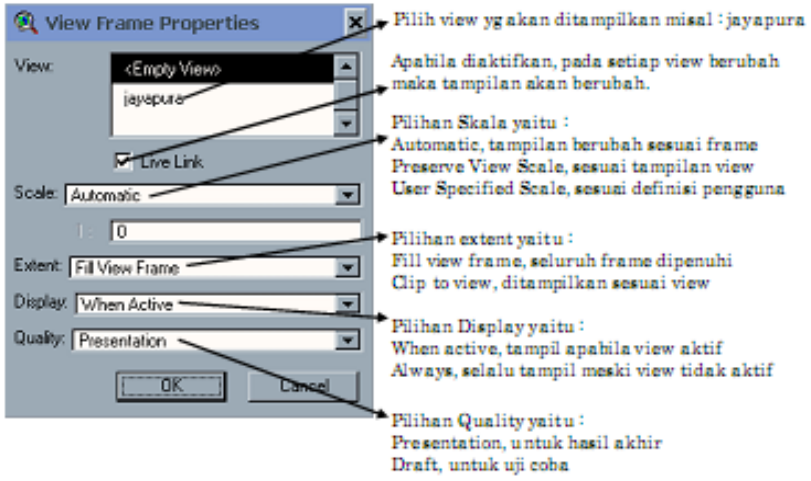
Menampilkan Arah Mata Angin

Menampilkan Chart

Menampilkan Tables

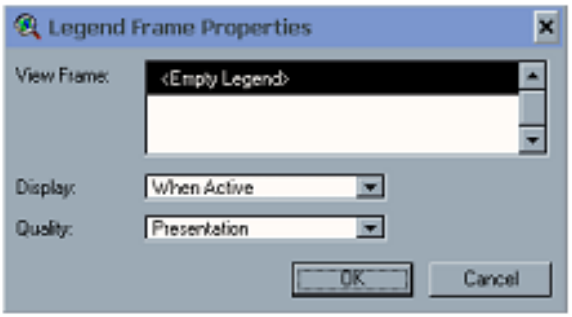
Menampilkan Gambar

- ✓ Untuk menampilkan view, tekan tombol menampilkan view dan buatlah frame pada dokumen layout sehingga didapat menu sebagai berikut :



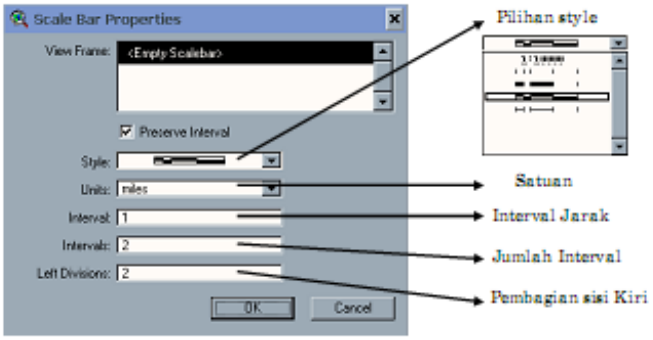
Gambar 2.20. Tampilan View Frame Properties

✓ Untuk menampilkan legenda, tekan tombol untuk menampilkan legenda dan buatlah frame untuk tampilan legenda pad lembar layout, maka akan didapat menu sebagai berikut :



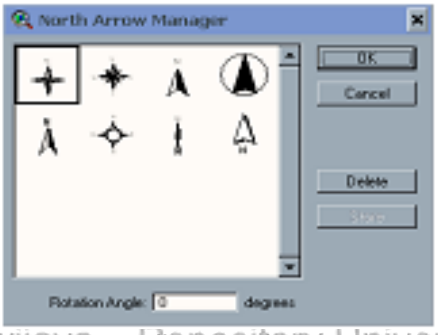
Gambar 2.21. Tampilan Legend Frame Properties

✓ Untuk menampilkan skala, tekan tombol untuk menampilkan skala dan buatlah frame untuk tampilan skala pada lembar layout, maka akan didapat tampilan menu sebagai berikut :



Gambar 2.22. Tampilan Scale Bar Properties

- ✓ Untuk menampilkan mata angin, tekan tombol untuk menampilkan mata angin dan buatlah frame untuk tampilan mata angin pada lembar layout, maka akan didapat menu sebagai berikut :



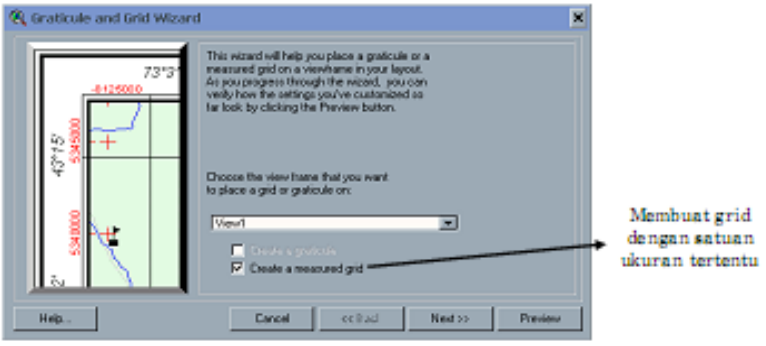
Gambar 2.23. Tampilan North Arrow Manager

- ✓ Untuk menampilkan grafik, tekan tombol untuk menampilkan grafik dan buatlah frame untuk tampilan grafik pada lembar layout.
- ✓ Untuk menampilkan tables/attributes, tekan tombol untuk menampilkan tables/attributes dan buatlah frame untuk tampilan tables/attributes pada lembar layout.
- ✓ Untuk menampilkan gambar, tekan tombol untuk menampilkan gambar dan buatlah frame untuk tampilan gambar pada lembar layout.

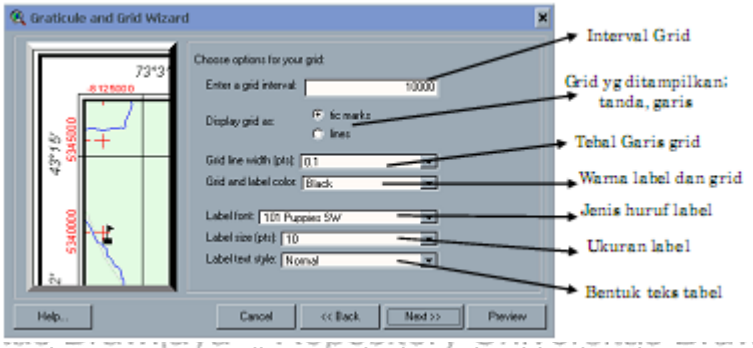
2.4.2.9. Membuat Graticules and Grids

- ✓ Mengaktifkan exstensions Graticules and Measure Grids.
- ✓ Mengaktifkan Button Graticules and Grids dengan cara clik view yang sudah tampil pada lembar layout.
- ✓ Clik button Graticules and Grids hingga muncul tampilan seperti di bawah ini kemudian next.
- ✓ Isi item-item untuk pilihan grid kemudian next
- ✓ Isi item-item untuk pilihan border kemudian next

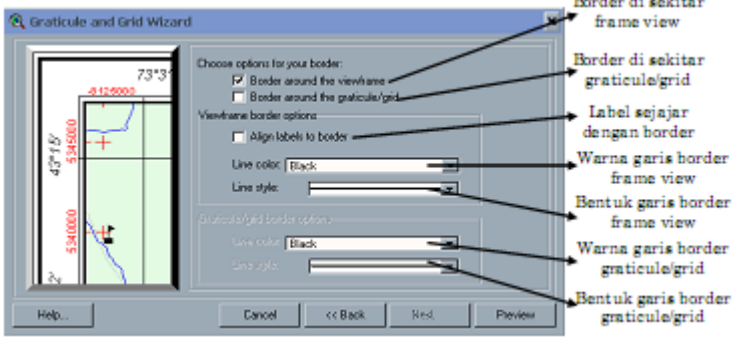
✓ Clik preview untuk mengetahui bentuk graticules and grid, jika sudah selesai clik Finish



Gambar 2.24. Tampilan Graticule and Grid Wizard 1



Gambar 2.25. Tampilan Graticule and Grid Wizard 2



Gambar 2.26. Tampilan Graticule and Grid Wizard 3

2.4.3. Penentuan Kriteria Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Setelah pengolahan dan analisis data selesai selanjutnya dilakukan penentuan tingkat bahaya erosi pada tiap satuan lahan dengan perkiraan erosi

tahunan dari metode USLE dan erosi yang masih dapat ditoleransi. Perhitungan TBE menggunakan persamaan Hammer (1981). Evaluasi bahaya erosi atau disebut juga tingkat bahaya erosi ditentukan berdasarkan perbandingan antara besarnya erosi tanah aktual dengan erosi tanah yang dapat ditoleransikan. Kriteria tingkat bahaya erosi bermaksud agar dapat diketahui sebaran wilayah besaran tingkat erosi sebagai evaluasi bahaya erosi yang memungkinkan penyusunan rekomendasi tindakan konservasi.

Dari hasil perbandingan antara besar erosi tanah aktual (A) dengan erosi tanah yang dapat diperkenankan (TSL : *Tolerable Soil Loss*) dalam memperoleh nilai Tingkat Bahaya Erosi kemudian nilai TBE tersebut disesuaikan dengan kriteria TBE yang terjadi pada setiap satuan lahannya, dapat dilihat pada Kriteria Tingkat Bahaya Erosi oleh Hammer (1981). Jika besarnya erosi yang terjadi (A) masih dibawah nilai erosi yang dapat diperkenankan (TSL), maka tidak akan membahayakan kelestarian sumber daya tanah dan air, akan tetapi jika nilai A lebih besar dari nilai TSL, maka perlu diperhatikan dan dilakukan tindakan konservasi yang tepat guna menekan dalam mengurangi laju erosi yang terjadi agar tidak membahayakan kondisi pada DAS.

Penentuan tingkat bahaya erosi yang diperkenankan (TSL: *Tolerable Soil Loss*); ditentukan oleh solum/ketebalan tanah. Nilai TSL pada masing masing unit analisis dapat ditentukan dengan merujuk pada penetapan nilai TSL tanah-tanah di Indonesia sebagaimana tabel berikut ini:

Tabel 2.6. Solum dan Nilai TSL di Indonesia

NO	Jenis Tanah	Nilai TSL
1	Tanah kedalaman dangkal (< 50 cm)	9.60
2	Tanah kedalaman sedang (50 - 90 cm)	14.40
3	Tanah kedalaman dalam (> 90 cm); perrmaebilitas sedang	24.00
4	Tanah kedalaman dalam (> 90 cm); permaebilitas cepat	30.00

Sumber : Asdak (2004)

Penentuan Tingkat Bahaya Erosi; nilai TBE diperoleh melalui rumus Hammer (1981) dalam (Arsyad, 2007:420) sebagai berikut:

TBE = A / TSL (2-11)

Dengan :

TBE = Tingkat Bahaya Erosi

A = Laju Erosi Potensial tahunan (ton/ha/th)

TSL = Erosi diperkenankan (ton/ha/th)

Adapun penentuan (kategori) hasil perhitungan tingkat bahaya erosi pada satuan unit analisis dapat ditentukan dengan memasukan pada klasifikasi tingkat bahaya erosi Hammer (1981) sebagai berikut:

Tabel 2.7. Kriteria Tingkat Bahaya Erosi Menurut Hammer (1981)

NILAI	KRITERIA / RATING TBE
< 1.0	Rendah
1.10 - 4.0	Sedang
4.01 - 10.0	Tinggi
> 10.01	Sangat Tinggi

Sumber : Hammer, 1981

2.4.4. Analisis Volume Sedimen Debris

2.4.4.1. Analisis Volume Sedimen Debris Dalam Sekali Banjir Akibat Hujan Rencana

A. Tipe Aliran

Untuk mengetahui tipe aliran debris atau aliran hiperkonsentrasi yang ada pada alur sungai dapat dibedakan berdasarkan kemiringan dasar sungai dan tinggi aliran relatif (Anonim, Pd20T-18-A, 5:2004)

1. Aliran debris terjadi apabila kemiringan dasar sungai lebih besar atau sama dengan kemiringan dasar kritis ($tg\ \theta \geq tg\ \theta d$) dapat dihitung menggunakan rumus Takahashi dkk (1988).

$$Tg\ \theta_d = ((C^*(\rho s-\rho w)) / ((C^*(\rho s-\rho w))+(\rho w(1+1/k))) * tan\Phi \quad (2\text{-}12)$$

dimana :

ρs : rapat masa material (ton/m^3)

ρw : rapat masa air (ton/m^3)

k : nilai koefisien eksperimen (0,85 – 1)

Φ : sudut geser dalam statis (^{o})

C* : konsentrasi sedimen pada dasar sungai (= 0,6)

2. Aliran sedimen hiperkonsentrasi terjadi pada kondisi tg θh < tg θ < tg θd (kemiringan dasar sungai lebih landai daripada kemiringan kritik terjadinya aliran debris akan tetapi lebih besar atau sama dengan kemiringan dasar kritik untuk aliran hiperkonsentrasi). Unsur-unsur geometris aliran di sungai. (Anonim, Pd20T-18-A, 5:2004)

$$Tg\ \theta h = ((C^*(\rho s-\rho w)) / ((C^*(\rho s-\rho w))+(\rho w(1+ho/d))) * tan\Phi \quad (2\text{-}13)$$

dimana :

ho = tinggi aliran (m)

d = diameter material dasar (m)

C* = konsentrasi sedimen pada dasar sungai (= 0,6)

B. Perhitungan Konsentrasi Sedimen Debris

Pada aliran debris, gerakan kolektif partikel dianggap memenuhi seluruh kedalaman aliran, sehingga konsentrasi sedimen (Cd) dianggap sama untuk seluruh kedalaman. Konsentrasi sedimen aliran debris dapat dihitung menggunakan rumus Takahashi dkk. (1988). (Anonim, Pd20T-18-A, 6:2004)

$$Cd = (\rho w \times tan\theta) / ((\rho s-\rho w).(tan\Phi-tan\theta)) \quad (2\text{-}14)$$

dimana :

ρw : rapat masa air (ton/m^3)

ρs : rapat masa material (ton/m^3)

tg θ : kemiringan alur (º)

C* : konsentrasi sedimen pada dasar sungai (= 0,6)

Cd : Konsentrasi Sedimen Aliran Debris

Jika Cd > 0.9 C* maka Cd = 0.9 C* dan Jika Cd < 0.3 maka Cd = 0.3.

Pada aliran hiperkonsentrasi gerakan kolektif partikel tidak terjadi pada seluruh kedalaman aliran, melainkan terjadi hanya pada sebagian kedalaman aliran sehingga konsentrasi sedimen (Cd) akan berbeda pada tiap kedalaman aliran. Besarnya konsentrasi sedimen dipengaruhi oleh kemiringan dasar sungai (tg θ). Konsentrasi sedimen dapat dihitung menggunakan rumus Mizuyama.(1988). (Anonim, Pd20T-18-A, 6:2004)

$$Cd = (11{,}85 \times tg^2 \theta) / (1 + 11{,}85\ tg^2 \theta) \quad (2\text{-}15)$$

Dimana:

tg θ : kemiringan alur (º)

Cd : Konsentrasi Sedimen Aliran Debris

C. Koefisien Koreksi Aliran Debris

Jika A<0.1 km^2 maka fr = 0.5, Jika A > 10 km2 maka fr = 0.1, Jika 0.1<A<10 maka fr = 0.05 $(\log A - 2)^2$ + 0.05 artinya nilai terendah fr = 0,1 dan tertinggi fr = 0,5

$$Fr = 0{,}05\ (\log A - 2)^2 + 0{,}05 \quad (2\text{-}16)$$

Dimana:

A : Luas Daerah Aliran Sungai (DAS)

Fr : Koefisien Koreksi Aliran Debris

D. Estimasi Volume Aliran Sedimen Sekali Banjir

Volume sedimen yang dapat diangkut dalam satu kali banjir debris maupun aliran hiperkonsentrasi dapat diprediksi dengan mempergunakan rumus empiris dari Mizuyama (1988) sebagai berikut. (Anonim, Pd20T-18-A, 5:2004)

V_{ec} = ((R24 x A x 10^3/1- λ) x (Cd/(1-Cd)).fr (2-17)

dimana:

λ : void rasio (± 0,40).

Fr : Koefisien Koreksi Aliran Debris

A : catchment area (km^2)

Cd : Konsentrasi Sedimen Aliran Debris

R_{24} : curah hujan harian maksimum (mm)

2.5. Kapasitas Tampungan Sedimen

Cara pendekatan yang digunakan dalam perencanaan volume sedimen yang diamankan, berdasarkan metode yang dipakai dalam perencanaan-perencanaan bangunan pengendali sedimen, yaitu sebagai berikut (Anonim E, 1986:35)

1. Tampungan Total

$V_t = 0{,}5\ B.\ H_{efektif}.\ L_t$ (2-18)

Dengan:

V_t = volume tapungan total (m^3)

B = lebar bangunan pengendali sedimen (m)

Lt = panjang aliran lahar terkendali total (m) = $\frac{H_{efektif}}{I_o - I_d}$

$H_{efektif}$ = tinggi efektif dan tanpa podasi

I_o = kemiringan dasar sungai asli = tan θ

I_d = kemiringan dinamis

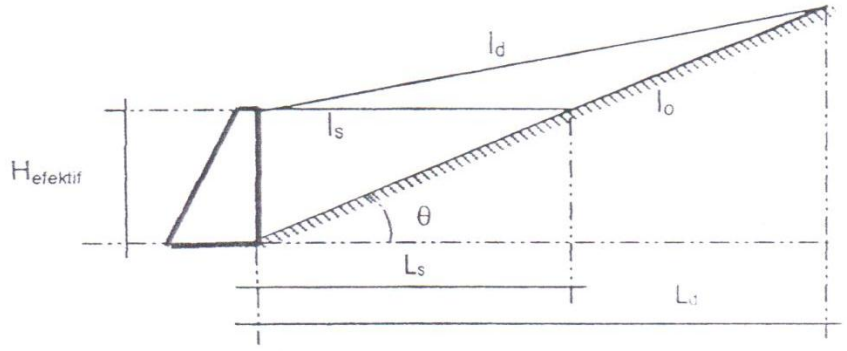
2. Tampungan tetap/mati *(dead storage)*

$$V_s = 0{,}5\ B.\ H_{efektif}.\ L_s \qquad (2–19)$$

$$L_s = \frac{H_{efektif}}{I_o} \qquad (2–20)$$

3. Tampungan Sementara *(control volume)*

$$V_d = V_t - V_s \qquad (2–21)$$



Gambar 2.27. Potongan Memanjang Tampungan Sedimen

2.6. Kriteria Perencanaan Bangunan Pengendali (*Sabo Dam)*

Sabo DAM merupakan bangunan penahan sedimen pada daerah hulu sungai dan mempunyai manfaat sebagai berikut:

- ✓ Mengurangi tenaga rusak
- ✓ Mengontrol kemiringan/aliran air/aliran sedimen
- ✓ Mengarahkan aliran air debris dan lumpur
- ✓ Menahan sedimen dihulu sungai
- ✓ Menahan muka air tanah

Dasar-dasar perencanaan Sabo DAM:

1. Prinsip Perencanaan Sabo DAM

Sabo merupakan suatu bangunan yang berfungsi untuk mencegah bencana yang diakibatkan oleh aliran debris/sedimen dari hulu sungai, sehingga sungai tersebut dapat berfungsi secara normal dan efektif.

2. Titik dasar/basic point perencanaan sabo

Merupakan suatu titik batas jumlah debris/sedimen yang dibicarakan dan yang diijinkan. Titik dasar harus diletakkan sedemikian agar supaya mudah untuk merumuskan perencanaan. Misalnya titik paling hilir pada suatu alur sungai, titik pertemuan sungai sampai perbaikan sungai.

3. Perencanaan sabo yang memadai

Sejumlah perencanaan sabo di dalam lingkup aliran debris, perencanaan harus dirumuskan dalam suatu skala yang mampu mencakup sebagian besar kasus bencana, pada perencanaan sabo didalam aliran sedimen harus dirumuskan dalam suatu skala berdasarkan probabilitas curah hujan.

4. Estimasi debris/sedimen untuk perencanaan sabo

a. Estimasi produksi debris/sedimen

Jumlah debris/sedimen yang dihasilkan di daerah sasaran harus diestimasi sebagai jumlah material seperti berikut:

- Jumlah material yang dapat tererosi yang terletak didaerah bukit/tebing-tebing sungai yang siap hanyut ke hilir (selain material longsoran baru)
- Selain longsoran yang sudah ada
- Selain longsoran lama
- Erosi sekunder dari debris atau sedimen yang mengendap di dasar sungai

b. Estimasi jumlah material debris/sedimen yang mengalir

Merupakan jumlah rencana material debris yang mengalir melalui sabo basic poin, yang diestimasi sebagai hasil produksi. Estimasi secara umum harus dilaksanakan mengenai jumlah aliran sedimen selama satu periode banjir besar, tetapi bila bicara masalah sedimen dari suatu sungai yang menyebabkan pengendapan yang berkelanjutan di waduk harus dikerjakan berdasarkan jumlah sedimen tahunan.

c. Jumlah aliran debris yang diijinkan

Jumlah aliran debris yang diizinkan didefinisikan sebagai jumlah material yang mengalir menuju hilir tanpa membuat kerusakan dan alur sungai tetap terjaga dalam kondisi aman dan stabil. Untuk estimasi dan usulan tersebut di atas harus diobservasi dan diteliti mengenai kondisi alur sungai, misalnya *tractive force* dari air yang mengalir dan ukuran butiran material dasar sungai.

d. Jumlah kelebihan aliran debris

Jumlah kelebihan aliran debris pada suatu *basic point* adalah jumlah material tertentu pada perencanaan sabo ditentukan sebagai jumlah yang harus dikendalikan pada sebelah hulu titik tersebut agar sedimen yang melewati *basic point* adalah jumlah material yang diizinkan satu periode banjir.

2.7. Perencanaan Konstruksi Dam Pengendali Sedimen

Pada sungai yang banyak membawa sedimen, sedapat mungkin dapat dibangun bendung-bendung pengendali sedimen (*check dam*) yang lebih tinggi agar kemiringan sungai lebih landai dan daya tampung sedimen ruang di hulu check dam lebih besar. Untuk menahan sedimen yang masih mengalir dari hulu kadang dilakukan dengan penggalian pada kantong-kantong yang telah penuh. Akan tetapi penggalian yang terlalu besar dapat menyebabkan penurunan suplai sedimen dibagian hilir check dam yang berakibat lapisan tanah dibagian kaki hilir check dam terkikis dan membahayakan kesetabilan tubuh *check dam* (Suyono Sosrodarsono, 1994).

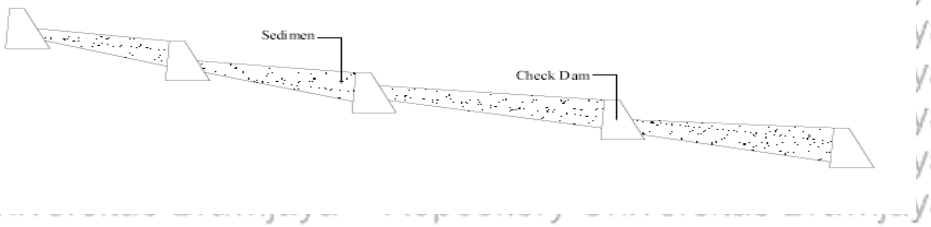
Jika tanah pondasi terdiri dari tanah batuan yang lunak, maka gerusan tersebut dapat dicegah dengan pembuatan bendung anakan (Sub Dam). Beberapa *check dam* memerlukan beberapa sub dam, sehingga didapat

kelandaian yang stabil pada dasar alur sungai dihilirnya, stabilitas dasar alur dapat diketahui dari ukuran butir sedimen, debit sungai dan daya angkut sedimen, kemudian barulah jumlah sub dam dapat ditentukan. Keruntuhan check dam biasanya akibat dari bahaya piping pada lapisan pondasi dan pencegahannya adalah dengan pembuatan lantai lindung antara *Main Dam* dengan *Sub Dam*-nya. Apabila besarnya pengaruh piping pada dasar pondasi bagian hilir tidak diketahui secara pasti, maka dianjurkan untuk membangun bendung secara bertahap dan peninggiannya dilakukan setelah 2-3 tahun kemudian. Dengan demikian dapat diketahui secara pasti penurunan dasar sungai disebelah hilir bendung dan ketahanan tanah asli terhadap piping (Suyono Sosrodarsono, 1994).

2.7.1. Prosedur Perencanaan Teknis

Penentuan tempat kedudukan bendung, biasanya didasarkan pada tujuan pembangunannya. Seperti yang dijelaskan dibawah ini :

1) Untuk pencegahan terjadinya sedimentasi yang mendadak dan dengan jumlah yang sangat besar yang timbul akibat dari tanah longsor, sedimen luruh, banjir lahar dan lain-lain, maka tempat kedudukan check dam harus diusahakan pada lokasi disebelah hilir dari sumber sedimen yang labil tersebut, yaitu pada alur sungai yang dalam, agar dasar sungai naik dengan adanya check dam tersebut.
2) Pencegahan penurunan dasar sungai, tempat kedudukan check dam harus disebelah hilir dari ruas sungai tersebut. Apabila ruas sungai tersebut cukup panjang, maka diperlukan beberapa buah check dam yang dibangun secara berurutan membentuk terap-terap sedemikian sehingga pondasi yang lebih hulu dapat tertimbun oleh tumpukan sedimen yang tertahan oleh check dam dibagian hilirnya.



Gambar 2.28. Rangkaian Check Dam

Untuk memperoleh kapasitas tampungan yang besar, maka tempat kedudukan check dam diusahakan sebelah hilir ruas sungai yang lebar, sehingga dapat terbentuk semacam kantong. Kadang check dam diletakkan pada sungai utama disebelah hilir muara anak sungai sehingga dapat menahan sedimen baik dari sungai utama maupun dari anak sungainya (Suyono Sosrodarsono, 1994).

Perencanaan dam pengendali sedimen secara teknis meliputi perencanaan sebagai berikut:

a. Perencanaan peluap
b. Perencanaan Main Dam
c. Perencanaan pondasi
d. Perencanaan sayap
e. Bangunan pelengkap

2.7.2. Perencanaan Teknis Dimensi Bangunan Pengendali Sedimen

A. Dimensi Peluap

Kedalaman aliran pada debit banjir dihitung dengan rumus Bendung *(Weir)* bentuk Trapesium. (Anonim, 23:2012)

$$Q = 2/15 \times C \times \sqrt{2.g} \times (3.B_1 + 2.B_2) \times h_1^{3/2} \quad (2\text{-}22)$$

dimana:

Q = debit desain (m3/dt)

C = koefisien peluap (0,6 – 0,66)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/dt^2)

B1 = lebar peluap bagian bawah (m)

B2 = lebar muka air di atas peluap (m)

h_1 = tinggi air di atas peluap bendung utama (m)

m2 = kemiringan tepi peluap

B. Tinggi Jagaan Sabo Dam *(Freeboard)*

Tinggi jagaan Sabo Dam (*freeboard*) dari ketentuan tinggi jagaan sabo dam dengan debit rancangan

Tabel 2.8.Tinggi Jagaan Pada Peluap

Debit Desain (m^3/dt)	50	50 - 100	100 - 200	200 - 500	500 – 2000
Tinggi jagaan (meter)	0.6	0.8	1	1.2	1.5

Sumber : Anonim, Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai 23:2012

C. Ketebalan Ambang Pelimpah Sabo Dam (*thickness of crest*)

Dari ketentuan ketebalan ambang pelimpah sabo dam dengan jenis material dasar sungai

Tabel 2.9.Penentuan Lebar Mercu

Lebar Mercu : b	1,50 – 2,00 m	3,00 – 4,00 m
Sedimen	Pasir dan kerikil atau kerikil Dan batu-batu kecil	Batu – batu besar
Sifat Hidrolik Aliran	Gerakan mandiri (lepas)	Gerakan massa (*debris flow*)

Sumber : Anonim, Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai 23:2012

D. Dimensi Kemiringan Tubuh Dam

Lereng hulu sabo dam (upstream slope) dimana H < 15 m, menggunakan rumus sebagai berikut : (Anonim, Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai 10:2012)

$$(1+\alpha)\, m^2 + [2(n+\beta) + n\,(4\alpha+\gamma) + 2\,\alpha\,\beta]\, m - (1+3\alpha) + \alpha\,\beta\,(4n+\beta) + \gamma\,(3n\beta+\beta^2 + n^2) = 0$$

n = kemiringan tubuh bendung utama bagian hilir

α = perbandingan tinggi air di atas peluap dan tinggi bendung pengendali dasar sungai

m = kemiringan tubuh bendung utama bagian hulu

β = perbandingan lebar mercu peluap dan tinggi bendung pengendali dasar sungai

γ = perbandingan γc dan γ0

γc = berat volume bahan bendung (t/m^3)

γ0 = berat volume aliran air (1 – 1,2 t/m^3)

E. Dimensi Pondasi Sabo

✓ Kedalaman Pondasi Sabo Dam

Dari ketentuan kedalaman pondasi dengan jenis material bawah permukaan tanah letak rencana sabo dam dibangun.

Tabel 2.10. Standart Penetrasi Pondasi Kedalaman Tanah (D)

Material Dasar		Kedalaman minimum penetrasi	
Pasir dan Kerikil (Sand-Gravel)		Minimum 2.00	m
Batuan	Batuan lunak (Soft rock)	2.00	m
	Batuan keras (Hard rock)	1.00	m

Sumber : *Technical Standart and Guidelines for Planning and Design, JICA.*

✓ Koperan (*Cut-off*)

Metode koperan (cut-off) diterapkan jika kemiringan dasar sungai / Slope terlalu curam (Sumber : Desain bangunan pengendali sedimen (Desain Sabo), (Anonim, 2012:46). Sehingga dalam perencanaan ini:

✓ Tinggi tubuh utama Sabo Dam

H = Hd + D (2-24)

dimana :

Hd= Tinggi Effektif Bendung

D = Kedalaman Pondasi

✓ Lebar kaki pondasi hilir :

L1 = H x n (2-25)

dimana :

H = Tinggi tubuh utama bendung

n = Lereng Hilir (0,2 standar)

✓ Tumit pondasi hilir

Lt1 = L1 - Hd.n (2-26)

✓ Lebar kaki pondasi hulu

L2 = H x m (2-27)

dimana:

H = Tinggi tubuh utama bendung

m = kemiringan tubuh bendung utama bagian hulu

✓ Tumit pondasi hulu

Lt2 = L2 - Hd.m (2-28)

dimana:

Hd= Tinggi Effektif Bendung

L2 = Lebar Kaki Pondasi

m = Kemiringan tubuh bendung utama bagian hulu

✓ Sayap Sub Dam (*wing of sabo dam*)

Kemiringan talud sayap bangunan sabo yang direncanakan untuk aliran debris adalah slope rata-rata dasar sungai :

I = 0.040

Ketentuan untuk panjang sayap sabo dam adalah kebalikan (inverse) dari slope rata-rata sungai dikalikan kemiringan talud sayap pelimpah :

Lw = n x m1 (2-29)

n = 1/i = 1/0,04 (2-30)

Ketebalan sayap sabo nilainya boleh kurang dari ketebalan puncak pelimpah, ini akan diputuskan dengan mempertimbangkan keamanan struktur bangunan sabo. Dengan ketentuan tebal sayap sabo minimum 2 m dan tidak lebih dari ketebalan puncak pelimpah, maka direncanakan tebal sayap sabo :

w = W - n.Hc (2-31)

4. Dimensi Sub Sabo

Sub Dam Sabo dan bagian-bagiannya, seperti ambang pelimpah, tubuh dam, pondasi maupun sayap sub dam dibuat serupa dengan dam utama. Sub dam dapat dibuat tanpa apron atau dengan apron. Jarak antara dam utama dengan sub dam tergantung tinggi dam utama dan tinggi aliran diatas ambang pelimpah.

✓ Jarak antara Sabo Dam dengan sub sabo dam

L = 1,5 x (H1+h1) (2-32)

Dimana:

L = Jarak dam utama ke sub dam

H1 = Beda elevasi ambang pelimpah dengan perpotongan lapisan batuan dasar hingga mercu pelimpah sub dam

H2 = tinggi dari muka lantai permukaan batuan dasar hingga mercu pelimpah sub dam

h1 = tinggi aliran diatas pelimpah dam utama

✓ Tinggi sub sabo dari pondasi Sabo Dam utama

H2= 1/4 x H (2-33)

✓ Tinggi sub sabo dari permukaan apron

$$na = H2 - D \quad (2\text{-}34)$$

✓ Tebal puncak sub sabo dam

$$t = 0{,}1 \times (0{,}6H1 + 3h1 - 1) \quad (2\text{-}35)$$

Tabel 2.11. Kedalaman pondasi sub sabo dam ditentukan berdasarkan jenis material tanah bawah permukaan

Jenis Tanah	Kedalaman pondasi Sub Sabo
Pasir dan Kerikil	1,50 m
Batuan lunak	1,00 m
Batuan keras	0,50 m

Sumber : Anonim, *((ISBN:978-602-96989-4-7) Desain bangunan pengendali sedimen (Desain Sabo) 2012:59)*

✓ Apron Sabo Dam. (Anonim, *ISBN:978-602-96989-4-7,* 2012:57)

Jika rencana apron membentuk level horizontal dengan permukaan tanah, maka panjang apron :

$$La = 1{,}5 \times (H1+h1) - n.H \quad (2\text{-}36)$$

dimana:

La = Jarak dinding vertikal keujung apron paling hulu (m)

H = Tinggi dam utama (m)

H1 = tinggi dari ambang pelimpah hingga muka apron (m)

h1 = tinggi aliran diatas pelimpah dam utama (m)

n = nilai rasio n:1 kemiringan sisi hilir dam utama.

✓ Tebal lantai apron (SNI 03-2851-1991 Rev. 2004)

Mengingat jenis site sabo terletak pada Batuan Lunak, maka tebal apron dihitung dengan rumus empiris:

ta = 0,1 x (0,6H1 +3h1 - 1) (2-37)

Berdasarkan standart minimum tebal apron untuk dasar pasir dan kerikil adalah 1,00 m, maka penetapan tebal apron harus mengacu pada tabel berikut :

Tabel 2.12. Tebal Apron Untuk Lapisan Dasar Pasir & Kerikil

Tinggi dam utama (Hm)	6	7	**8**	9	10
Tebal Apron (t_0)	1,0 m	1,0 m	**1,2 m**	1,2 m	1,5 m
Tinggi dam utama (Hm)	11	12	13	14	15
Tebal Apron (t_0)	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	2,0 m

Sumber : *Technical Standart and Guidline for Planning and Design Sabo, JICA March 2002*

Tinggi sub sabo dari dasar apron

H2' = H2 + I (2-37)

4. Perkuatan Dinding Samping (*side wall revetment*)

Kedalaman penetrasi sayap dinding vertikal kedalam tanah tergantung pada jenis material tanah dasarnya, yaitu : Breksi volkanik untuk perencanaan Perkuatan Dinding Samping (*side wall revetment*) mengikuti tabel standart berikut :

Tabel 2.13. Penetrasi Sayap Dinding Vertikal Kedalam Tanah

NOTASI	PENETRASI KEDALAM TANAH		
	Pasir & Kerikil	Batuan Lunak	Batuan Keras
b1	≥ 2,0 m	≥	≥
B2	2,0 m	1,50 – 2,0 m	1,0 m
B3	2,0 m	1,0 m	0,5 m
B4	≥ 1,0 m	≥ 0,5 m	≥ 0,5 m
M	Tergantung kondisi geologi tanah dasarnya	0,5	0,5

Sumber : *Technical Standart and Guidline for Planning and Design Sabo, JICA March 2002*

5. Dimensi Proteksi Depan Bangunan

Dalam usaha melindungi dam sabo dari ancaman gerusan lokal yang terjadi tepat di sebelah hilir bangunan sub sabo untuk dasar sungai pasir dan kerikil dilakukan dengan menempatkan batu-batu besar.

Panjang perlindungan dasar sungai yang diperlukan menggunakan Rumus "BRAY" :

C_{bray} = 5

$$L = 3 \times C \times ((1/3) . H1)^{0,5} \times ((q/7) - L1) \quad (2\text{-}38)$$

dimana:

L = Panjang yang diperlukan untuk melindungi dasar sungai (m)

L1 = Panjang Apron (m)

H1 = Beda tinggi antara elevasi muka banjir rencana di hulu dam dengan elevasi muka air rendah rata-rata dihilir dam (m)

q = debit persatuan lebar diapron (m)

Tabel 2.14. Koefisien Bray

MATERIAL PONDASI	KOEFISIEN BRAY (C)
Pasir dan lanau (silt) diameter 0,1 – 0,05 mm	18
Pasir diameter 0,25 – 0,1 mm	15
Pasir diameter 0,5 – 0,25 mm	12 – 15
Pasir diameter 1,0 – 0,5 mm	12
Campuran kerikil dan pasir	9
Batu, kerikil dan pasir	4 – 6

Sumber : *Desain bangunan pengendali sedimen (Desain Sabo), Ir.Pitoyo S, 2012 (ISBN:978-602-96989-4-7), Hal.62*

7. Dimensi Lubang Air (*Drain Holes*)

(Sumber : Desain bangunan pengendali sedimen (Desain Sabo), Ir.Pitoyo S, 2012 (ISBN:978-602-96989-4-7), Hal.50-51)

Selain ukuran dan bentuk lubang, lokasi lubang alir harus ditentukan sedemikian rupa guna memenuhi tujuan dibuatnya lubang alir tersebut, tanpa mengurangi stabilitas bangunan.

Pertimbangan penetapan lokasi lubang alir adalah sebagai berikut :

Lubang alir harus terletak dekat dasar sungai, dengan maksud untuk mengalirkan aliran banjir.

1. Jarak vertikal maupun horizontal setiap lubang alir minimum 2,00 m.
2. Posisi lubang alir harus simetris terhadap sumbu vertikal pelimpah.
3. Lubang alir harus berada didalam pelimpah.
4. Banyaknya lubang alir minimum 3 buah, sedangkan banyaknya lubang alir ditetapkan berdasarkan debit air yang biasa terjadi.
5. Ukuran lubang alir lingkaran atau kotak minimum 0,60 dan 0,50 m.

✓ Luas penampang lubang drain holes

$A = 3{,}14\ (R^2)$ (2-39)

✓ Keliling basah drain holes

$P = 2 \times 3{,}14 \times r.$ (2-40)

✓ Jari-jari hidrolis drain holes

$R = A / P$ (2-41)

✓ Kecepatan aliran dalam lubang drain holes

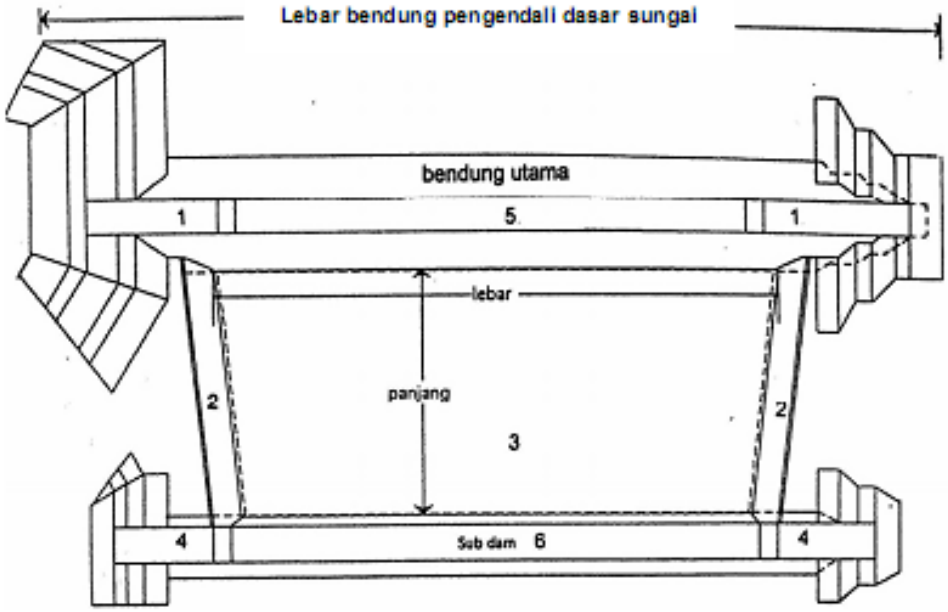
$V = Cd \times (2xgxH)^{0.5}$ (2-42)

✓ Debit tiap drain holes

$Qdh = A \times V$ (2-43)

✓ Jumlah minimum drain holes

N = Q2 / Qdh (2-44)



Gambar 2.29. Bendung Pengendali Dasar Sungai dan Bangunan Kelengkapanya

Keterangan Gambar

1. Sayap Bendung Utama
2. Tembok Tepi
3. Kolam Olak
4. Sayap Subdam
5. Peluap Bendung Utama
6. Peluap Subdam

2.7.3. Perhitungan Stabilitas Bangunan Pengendali Sedimen

Untuk menghitung stabilitas bendung utama harus memenuhi persyaratan persyaratan sebagai berikut. (Anonim, Pd-T-12-2004, 11:2004)

2.7.3.1. Stabil Terhadap Guling

X = M / Pv (2-45)

$e = X - D/2$ (2-46)

pada umumnya besarnya X di syaratkan $D/3 < X < 2D/3$

atau $e < 1/6 . D$

$SF = \Sigma Mv / \Sigma MH$ (2-47)

dimana :

X = Jarak dari tumit bendung tepi (hulu) sampai ke titik tangkap resultan gaya (m)

e = Jarak dari as sampai ke titik tangkap resultan gaya (m)

Mv = Jumlah momen yang menahan (tm)

MH = Jumlah momen yang menggulingkan (tm)

M = Momen total (Mv - MH) (tm)

PV = Gaya vertikal total (t)

D = Lebar dasar bendung utama (m)

SF = Faktor keamanan terhadap guling (SF 1,2 sesuai dengan Tabel tinggi bendung <15 m)

Tabel 2.15. Angka Keamanan Terhadap Geser Yang Disarankan

Jenis tanah dasar	Angka keamanan Sf	Tinggi bendung
Batuan cukup kompak	4	-
Fondasi apung	1,20	< 15 meter
Fondasi apung	1,50	> 15 meter

Sumber : (Anonim, Pd-T-12-2004, 23:2004)

2.7.3.2. Stabil terhadap geser

$SF_{geser} = (f.PV + \tau 0 . l) / P_H$ (2-48)

dimana:

SF_{geser} = faktor keamanan terhadap geser yang disesuaikan dengan Tabel

Pv = gaya vertikal total (t)

P_H = gaya horizontal total (t)

f = koefisien geser antara dasar badan bendung dan tanah dasar yang disesuaikan dengan tabel.

Tabel 2.16. Daya Dukung Tanah Yang diijinkan dan koefisien geser

Klasifikasi fondasi		Daya dukung tanah (t/m^2)	Koefisien geser	Catatan	
				Kekuatan tekan bebas *unconfined compressive strength*	Nilai N – SPT
Batuan dasar	Batuan keras dengan sedikit retak	100	0,70	> 1.000 t/m^2	-
	Batuan keras dengan banyak retak	60	0,70	> 1.000 t/m^2	-
	Batuan lunak atau *mudstone*	30	0,70	> 100 t/m^2	-
Lapisan kerikil	Kompak	60	0,60	-	-
	Tidak kompak	30	0,60	-	-
Lapisan pasir	Kompak	30	0,60	-	30 – 50
	Kurang kompak	20	0,50	-	15 - 30
Lapisan tanah liat	Keras	10	0,45	10 – 20 t/m^2	8 - 15
	Kurang keras	5	-	5 – 10 t/m^2	4 – 8
	Sangat keras	20	0,50	20 – 40 t/m^2	15 - 30

Sumber : (Anonim, Pd-T-12-2004, 23:2004)

τ_0 = tegangan geser badan bendung pada tanah dasar yang disesuaikan dengan Tabel B.5

l = panjang bidang geser (m)

2.7.3.3. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah Fondasi

$$\sigma_1 = (PV / D) . (1 + 6.e / D) \quad (2\text{-}49)$$

$$\sigma_2 = (PV / D) . (1 - 6.e / D) \quad (2\text{-}50)$$

dimana:

σ_1 = tegangan vertikal pada ujung hilir bendung (t/m^2)

σ_2 = tegangan vertikal pada ujung hulu bendung (t/m^2)

PV = gaya vertikal total (t)

D = lebar dasar bendung utama (m)

e = eksentrisitas resultan gaya yang bekerja (X – D/2) (m)

X = jarak ujung hulu sampai titik tangkap resultan gaya (m)

2.8. Penentuan Tata Letak Bangunan Pengendalian Sedimen

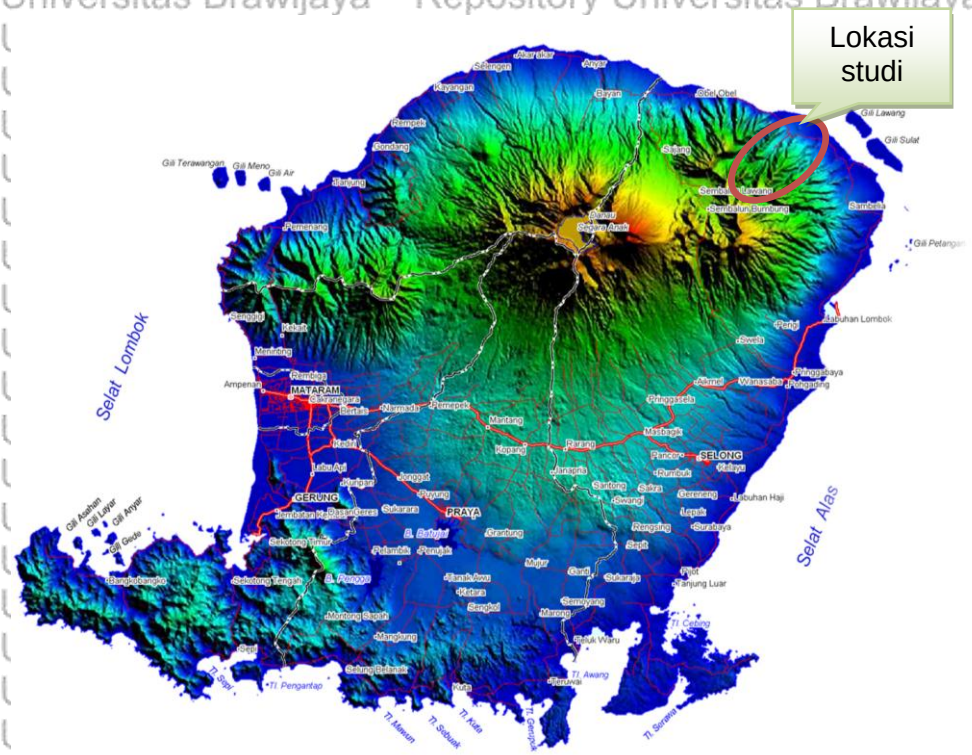
Tata letak bendung penahan harus memenuhi ketentuan-ketentuan, sebagai berikut:

1. Lokasi ditetapkan agar dapat menghasilkan bangunan yang paling ekonomis sehingga biaya pembuatan perdaya tampungnya menghasilkan nilai yang paling kecil.
2. Sumbu bendung penahan harus tegak lurus arah aliran dibagian hilirnya
3. Apabila lokasi bendung penahan pada tikungan sungai, harus dilakukakn tinjauan hidraulik terhadap kemungkinan limpasan dan gerusan pada tebing luar tikungan baik di hulu maupun di hilir bangunan (Anonim, SNI 03-2851-1991).

BAB III
METODOLOGI STUDI

3.1 Deskripsi Lokasi Studi

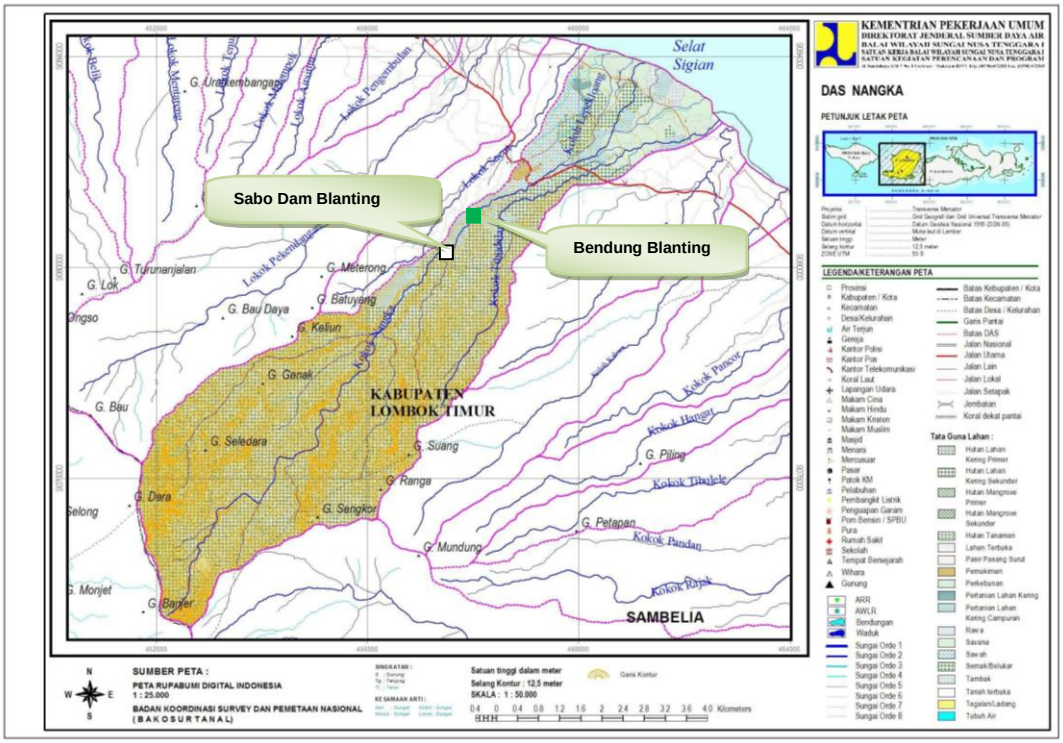
Daerah Aliran Sungai Nangka secara administratif termasuk dalam wilayah Kabupaten Lombok Timur Propinsi Nusa Tenggara Barat dan secara geografis terletak antara 116° 32' 00" BT s/d 116° 42' 30" BT dan 8° 17' 00" LS s/d 8° 23' 00" LS. Daerah Aliran Sungai Nangka memiliki luas 32,87 km².



Gambar 3.1. Peta Lokasi Studi

3.1.1. Prasarana SDA Pada Pengaliran Sungai Nangka

Bangunan prasarana SDA yang ada pada pengaliran sungai Nangka terdiri dari 1 (satu) buah Sabodam, 1 (satu) buah bendung, dan 1 (satu) buah jembatan.



Gambar 3.2. Prasarana SDA di DAS Nangka

3.1.2. Kondisi Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan di lokasi studi (DAS Nangka) di dominasi oleh areal Hutan, areal Hutan ini adalah seluas 2.065,92 ha posisi kedua adalah areal Kebun/Perkebunan seluas 303,82 ha, urutan ketiga yaitu areal Semak/Belukar seluas 291,76 ha, urutan berikutnya setelah areal Semak/Belukar adalah areal Rumput/Tanah Kosong seluas 279,48 ha, selanjutnya pada urutan ke lima adalah areal sawah irigasi dengan luas 229,50 ha, menempati urutan ke enam yaitu areal tegalan dan lading dengan luas areal 110.10 ha, kemudian menempati urutan ke tujuh adalah areal pemukiman dengan luas 6.22 ha.

Tabel 3.1. Penggunaan Lahan di DAS Nangka

No	Landuse	Luas (km2)	Persentase
1	Permukiman	0.0622	0.19%
2	Rumput/Tanah Kosong	2.7948	8.50%
3	Semak/Belukar	2.9176	8.88%
4	Tegalan/Ladang	1.1010	3.35%
5	Sawah Irigasi	2.2950	6.98%
6	Kebun/Perkebunan	3.0382	9.24%
7	Hutan	20.6592	62.86%
TOTAL		**32.790**	**100.00%**

Sumber : Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara 1

3.2 Sistematika Pengerjaan Studi

3.2.1 Metode Pengumpulan Data

Dalam penyusunan studi ini diperlukan data- data yang mendukung baik itu data primer maupun data sekunder. Yang di maksud data sekunder adalah data yang bersumber dari instansi – instansi yang terkait dan pernah dilakukan pengukuran, sedangkan data primer diperoleh berdasarkan pengukuran langsung di lapangan. Secara umum data yang diperlukan dalam studi ini adalah:

a. Data hidrologi, untuk mengetahui curah hujan rencana serta debit banjir pada sungai, data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan harian dengan periode 12 tahun.
b. Data geologi, digunakan untuk kondisi geologis Gunung Merapi (berupa jenis batuan dasar, teras sungai dan endapan yang terdapat di dasar sungai, hasil erupsi baru, hasil erupsi Gunung Merapi muda dan hasil erupsi Gunung Merapi Tua).
c. Data geometri sungai, digunakan untuk mengetahui potongan memanjang dan melintang sungai, kemiringan tebing sungai, lebar sungai dan kemiringan dasar sungai.
d. Data kemiringan lereng berupa peta *shapfile* dari BWS Nusa Tenggara 1.

e. Data jenis tanah yang ada di DAS Nangka untuk mengetahui besarnya faktor Erodibilitas Tanah (K).

f. Data peta topografi wilayah perencanaan dengan skala 1 : 25.000, digunakan untuk mencari Daerah Pengaliran Sungai (DPS) serta stasiun-stasiun hujan yang bersangkutan dan untuk menentukan ketinggian dan lokasi bangunan pengendali sedimen.

g. Data teknis Sabo dam (eksisting) untuk dievaluasi kinerja bangunannya.

3.2.2. Analisis Perhitungan

3.2.2.1. Analisis Pendugaan Besarnya Erosi Lahan

Dalam penelitian ini besarnya nilai erosi menggunakan persamaan *USLE (Universal Soil Loss Equation)* dengan menggunakan bantuan aplikasi *ArcView GIS 3.3.* untuk menduga besarnya laju rata-rata erosi tertentu pada suatu kecuraman lereng dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam pertanaman dan tindakan pengelolaan.

3.2.2.2. Analisis Volume Sedimen Sekali Banjir

Kondisi topografi daerah, kemiringan dasar sungai, volume limpasan dan komposisi angkutan dasar merupakan faktor yang berpengaruh terhadap mekanisme gerakan sedimen. Pada daerah gunung berapi biasanya bahan-bahan angkutan sedimen terdiri dari pasir bercampur debu, kerikil dan batu-batu besar (*Boulder*). Tahap-tahap dalam perhitungan besarnya volume sekali banjir yaitu:

1. Penentuan Tipe Aliran

Analisis untuk mengetahui tipe aliran debris atau aliran hiperkonsentrasi yang ada pada alur sungai berdasarkan kemiringan dasar sungai dan tinggi aliran relatif. Perhitungan menggunakan rumus Takashi (1988).

Aliran debris terjadi apabila kemiringan dasar sungai lebih besar atau sama dengan kemiringan dasar kritis (tg θ ≥ tg θd). Sedangkan Aliran sedimen hiperkonsentrasi terjadi pada kondisi tg θh < tg θ < tg θd (kemiringan dasar sungai lebih landai daripada kemiringan kritik terjadinya aliran debris akan tetapi lebih besar atau sama dengan kemiringan dasar kritik untuk aliran hiperkonsentrasi) dengan menggunakan rumus Mizuyama.

2. Perhitungan Konsentrasi Sedimen Debris

   Perhitungan konsentrasi aliran debris menggunakan rumus Takashi (1988). Pada aliran debris, gerakan kolektif partikel dianggap memenuhi seluruh kedalaman aliran, sehingga konsentrasi sedimen (Cd) dianggap sama untuk seluruh kedalaman.

3. Koefisien Koreksi Aliran Debris

   Perhitungan Koefisien Koreksi Aliran Debris berdasarkan Pedoman teknis tentang Pembuatan Peta Bahaya Aliran Debris (Pd T-18-2004-A)

4. Estimasi Volume Aliran Sedimen Sekali Banjir

   Estimasi Volume Aliran Debris berdasarkan Pedoman teknis tentang Pembuatan Peta Bahaya Aliran Debris (Pd T-18-2004-A)

3.2.2.3. Analisis Keseimbangan Sedimen

Analisis ini dimaksudkan untuk menghitung volume tampung dan volume sedimen yang mana volume ini diperlukan untuk merencanakan tampungan bangunan pengendali sedimen.

3.2.2.4. Evaluasi Bangunan Pengendali (sabo dam) eksisting

Analisis ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas tampungan bangunan pengendali yang telah ada yaitu berupa sabo dam mampu mengendalikan sedimen yang diakibatkan oleh kegiatan gunung rinjani sehingga

dapat diketahui berapa lama bangunan sabo tersebut dapat berfungsi dan berapa banyak bangunan pengendali sedimen selanjutnya yang akan direncanakan.

3.2.2.5. Analisis Kapasitas Tampungan Sedimen

Analisis ini digunakan untuk menentukan besarnya tampungan total (Vt), tampungan tetap/mati (Vs) dan tampungan sementara *(control volume)*.

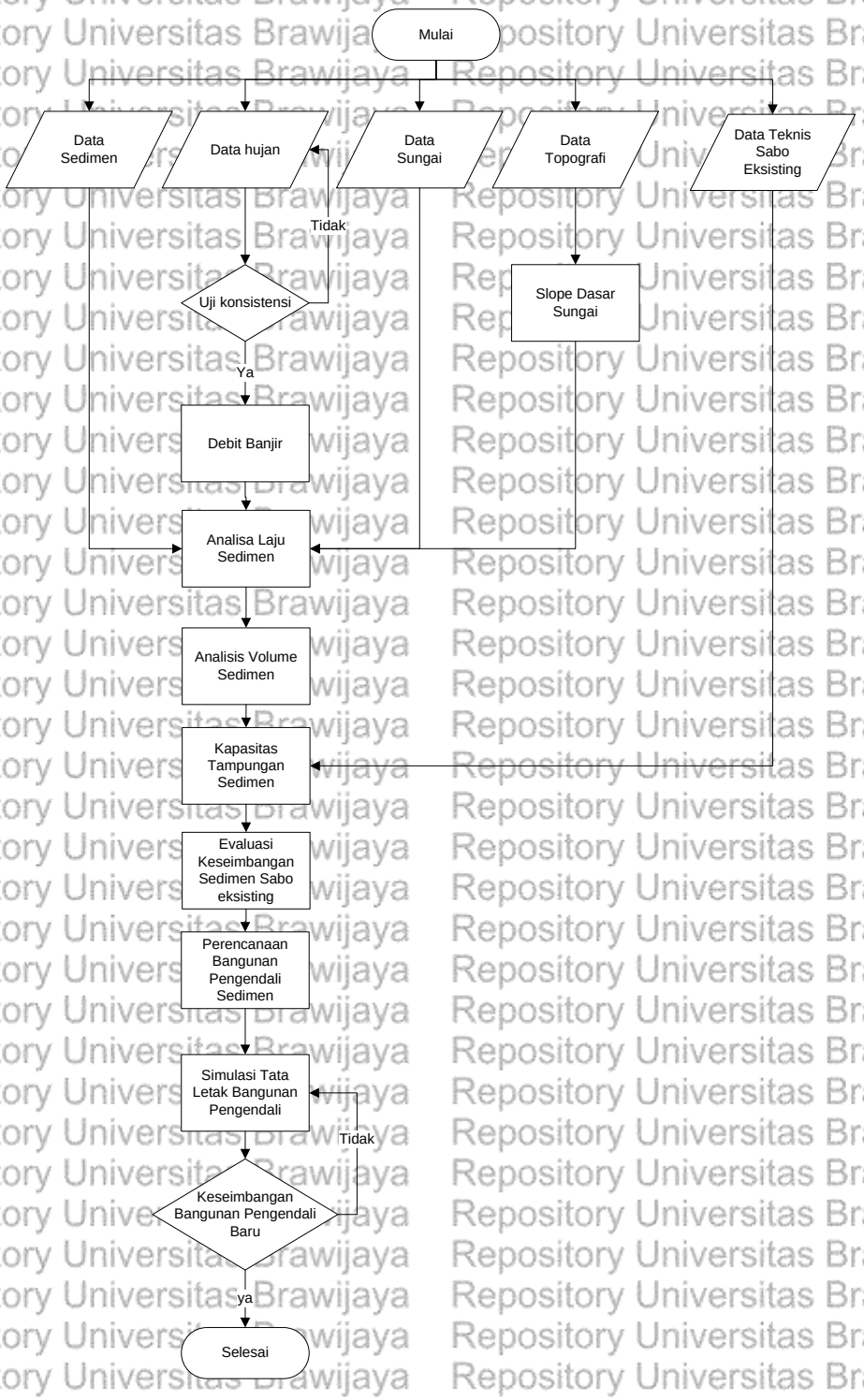
3.2.2.6. Simulasi Tata Letak Bangunan Pengendali Sedimen

Simulasi tata letak bangunan pengendali sedimen ini dimaksudkan untuk mendapatkan dititik mana yang paling tepat untuk penempatan bangunan pengendali tersebut sehingga diharapkan mampu mengendalikan sedimen secara efektif dan efisien.

3.2.3. Penentuan Tata Letak Bangunan Pengendalian Sedimen

Tata letak bendung penahan harus memenuhi ketentuan-ketentuan, sebagai berikut:

1. Lokasi ditetapkan agar dapat menghasilkan bangunan yang paling ekonomis sehingga biaya pembuatan perdaya tampungnya menghasilkan nilai yang paling kecil.
2. Sumbu bendung penahan harus tegak lurus arah aliran dibagian hilirnya
3. Apabila lokasi bendung penahan pada tikungan sungai, harus dilakukakn tinjauan hidraulik terhadap kemungkinan limpasan dan gerusan pada tebing luar tikungan baik di hulu maupun di hilir bangunan (SNI 03-2851-1991)



Gambar 3.3. Diagram Alir Penyelesaian Tesis

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Gambar 3.4. Diagram Alir

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi di daerah aliran sungai Nangka, analisis hidrologi merupakan bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Dalam studi ini tahapan dalam analisis hidrologi adalah analisis data curah hujan, analisis hujan rancangan dan analisis debit banjir rencana.

4.1.1 Analisis Curah Hujan

Analisa data curah hujan umumnya mencakup, pengisian data hujan, pemeriksaan konsistensi data, penentuan curah hujan daerah aliran dalam hal ini digunakan data curah hujan rata-rata maksimum, analisis probabiltas curah hujan rencana disertai pengujian data hujan untuk uji kesesuaian distribusi. Selanjutnya curah hujan rencana yang terpilih digunakan untuk estimasi debit banjir rencana.

Dalam studi ini data curah hujan yang diambil adalah data curah hujan yang tercatat pada stasiun penakar hujan Stasiun Sapit dan Stasiun Sambelia.

Tabel 4.1 Stasiun Penakar Hujan di DAS Nangka

Nama Stasiun Hujan	Posisi Lintang	Posisi Bujur	Elevasi
Sta. Sambelia	08 ^{0} 22' 47.00" LS	116 ^{0} 41' 19.00" BT	612 m dpl
Sta. Sapit	08 ^{0} 29' 44.83" LS	116 ^{0} 32' 54.43" BT	128 m dpl

Sumber : Balai Hidrologi NTB

Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2002 sampai dengan 2013 seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Sapit dan Stasiun Sambelia

Tahun	Curah Hujan Stasiun (mm)	
	Stasiun ARR SAPIT	Stasiun ARR SAMBELIA
2002	87,00	100,00
2003	85,80	90,60
2004	69,90	100,80
2005	47,40	70,70
2006	48,00	110,50
2007	72,50	44,74
2008	94,50	60,81
2009	56,10	33,62
2010	125,30	43,90
2011	92,90	55,45
2012	105,20	106,38
2013	94,00	135,99
Rerata	**80,42**	**74,32**

Sumber : Unit Hidrologi Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara 1

4.1.1.1 Uji Konsistensi Data

Sebelum data curah hujan digunakan dalam analisis hidrologi, terlebih dahulu diuji untuk mengetahui konsistensinya. Pengujian ini dilakukan dengan menguji data yang satu stasiun dengan data stasiun lainnya. Sehingga data dari sekian data stasiun yang dipakai, dapat dipergunakan untuk melakukan analisa selanjutnya.

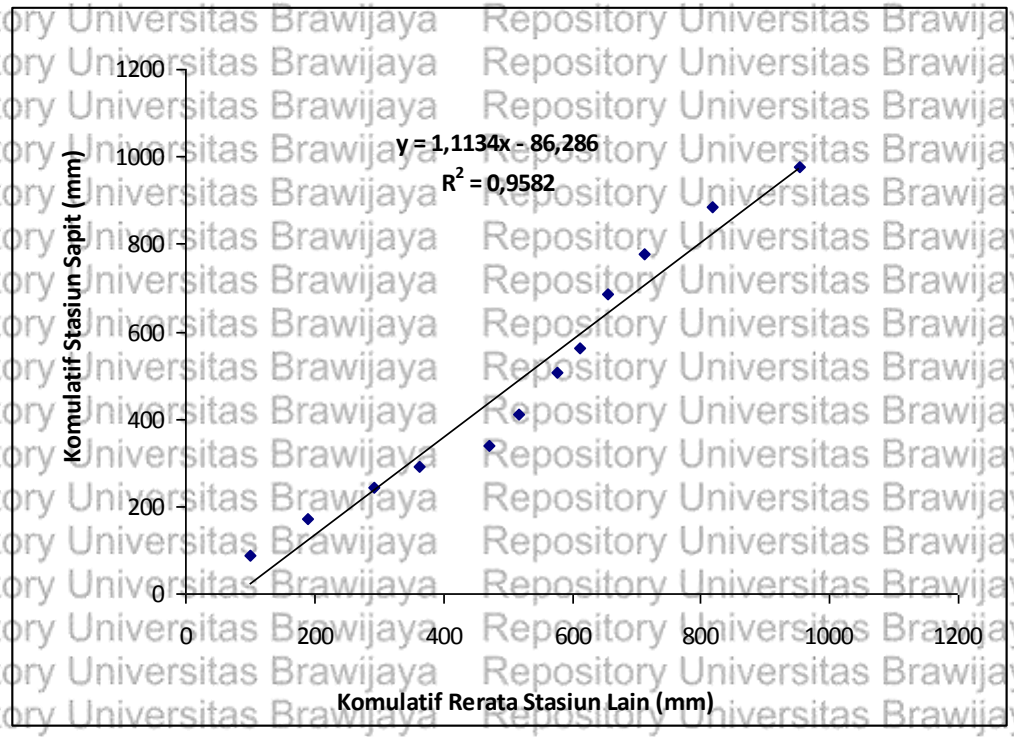
Pengujian konsistensi data dalam penelitian ini menggunakan metode lengkung masa ganda. Cara pengujian adalah dengan menggambarkan hujan kumulatif tahunan suatu stasiun hujan terhadap hujan kumulatif rata-rata dari stasiun hujan disekitarnya. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Sapit

No.	Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm)		Rerata	Komulatif	Komulatif Rerata
		Stasiun ARR SAPIT	Stasiun ARR SAMBELIA	(3,4)	ARR SAPIT	(3,4,5)
1	*2*	*3*	*4*	*5=(3+4)/2*	*6*	*7=Kum(5)*
1	2002	87,00	100,00	100,00	87,00	100,00
2	2003	85,80	90,60	90,60	172,80	190,60
3	2004	69,90	100,80	100,80	242,70	291,40
4	2005	47,40	70,70	70,70	290,10	362,10
5	2006	48,00	110,50	110,50	338,10	472,60
6	2007	72,50	44,74	44,74	410,60	517,34
7	2008	94,50	60,81	60,81	505,10	578,15
8	2009	56,10	33,62	33,62	561,20	611,77
9	2010	125,30	43,90	43,90	686,50	655,67
10	2011	92,90	55,45	55,45	779,40	711,12
11	2012	105,20	106,38	106,38	884,60	817,51
12	2013	94,00	135,99	135,99	978,60	953,49

Sumber : Hasil Perhitungan

SUMMARY OUTPUT	
Regression Statistics	
R Square	0,9582



Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Sambelia

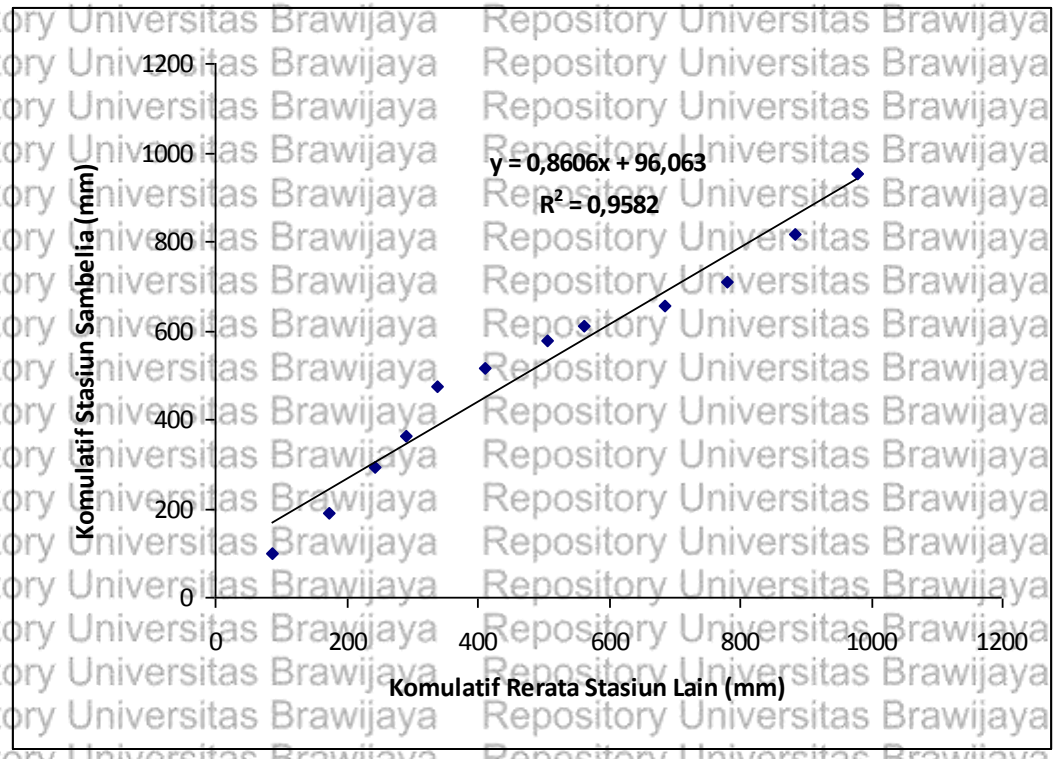
No.	Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm) Stasiun ARR SAMBELIA	Stasiun ARR SAPIT	Rerata (3,4)	Komulatif ARR SAMBELIA	Komulatif Rerata (3,4,5)
1	*2*	*3*	*4*	*5=(3+4)/2*	*6*	*7=Kum(5)*
1	2002	100,00	87,00	87,00	100,00	87,00
2	2003	90,60	85,80	85,80	190,60	172,80
3	2004	100,80	69,90	69,90	291,40	242,70
4	2005	70,70	47,40	47,40	362,10	290,10
5	2006	110,50	48,00	48,00	472,60	338,10
6	2007	44,74	72,50	72,50	517,34	410,60
7	2008	60,81	94,50	94,50	578,15	505,10
8	2009	33,62	56,10	56,10	611,77	561,20
9	2010	43,90	125,30	125,30	655,67	686,50
10	2011	55,45	92,90	92,90	711,12	779,40
11	2012	106,38	105,20	105,20	817,51	884,60
12	2013	135,99	94,00	94,00	953,49	978,60

Sumber : Hasil Perhitungan

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics

R Square	0,9582



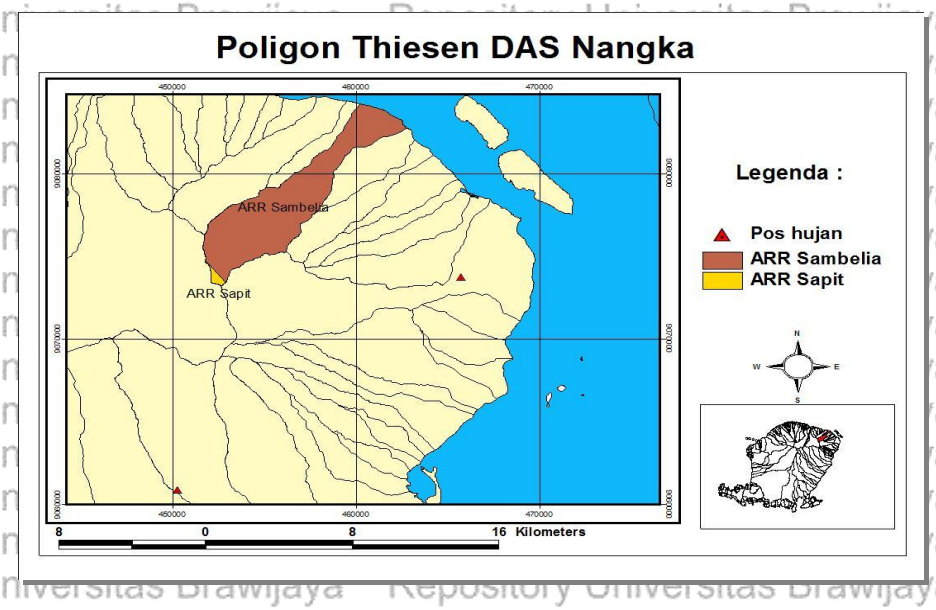
4.1.1.2 Curah Hujan Daerah

Data hujan yang didapat dari stasiun-stasiun pengukuran berupa data hujan di suatu titik tertentu (*point rainfall*), sedangkan untuk keperluan analisis, yang diperlukan adalah data curah hujan daerah aliran (*areal rainfall/catchmaent rainfall*). Untuk mendapatkan data curah hujan daerah dengan menggunakan metode poligon Thiesen. Dengan mengambil data curah hujan maksimum pada masing-masing stasiun.

Tabel 4.5 Curah Hujan Thiesen

Tahun	Curah Hujan Stasiun (mm)		Hujan Thiesen	Rangking (mm)
	ARR SAPIT	ARR SAMBELIA		
Besar Pengaruh	**0,047**	**0,953**	**(mm)**	
2002	87,00	100,00	99,39	134,01
2003	85,80	90,60	90,37	107,56
2004	69,90	100,80	99,35	106,33
2005	47,40	70,70	69,60	99,39
2006	48,00	110,50	107,56	99,35
2007	72,50	44,74	46,04	90,37
2008	94,50	60,81	62,40	69,60
2009	56,10	33,62	34,67	62,40
2010	125,30	43,90	47,73	57,21
2011	92,90	55,45	57,21	47,73
2012	105,20	106,38	106,33	46,04
2013	94,00	135,99	134,01	34,67

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.1. Poligon Thiesen DAS Nangka

4.1.2 Analisis Hujan Rencana

Untuk menentukan besarnya hujan rencana diperlukan data hujan harian maksimum daerah. Hujan rencana dihitung dengan analisis frekuensi curah hujan. Dari hasil pengujian kecocokan data.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Rencana

NO	PERIODE ULANG Tr (Tahun)	CURAH HUJAN RANCANGAN (mm)
		METODE LOG PEARSON
1	1,1	81,979
2	2	103,438
3	5	140,526
4	10	166,032
5	25	199,269
6	50	225,840
7	100	250,567
8	200	277,331
9	1000	353,499

Sumber :Hasil Perhitungan

4.1.3 Analisis Debit Banjir Rencana

Pada umumnya debit banjir rencana ditentukan berdasarkan data curah hujan yang tercatat, karena data debit banjir jarang sekali dapat diterapkan karena keterbatasan data pengamatan. Langkah-langkah dalam penentuan banjir dari data hujan daerah pengaliran sungai adalah sebagai berikut :

1) Membuat analisis hubungan antara curah hujan dan debit banjir yang tercatat.
2) Membuat analisis frekuensi curah hujan harian maksimum tahunan.
3) Dari kedua analisis di atas ditentukan besarnya banjir untuk beberapa kala ulang tertentu.

Metode penentuan debit banjir rencana akan dilakukan dengan metode hidrograf satuan sintetik *Nakayasu*.

Dalam menentukan debit banjir rencana perlu didapatkan besarnya sesuatu intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut terkonsentrasi.

Dari hasil perhitungan didapat besarnya banjir rancangan pada tiap kala ulang adalah:

Tabel 4.7 Rekapitulasi Banjir Rencana

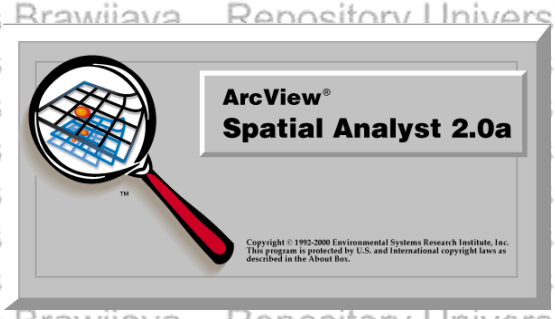
Kala Ulang T (tahun)	Hujan Rancangan (mm)	Debit Banjir (m^3/dt) Metode HSS. Nakayasu
1,1	81,98	51,224
2	103,44	70,791
5	140,53	105,884
10	166,03	130,681
25	199,27	163,577
50	**225,84**	**190,253**
100	250,57	215,322
200	277,33	242,683
1000	353,50	321,570

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2 Analisa Sedimen Hasil Erosi

4.2.1. Pendugaan Besarnya Erosi

Dalam penelitian ini, metode *USLE (Universal Soil Loss Equation)* yang digunakan akan disimulasikan dengan pendekatan aplikasi ***ArcView GIS 3.3.*** **berbasis *Grid Analisis Spasial* (*Spatial Analyst 2.0a*)**.



Gambar 4.2. Aplikasi *ArcView GIS 3.3.* berbasis *Grid Analisis Spasial* (*Spatial Analyst 2.0a*)

Analisis spasial adalah fasilitas yang disediakan oleh *ArcView* untuk mencari dan menganalisis hubungan spasial antar objek. Melalui analisis spasial kita dapat melakukan hal yang sederhana seperti menampilkan dan *quary* data sampai pada hal yang kompleks. Komponen utama dari analisis spasial adalah *theme grid*. *Theme grid* adalah layer geografis yang menampilkan kenampakan objek dalam bentuk segi empat sama sisi (*cel*) pada *View*. Setiap sel atau piksel menyimpan nilai numerik yang menekspresikan informasi geografis yang diwakili. Bergantung pada informasi yang diwakili, nilai *theme grid* dapat berupa bilangan bulat (*integer*) atau tidak (*floating*). *Theme grid* yang menyimpan nilai *integer* dapat dihubungkan dengan tabel. Sel yang mempunyai nilai sama akan memiliki nilai *attribute* yang sama.

4.2.1.1 Erosivitas Hujan

Perhitungan besarnya indeks erosivitas hujan dilakukan pada stasiun pengamatan curah hujan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Tabel 4.8 Perhitungan Indeks Erosivitas Hujan (EI30) Stasiun Hujan Sapit

TAHUN	BULAN												TOTAL
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DEC	
2002	214.00	209.00	135.00	129.00	131.00	29.00	15.00	20.00	48.00	70.00	123.00	165.00	1288.00
2003	256.00	162.00	168.00	48.00	36.00	73.00	30.00	7.00	31.00	85.00	166.00	187.00	1249.00
2004	188.00	284.00	296.00	86.00	180.00	14.00	7.00	19.00	14.00	6.00	106.00	179.00	1379.00
2005	155.00	57.00	255.00	262.00	82.00	29.00	7.00	22.00	32.00	150.00	137.00	229.00	1417.00
2006	150.00	192.00	210.00	245.00	44.00	11.00	34.00	29.00	50.00	122.00	273.00	171.00	1531.00
2007	211.00	395.00	296.00	204.00	15.00	13.00	20.00	12.00	4.00	58.00	116.00	337.00	1681.00
2008	314.00	287.00	556.00	182.00	10.00	84.00	19.00	17.00	21.00	167.00	376.00	450.00	2483.00
2009	253.00	45.00	104.00	154.00	82.00	46.00	10.00	13.00	30.00	49.00	67.00	72.00	925.00
2010	253.00	45.00	104.00	154.00	76.00	18.00	16.00	28.00	23.00	49.00	67.00	209.00	1042.00
2011	156.00	315.00	187.00	155.00	7.00	78.00	17.00	9.00	25.00	119.00	85.00	145.00	1298.00
2012	162.00	132.00	177.00	123.00	55.00	69.00	28.00	14.00	11.00	66.00	283.00	271.00	1391.00
2013	302.00	243.00	343.00	106.00	168.00	52.00	44.00	17.00	21.00	57.00	455.00	494.00	2302.00
RERATA	*217.83*	*197.17*	*235.92*	*154.00*	*73.83*	*43.00*	*20.58*	*17.25*	*25.83*	*83.17*	*187.83*	*242.42*	*1498.83*
$R^{1.075}$	326.20	293.05	355.40	224.69	101.95	57.01	25.82	21.36	32.97	115.86	278.17	365.94	2,593.79
Energi Kinetik Curah Hujan $E=14.374xR^{1.075}$	4,688.80	4,212.34	5,108.50	3,229.70	1,465.38	819.51	371.20	306.99	473.88	1,665.42	3,998.37	5,259.96	37,283.14
I_{30}	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53
$EI_{30} = E \times I_{30} \times 10^{-2}$	2,322.31	2,086.33	2,530.18	1,599.64	725.78	405.90	183.85	152.05	234.71	824.86	1,980.35	2,605.20	18,465.93

Sumber : Hasil Analisis/Perhitungan

Tabel 4.9 Perhitungan Indeks Erosivitas Hujan (EI30) Stasiun Hujan Sambelia

TAHUN	BULAN												TOTAL
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DEC	
2002	21.00	51.00	52.00	16.00	56.00	154.00	143.00	208.00	220.00	24.00	69.00	183.00	1197.00
2003	24.00	44.00	17.00	137.00	21.00	324.00	91.00	78.00	69.00	19.00	23.00	23.00	870.00
2004	266.00	168.00	356.00	208.00	34.00	249.00	265.00	119.00	166.00	29.00	70.00	49.00	1979.00
2005	124.00	150.00	418.00	22.00	54.00	93.00	113.00	77.00	163.00	45.00	13.00	23.00	1295.00
2006	366.00	61.00	125.00	213.00	65.00	157.00	105.00	96.00	170.00	67.00	78.00	17.00	1520.00
2007	395.00	67.00	238.00	104.00	113.00	13.00	125.00	150.00	96.00	89.00	39.00	99.00	1528.00
2008	564.00	161.00	180.00	73.00	25.00	128.00	165.00	104.00	176.00	128.00	111.00	271.00	2086.00

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

TAHUN	BULAN												TOTAL
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DEC	
2009	83.00	76.00	41.00	54.00	87.00	73.00	37.00	89.00	96.00	70.00	89.00	72.00	867.00
2010	145.00	84.00	104.00	88.00	8.00	5.00	19.00	14.00	17.00	107.00	96.00	207.00	894.00
2011	313.00	176.00	130.00	161.00	55.00	69.00	119.00	155.00	54.00	97.00	2.00	126.00	1457.00
2012	428.00	196.00	249.00	48.00	4.00	253.00	244.00	158.00	372.00	15.00	69.00	190.00	2226.00
2013	510.00	47.00	44.00	9.00	17.00	99.00	167.00	321.00	162.00	55.00	11.00	15.00	1457.00
RERATA	***269.92***	***106.75***	***162.83***	***94.42***	***44.92***	***134.75***	***132.75***	***130.75***	***146.75***	***62.08***	***55.83***	***106.25***	***1448.00***
$R^{1.075}$	410.74	151.53	238.57	132.79	59.75	194.65	191.54	188.44	213.34	84.62	75.49	150.77	2,499.34
Energi Kinetik Curah Hujan $E=14.374xR^{1.075}$	5,904.04	2,178.08	3,429.27	1,908.78	858.85	2,797.83	2,753.21	2,708.65	3,066.54	1,216.26	1,085.15	2,167.11	35,925.58
I_{30}	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53
$EI_{30} = E \times I_{30} \times 10^{-2}$	2,924.21	1,078.78	1,698.48	945.40	425.38	1,385.73	1,363.64	1,341.56	1,518.83	602.40	537.46	1,073.35	17,793.55

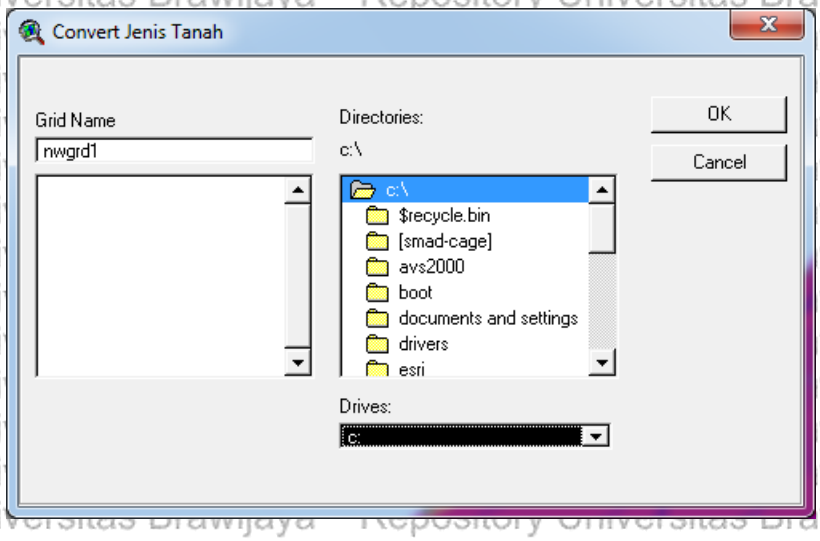
Sumber : Hasil Analisis/Perhitungan

Dari perhitungan diatas di ketahui *attribute* dari curah hujan bulanan (R) di Stasiun Sapit sebesar 1498.83 mm dan di Stasiun Sambelia sebesar 1448 mm, sedangkan attribute indeks erosivitas hujan (EI_{30}) Stasiun Sapit sebesar 18465.93 ton cm/Ha.jam dan di Stasiun Sambelia sebesar 17793.55 ton cm/Ha.jam. Dari parameter attribute pada tiap stasiun hujan diatas kemudian di inputkan kedalam shapefile poligon thiessen DAS Nangka, lalu berikutnya dikonversi kedalam bentuk theme grid (Konversi *Theme Shapefile* ke *Theme Grid*).

Prosedur untuk permodelan Konversi *Theme Shapefile* ke *Theme Grid* tersebut sebagai berikut :

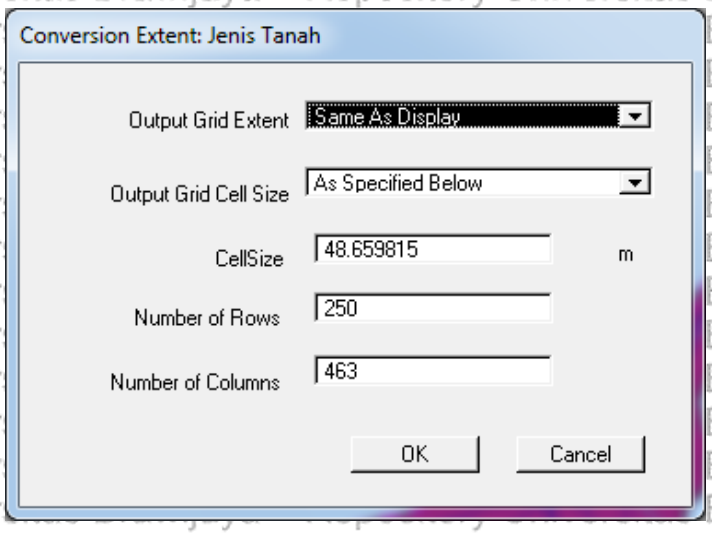
prosedur sebagai berikut :

1. Buka Theme shapefile yang akan dikonversi dan aktifkan theme tersebut.
2. Pilih submenu ***Convert to Grid*** dari menu ***Theme***. Kotak dialog berikut akan muncul.



Gambar 4.3. Kotak dialog Convert Shapefile

3. Tentukan nama dan direktori dimana hasil dari konversi (theme grid) akan disimpan. Klik OK, kotak dialog berikut akan tampil

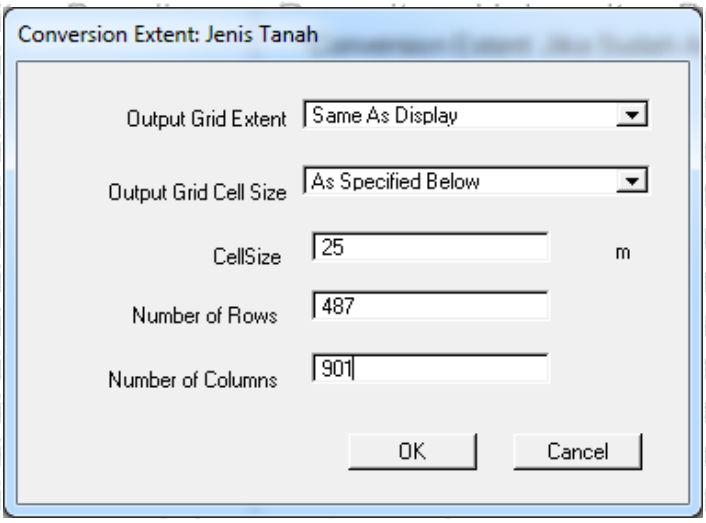


Gambar 4.4. Kotak dialog Conversion Extent

- *Output Grid Extent* artinya seberapa besar *theme grid* akan dibuat. Ada beberapa pilihan, diantaranya *Same as Display* sesuai dengan tampilan di layar, dan *Same as <Theme>* sebesar theme lain yang ada pada View tersebut. Nilai *defaultnya* adalah *Same as Display*. Apabila akan mengkonversi satu theme, sebaiknya tampilkan seluruh theme dengan toolbar *Zoom to Active Theme* ( ), kemudian pilih *Same as Display*.

- *Output Grid Cell Size* menunjukkan ukuran sel (resolusi spasial). Semakin kecil nilai yang akan digunakan semakin detail informasi yang dapat disimpan, dan semakin besar ukuran file hasil konversinya, dan sebaliknya. *Number of Rows* dan *Number of Columns* akan menyesuaikan dengan ukuran sel yang digunakan. Isikan nilai pada *Output Grid Cell Size* kemudian tekan *<Enter>*, nilai jumlah baris dan kolom akan diisi secara otomatis. Sebaliknya, apabila menentukan jumlah baris atau jumlah kolom, ukuran sel akan menyesuaikan. Satu ukuran sel adalah sesuai dengan nilai *Map Units* yang diisi pada *View Properties*.

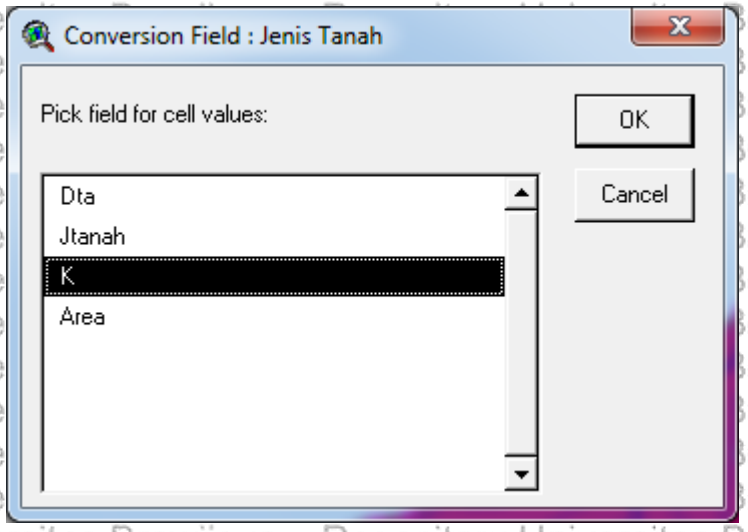
Apabila saat melakukan konversi shapefile ke grid sudah ada theme grid pada view tersebut, kotak dialog *Conversion Extent* akan menambah satu pilihan lagi, yaitu *Output Grid Cell Size*. Pada daftar tersebut ada dua pilihan, yaitu kita dapat menentukan ukuran sel sesuai dengan keinginan (*As Spesified Velow*) dengan mengisi *Cell Size* sama dengan *Output Grid Cell Size* pada kotak dialog sebelumnya, atau menggunakan ukuran sel pada salah satu theme grid pada view tersebut. Perhatikan pada kotak dialog "Conversion Extent Jika Sudah Ada Theme grid pada View".



Gambar 4.5. Kotak Dialog "Conversion Extent Jika Sudah Ada Theme grid pada View"

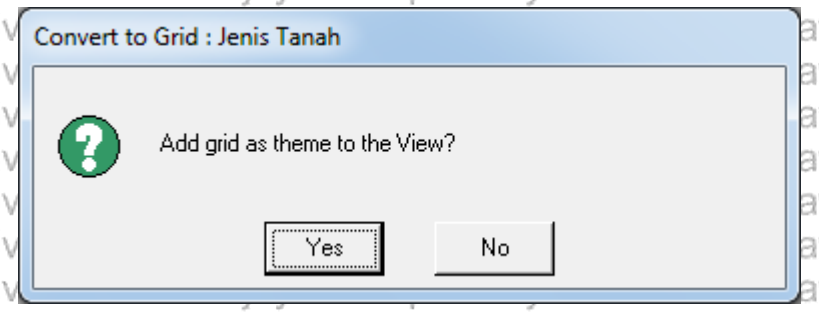
4. Klik OK, jika isian kotak dialog telah dilengkapi. Selanjutnya akan muncul pilihan field yang akan digunakan.

Pilih Field mana yang akan digunakan sebagai nilai sel pada grid theme. ArcView hanya menampilkan field bertipe numerik saja.



Gambar 4.6. Kotak Dialog Conversion Field

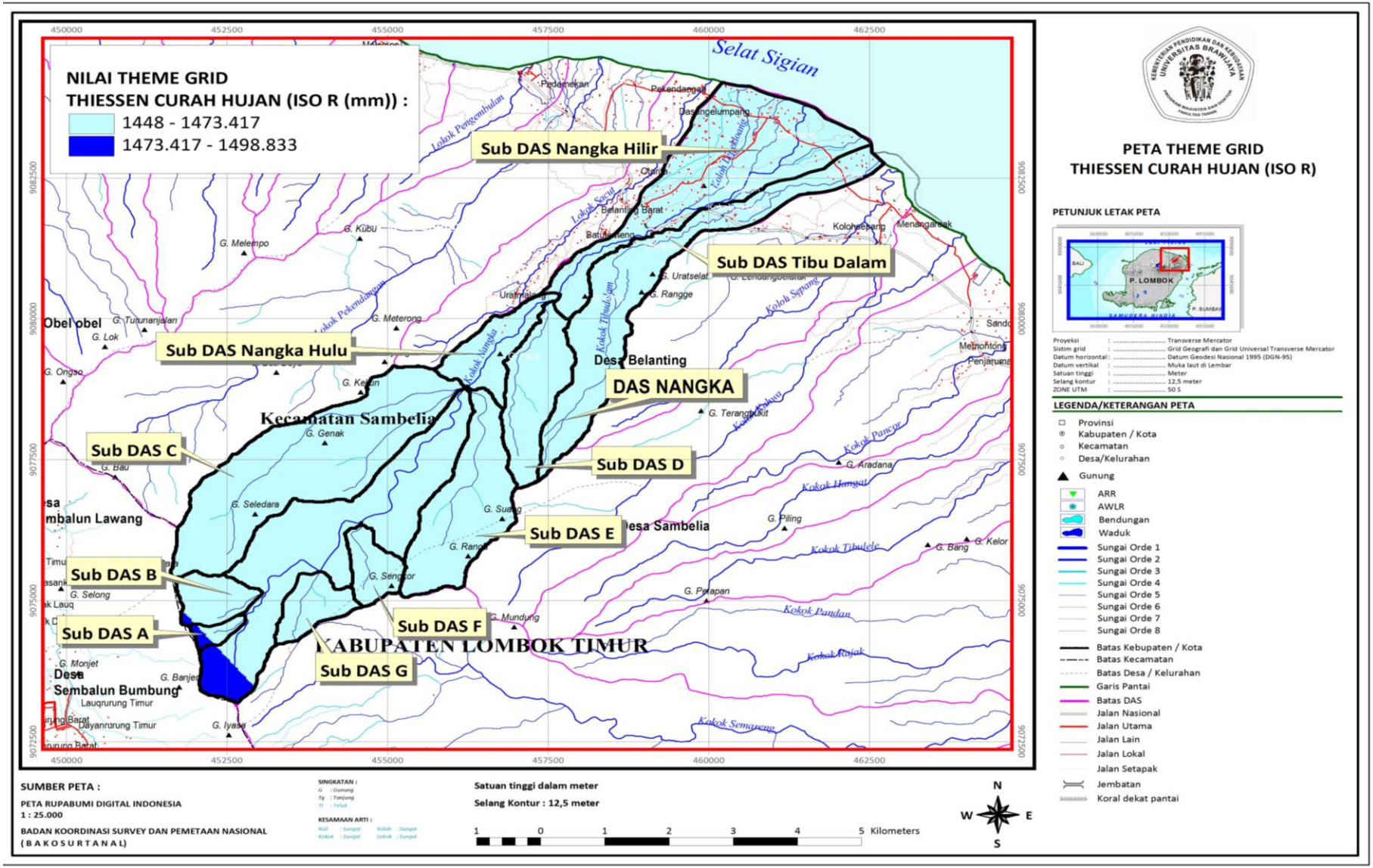
5. Klik OK, apabila field tersebut adalah integer, ArcView akan menanyakan apakah nilai atribut dari tabel shapefile yang dikonversi juga akan disertakan (link) dalam tabel theme grid.



Gambar 4.7. Konfirmasi Attribute Join

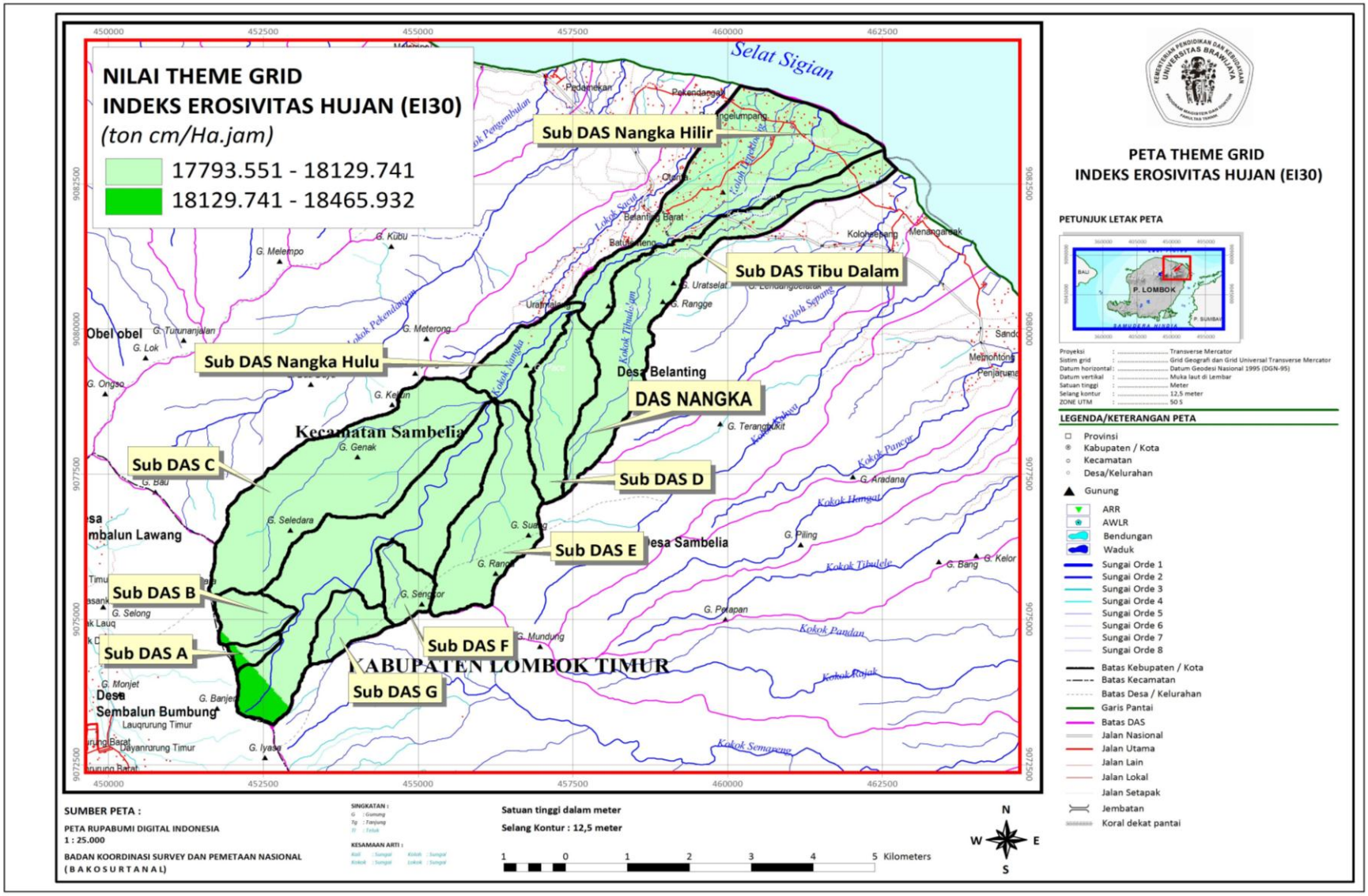
Apabila memilih “Yes”, data atribut shapefile akan disertakan. Jika “No” tabel theme grid hanya akan berisi nilai sel (*field* yang dipilih pada kotak dialog *Conversion Field*) dan jumlah sel yang mempunyai nilai tersebut.

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 4.8. Theme Grid Curah Hujan Thiesen (R)

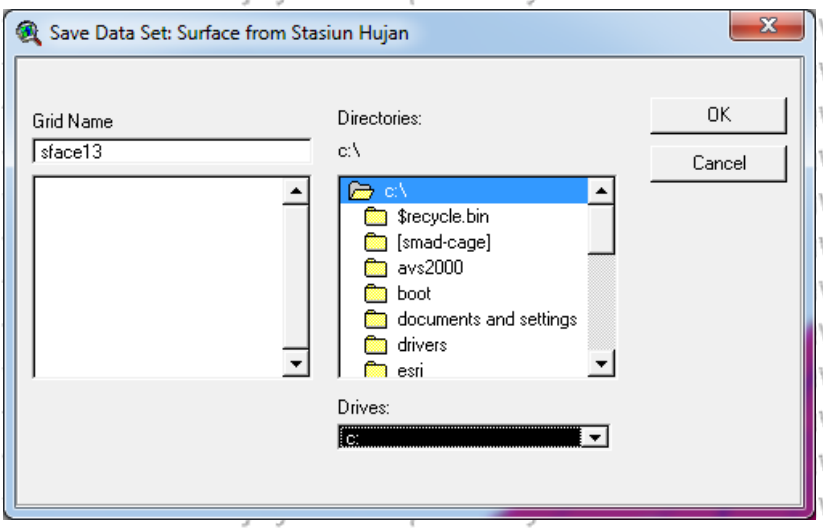
Repository Universitas Brawijaya



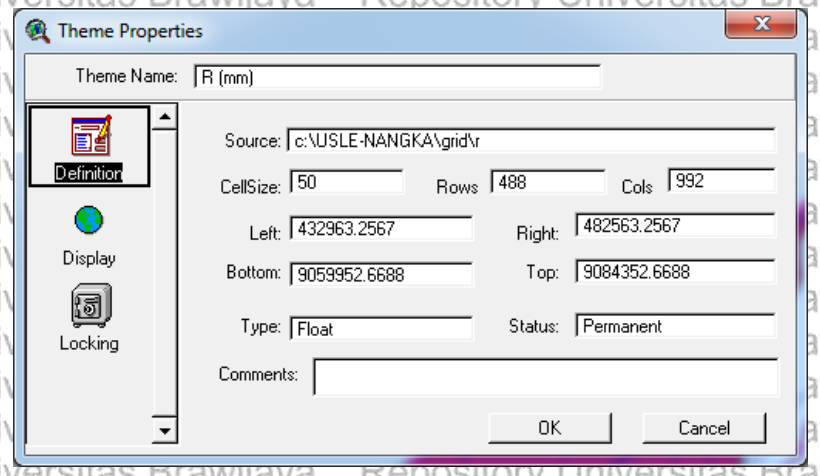
Gambar 4.9. Theme Grid Indeks Erosivitas Hujan (EI_{30}) sebagai Hasil

Theme grid yang dihasilkan secara otomatis akan diberi nama *Surface from* <nama theme titik>. Theme hasil interpolasi tersebut hanya bersifat sementara, dan semua hasil analisis spasial yang akan dibahas selanjutnya juga disimpan dalam file *temporary*. Artinya, jika menghapus theme hasil analisis tersebut dari view atau tidak menyimpan projek di mana theme tersebut berada, file *temporary* tersebut akan dihapus. Untuk itu, apabila akan menggunakan hasil interpolasi tersebut untuk keperluan analisis selanjutnya harus menyimpan theme grid tersebut dengan menu *theme* → *Save Data Set*. Apabila muncul kotak dialog penyimpanan data (*Save Data Set:)*, isikan dengan nama dan tentukan pula direktori tempat data tersebut akan tersimpan.

Untuk mengetahui apakah theme grid masih bersifat *temporary* atau telah disimpan secara permanen di *disk*, maka dapat dilihat pada properti theme tersebut. Caranya aktifkan theme grid tersebut, dari menu *Theme* → *Properties*.



Gambar 4.10. Kotak dialog Save Data Set:



Gambar 4.11. Kotak dialog Theme Properties

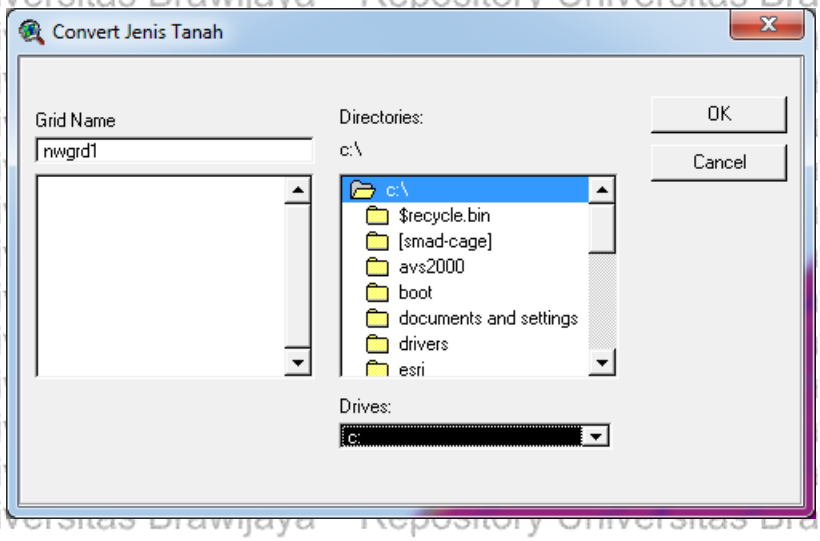
4.2.1.2 Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah dapat dinilai berdasarkan sifat-sifat fisik tanah yaitu tekstur tanah, kadar bahan organik permeabilitas dan struktur tanah. Faktor ini biasanya disebut dengan indeks erodibilitas dengan notasi "K".

Untuk nilai Erodibilitas Tanah (K) digunakan Data Peta Tematik Jenis Tanah dari Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Dodokan Moyo Sari, Dinas Kehutanan Propinsi NTB, dan Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi NTB, yang kemudian di dikonversi kedalam bentuk theme grid (Konversi *Theme Shapefile* ke *Theme Grid*).

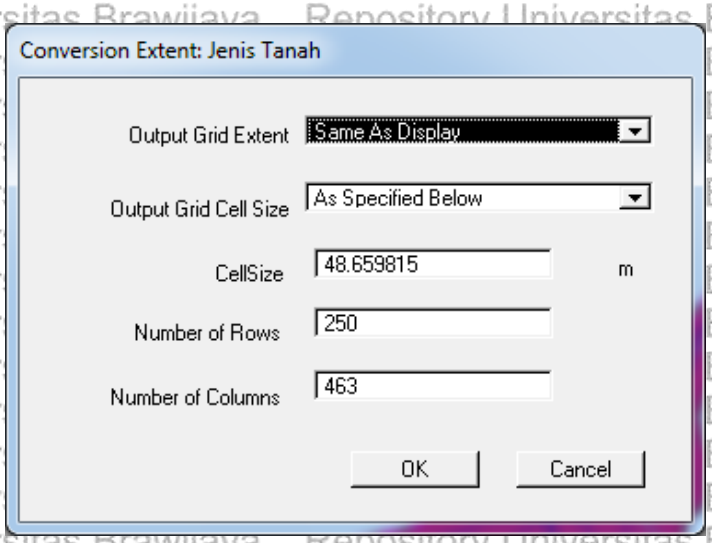
Pada beberapa analisis spasial, hanya dapat melakukan analisis apabila theme dalam bentuk / format grid. Oleh sebab itu, apabila theme yang kita miliki dalam bentuk *Shapefile*, kita harus mengkonversinya ke dalam bentuk grid melalui prosedur sebagai berikut :

1. Buka Theme shapefile yang akan dikonversi dan aktifkan theme tersebut.
2. Pilih submenu ***Convert to Grid*** dari menu ***Theme***. Kotak dialog berikut akan muncul.



Gambar 4.12. Kotak dialog Convert Shapefile

3. Tentukan nama dan direktori dimana hasil dari konversi (theme grid) akan disimpan. Klik OK, kotak dialog berikut akan tampil

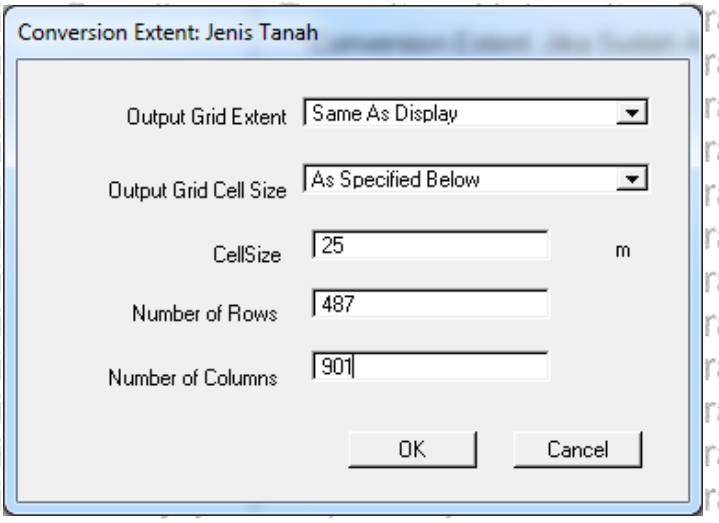


Gambar 4.13. Kotak dialog Conversion Extent

a. *Output Grid Extent* artinya seberapa besar *theme grid* akan dibuat. Ada beberapa pilihan, diantaranya *Same as Display* sesuai dengan tampilan di layar, dan *Same as <Theme>* sebesar theme lain yang ada pada View tersebut. Nilai *defaultnya* adalah *Same as Display*. Apabila akan mengkonversi satu theme, sebaiknya tampilkan seluruh theme dengan toollbar *Zoom to Active Theme* ( ), kemudian pilih *Same as Display*.

b. *Output Grid Cell Size* menunjukkan ukuran sel (resolusi spasial). Semakin kecil nilai yang akan digunakan semakin detail informasi yang dapat disimpan, dan semakin besar ukuran file hasil konversinya, dan sebaliknya. *Number of Rows* dan *Number of Columns* akan menyesuaikan dengan ukuran sel yang digunakan. Isikan nilai pada *Output Grid Cell Size* kemudian tekan *<Enter>*, nilai jumlah baris dan kolom akan diisi secara otomatis. Sebaliknya, apabila menentukan jumlah baris atau jumlah kolom, ukuran sel akan menyesuaikan. Satu ukuran sel adalah sesuai dengan nilai *Map Units* yang diisi pada *View Properties*.

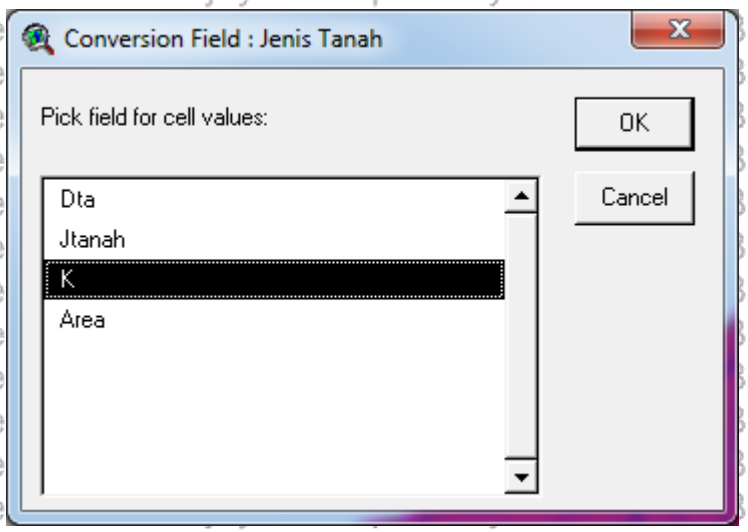
Apabila saat melakukan konversi shapefile ke grid sudah ada theme grid pada view tersebut, kotak dialog *Conversion Extent* akan menambah satu pilihan lagi, yaitu *Output Grid Cell Size*. Pada daftar tersebut ada dua pilihan, yaitu kita dapat menentukan ukuran sel sesuai dengan keinginan (*As Spesified Velow*) dengan mengisi *Cell Size* sama dengan *Output Grid Cell Size* pada kotak dialog sebelumnya, atau menggunakan ukuran sel pada salah satu theme grid pada view tersebut. Perhatikan pada kotak dialog "Conversion Extent Jika Sudah Ada Theme grid pada View".



Gambar 4.14. Kotak Dialog "Conversion Extent Jika Sudah AdaTheme grid pada View"

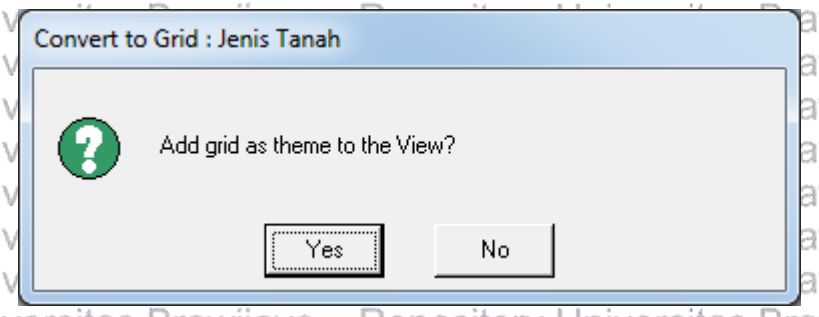
4. Klik OK, jika isian kotak dialog telah dilengkapi. Selanjutnya akan muncul pilihan field yang akan digunakan.

Pilih Field mana yang akan digunakan sebagai nilai sel pada grid theme. ArcView hanya menampilkan field bertipe numerik saja.



Gambar 4.15. Kotak Dialog Conversion Field

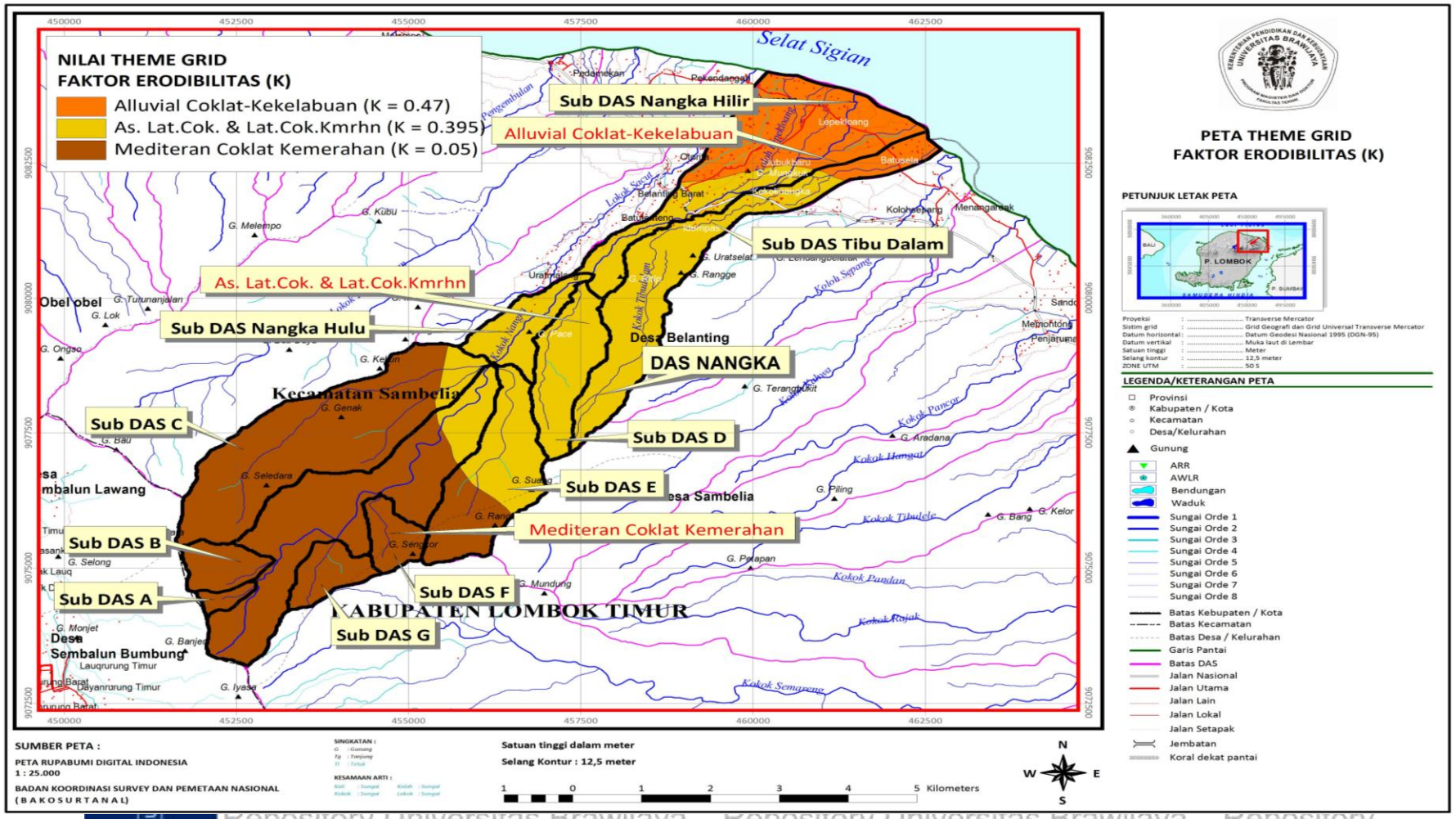
5. Klik OK, apabila field tersebut adalah integer, ArcView akan menanyakan apakah nilai atribut dari tabel shapefile yang dikonversi juga akan disertakan (link) dalam tabel theme grid.



Gambar 4.16. Konfirmasi Attribute Join

Apabila memilih “Yes”, data atribut shapefile akan disertakan. Jika “No” tabel theme grid hanya akan berisi nilai sel (field yang dipilih pada kotak dialog Conversion Field) dan jumlah sel yang mempunyai nilai tersebut.

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 4.17. Theme Grid Nilai Erodibilitas Tanah (K)

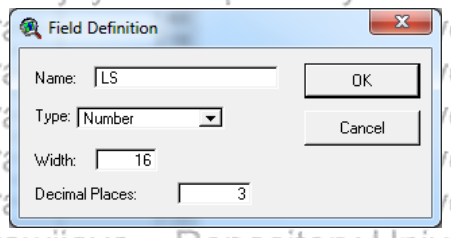
Jenis tanah yang ada dilokasi penelitian terdiri dari 3 (tiga) jenis tanah yaitu regosol coklat dengan nilai K =0,47, mediteran coklat kemerahan K = 0,05 dan latosol coklat dan latosol coklat kemerahan dengan nilai K = 0,395.

4.2.1.3 Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor lereng (LS) merupakan rasio antara tanah yang hilang dari suatu petak dengan panjang dan curam lereng tertentu dengan petak baku (tanah gundul, curam lereng 9% panjang 22 meter, dan tanpa usaha pencegahan erosi) yang mempunyai nilai LS = 1.

Faktor LS pada penelitian ini dibuat menurut kemiringan lerengnya. Data Kemiringan Lereng didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I berupa data shapefile, kemudian setelah itu mengklasifikasikan kemiringan lerengnya berdasarkan tabel Penilaian Kelas Lereng dan Faktor LS diatas dengan menambahkan Field baru pada data *attribute*-nya. Untuk langkah pembuatannya adalah sebagai berikut :

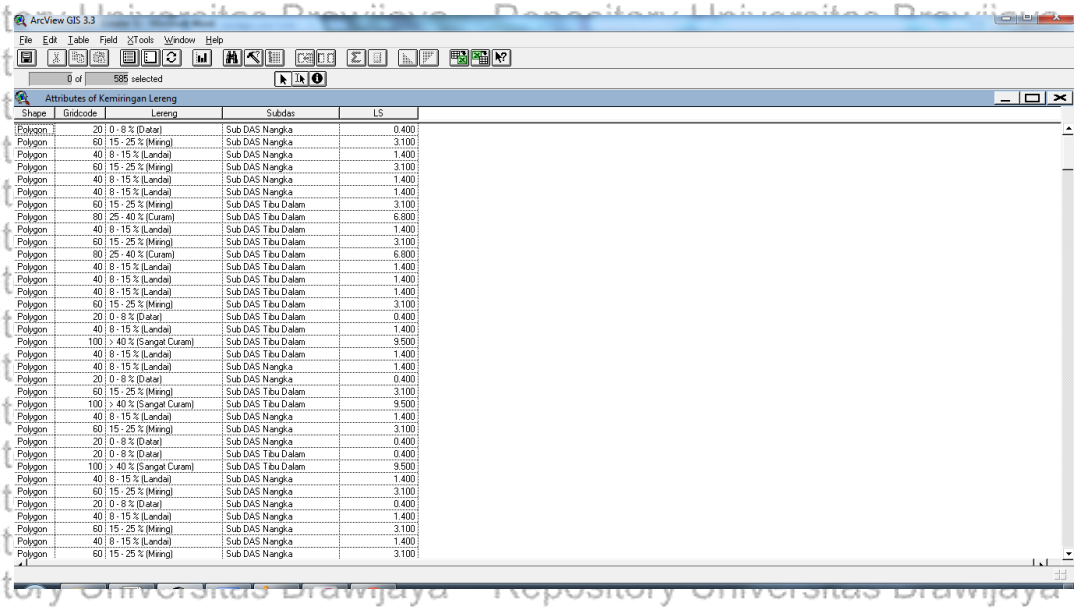
1. Aktifkan theme Kemiringan Lereng.shp lalu pilih ***Start Editing*** pada menu ***Theme***
2. Buka *attribute table* dengan memilih Icon "***Open Theme Table***" ( )
3. Setelah *attribute table* terbuka, pilih ***Add Field*** pada menu ***Edit***.



Gambar 4.18. Dialog Field Definition

4. Attribute tambahan diberi nama "*LS*" pada kolom isian "*Nama:*"
5. Tipe data inputing dipilih "*Number*", jumlah angka 16, dan jumlah angka dibelakang koma sejumlah 3 digit.

6. Inputkan nilai LS sesuai dengan tingkat Kemiringan Lereng-nya.

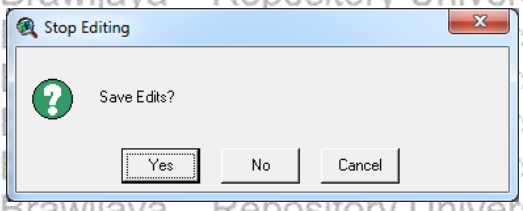


Shape	Gridcode	Lereng	Subdas	LS
Polygon	20	0 - 8 % (Datar)	Sub DAS Nangka	0.400
Polygon	60	15 - 25 % (Miring)	Sub DAS Nangka	3.100
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Nangka	1.400
Polygon	60	15 - 25 % (Miring)	Sub DAS Nangka	3.100
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Nangka	1.400
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Nangka	1.400
Polygon	60	15 - 25 % (Miring)	Sub DAS Tibu Dalam	3.100
Polygon	80	25 - 40 % (Curam)	Sub DAS Tibu Dalam	6.800
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Tibu Dalam	1.400
Polygon	60	15 - 25 % (Miring)	Sub DAS Tibu Dalam	3.100
Polygon	80	25 - 40 % (Curam)	Sub DAS Tibu Dalam	6.800
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Tibu Dalam	1.400
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Tibu Dalam	1.400
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Tibu Dalam	1.400
Polygon	60	15 - 25 % (Miring)	Sub DAS Tibu Dalam	3.100
Polygon	20	0 - 8 % (Datar)	Sub DAS Tibu Dalam	0.400
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Tibu Dalam	1.400
Polygon	100	> 40 % (Sangat Curam)	Sub DAS Tibu Dalam	9.500
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Tibu Dalam	1.400
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Nangka	1.400
Polygon	20	0 - 8 % (Datar)	Sub DAS Nangka	0.400
Polygon	60	15 - 25 % (Miring)	Sub DAS Tibu Dalam	3.100
Polygon	100	> 40 % (Sangat Curam)	Sub DAS Tibu Dalam	9.500
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Nangka	1.400
Polygon	60	15 - 25 % (Miring)	Sub DAS Nangka	3.100
Polygon	20	0 - 8 % (Datar)	Sub DAS Nangka	0.400
Polygon	20	0 - 8 % (Datar)	Sub DAS Tibu Dalam	0.400
Polygon	100	> 40 % (Sangat Curam)	Sub DAS Tibu Dalam	9.500
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Nangka	1.400
Polygon	60	15 - 25 % (Miring)	Sub DAS Nangka	3.100
Polygon	20	0 - 8 % (Datar)	Sub DAS Nangka	0.400
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Nangka	1.400
Polygon	60	15 - 25 % (Miring)	Sub DAS Nangka	3.100
Polygon	40	8 - 15 % (Landai)	Sub DAS Nangka	1.400
Polygon	60	15 - 25 % (Miring)	Sub DAS Nangka	3.100

Gambar 4.19. Hasil Inputing Data Attribute Nilai LS Pada Data Shapefile Kemiringan Lereng

7. Setelah terisi semua, lalu pilih "*Stop Editing*" pada menu "*Table*". Tabel dialog "*Stop Editing*" mucul seperti gambar 4.19 dibawah ini

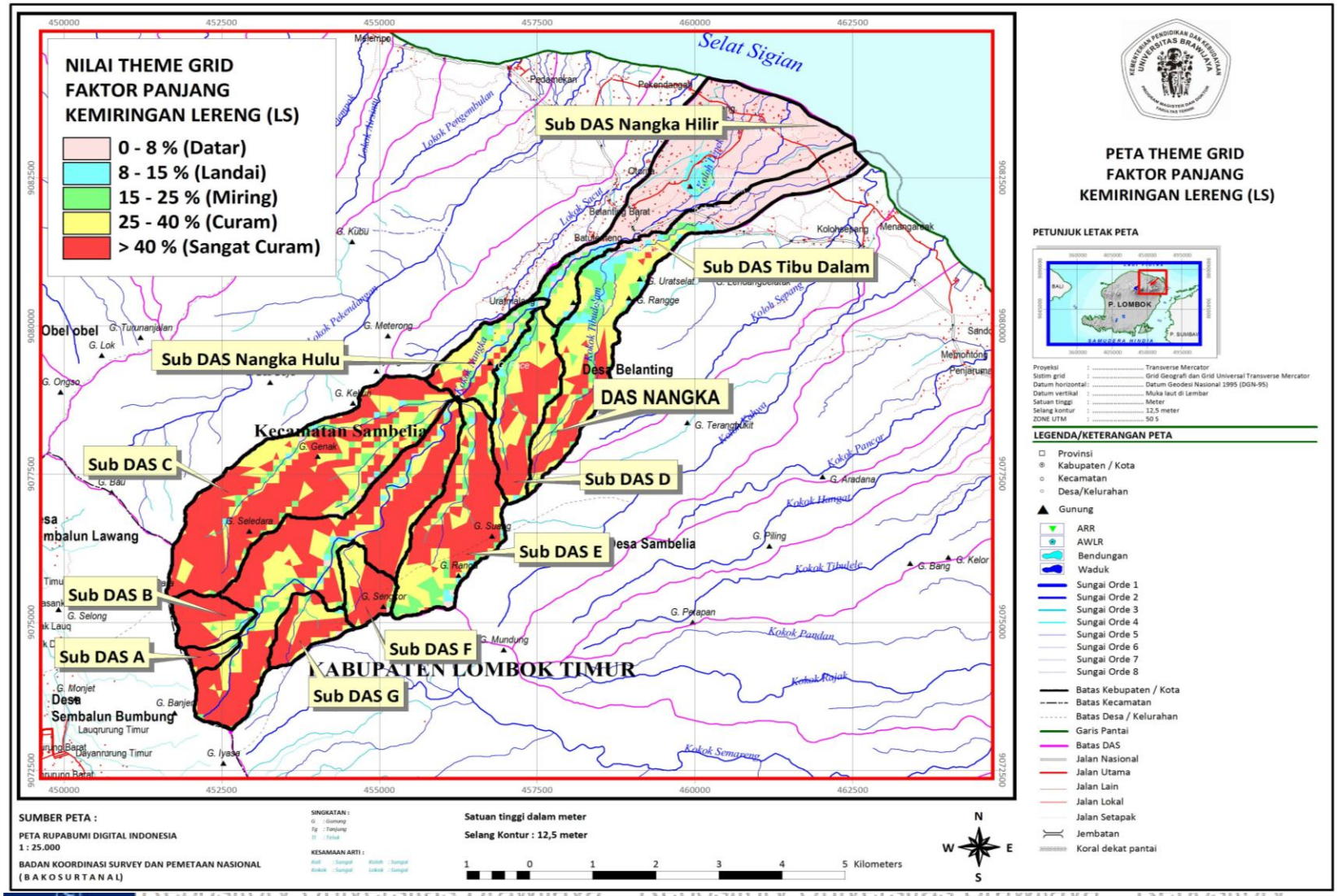
8. Agar hasil input nilai LS tersimpan, maka klik "yes" pada Dialog "Stop Editing"



Gambar 4.20. Dialog "Stop Editing"

9. Data Shapefile Kemiringan Lereng yang telah ditambahkan nilai LS harus di konversi kedalam format grid sesuai dengan cara mengkonversi data Erodibilitas tanah (K) diatas (Sub BAB 4.2.1.3).

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 4.21. Theme Grid Kemiringan Lereng

4.2.1.4 Faktor Konservasi Tanah Dan Pengelolaan Tanaman

A. Penutup Tanah dan Pengelolaan Tanaman (C)

Nilai C didapat dari tabel faktor tanaman (C) berdasarkan upaya konservasi yang dilakukan didaerah studi. Seperti pada tabel di bawah ini.

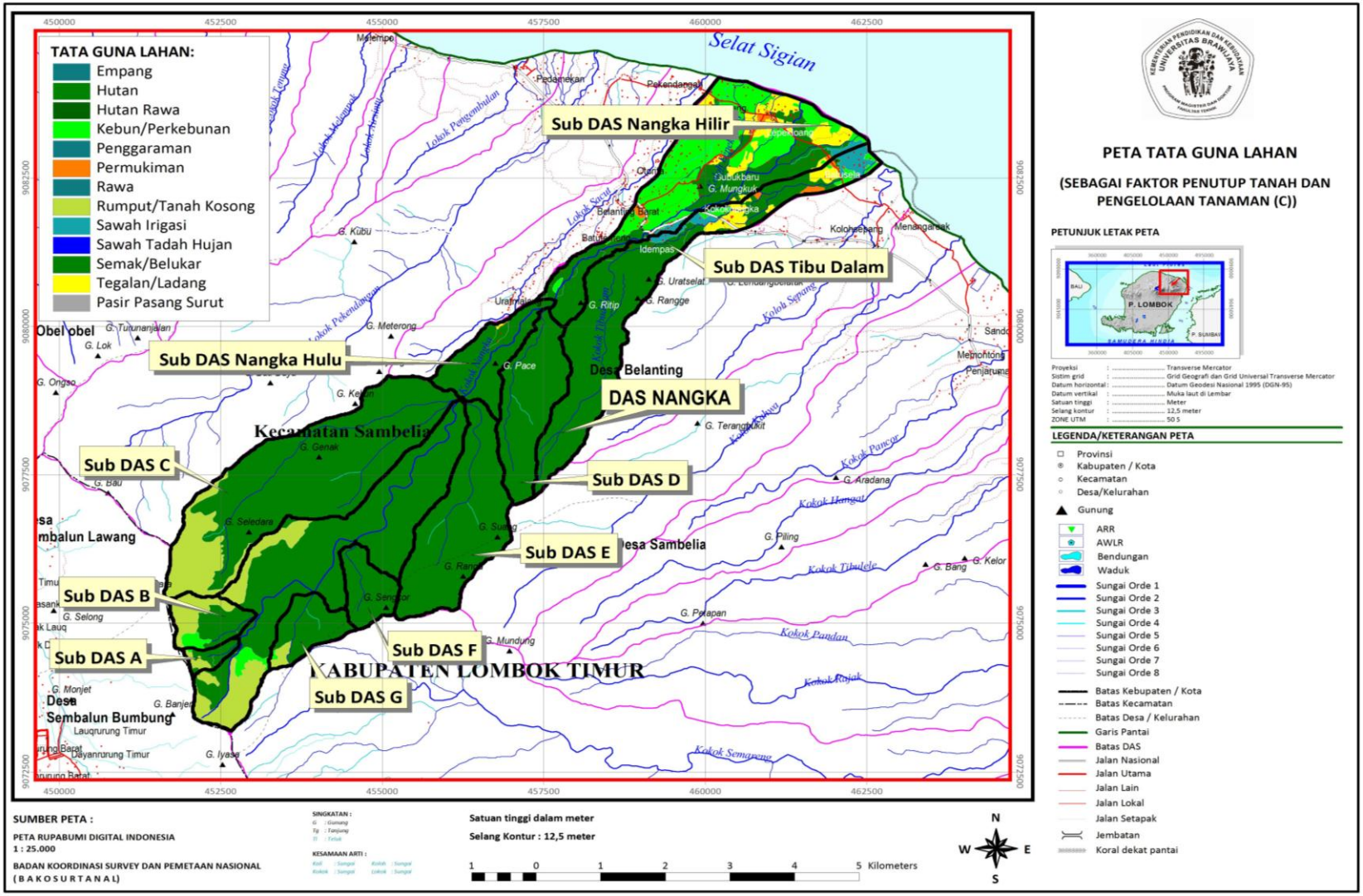
Tabel 4.10 Faktor Tanaman dan Nilai C di DAS Nangka

TATA GUNA LAHAN	A (Km^2)	%	C_{Tabel}
Hutan	20.54	62.84%	**0.001**
Kebun/Perkebunan	3.02	9.24%	**0.200**
Pasir Pasang Surut	0.00	0.00%	**0.001**
Permukiman	0.16	0.50%	**0.050**
Rumput/Tanah Kosong	2.79	8.54%	**0.300**
Sawah Irigasi	2.29	7.01%	**0.010**
Semak/Belukar	2.84	8.69%	**0.001**
Tegalan/Ladang	1.04	3.19%	**0.700**
TOTAL	**32.68**	**100.00%**	

Sumber : Hasil Analisis

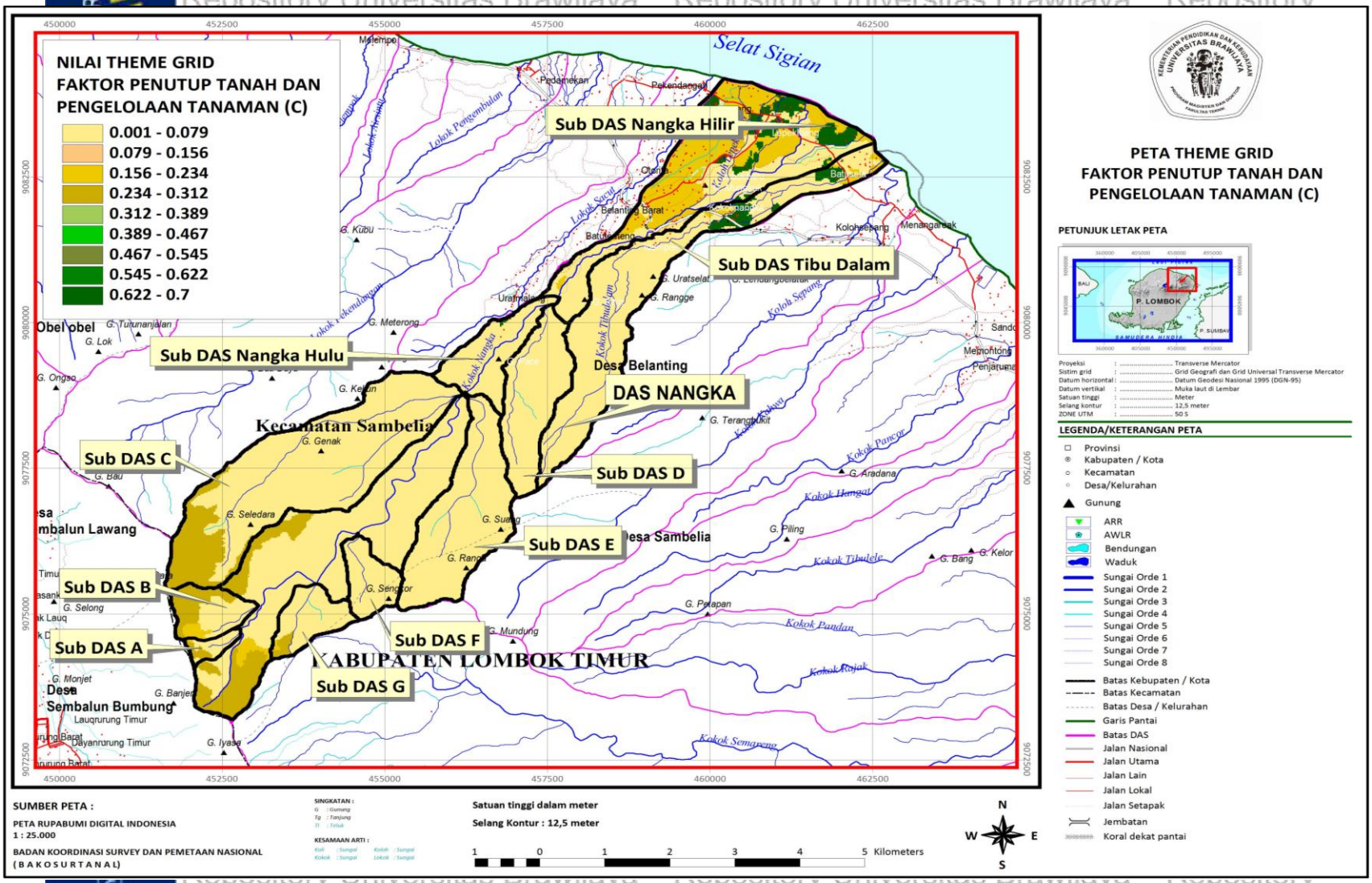
Dari data shapefile penutupan-lahan.shp terkini tahun 2013, nilai C_{tabel} kemudian di inputkan sebagai *field attribute* baru. Dan dengan cara yang sama seperti ***Sub BAB 4.2.1.2. Erodibilitas Tanah (K)***, shapefile penutupan-lahan.shp harus dikonversi menjadi *Theme Grid*. Dimana hasil dari proses ini sebagai berikut.

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 4.22. Peta Tata Guna Lahan

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 4.23. Theme Grid Penutup Tanah dan Pengelolaan Tanaman (C)

B. Konservasi Tanah (P)

Nilai P didapat dari tabel konservasi tanah (P) berdasarkan upaya konservasi yang dillakukan didaerah studi. Seperti pada tabel di bawah ini.

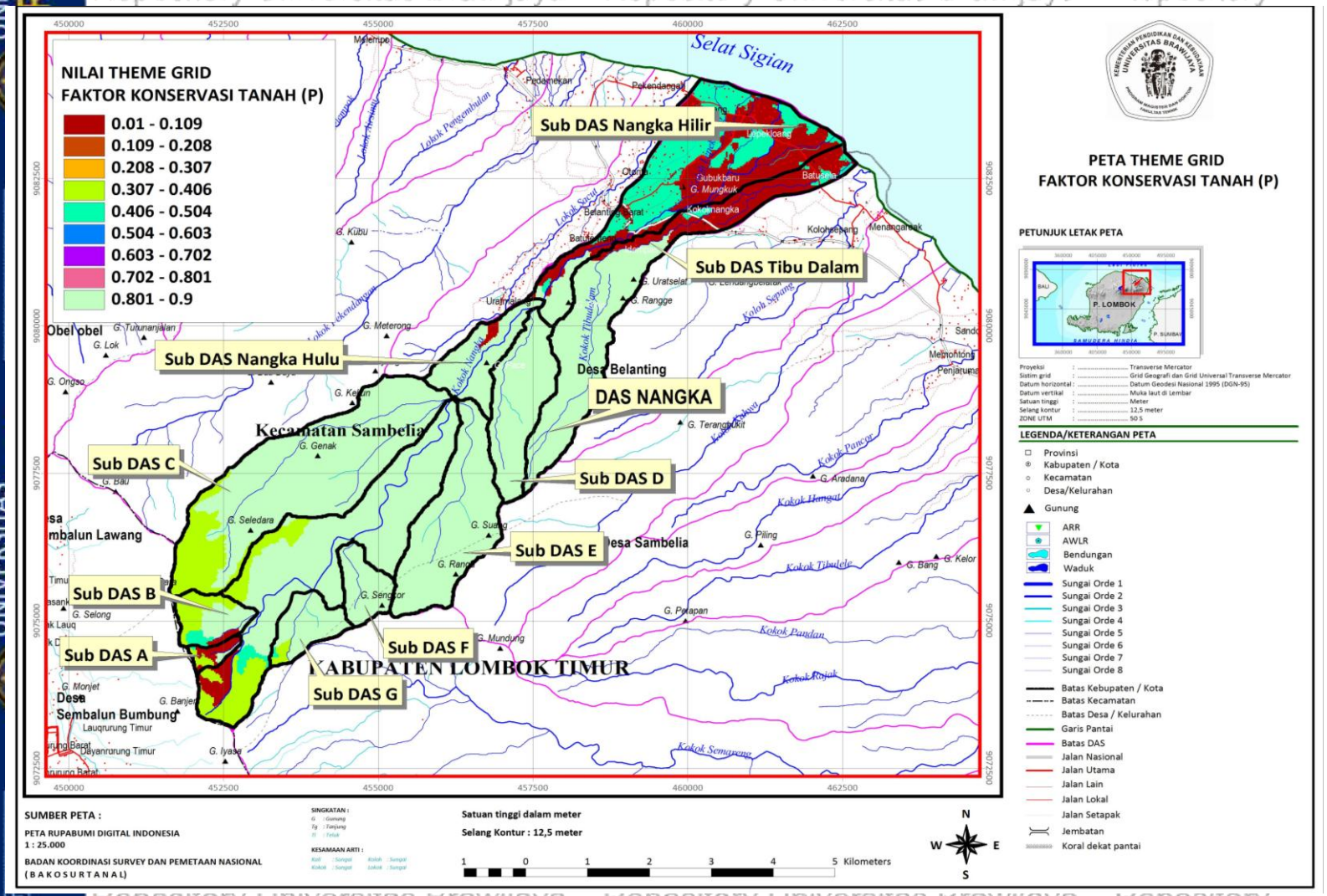
Tabel 4.11 Konservasi Tanah di DAS Nangka

TATA GUNA LAHAN	A (Km^2)	%	P_{Tabel}
Hutan	20.54	62.84%	**0.900**
Kebun/Perkebunan	3.02	9.24%	**0.500**
Pasir Pasang Surut	0.00	0.00%	**0.001**
Permukiman	0.16	0.50%	**0.010**
Rumput/Tanah Kosong	2.79	8.54%	**0.400**
Sawah Irigasi	2.29	7.01%	**0.013**
Semak/Belukar	2.84	8.69%	**0.040**
Tegalan/Ladang	1.04	3.19%	**0.056**
TOTAL	**32.68**	**100.00%**	

Sumber : *Hasil Analisis*

Dari data shapefile penutupan-lahan.shp terkini tahun 2013, nilai P_{tabel} kemudian di inputkan sebagai *field attribute* baru. Dan dengan cara yang sama seperti ***Sub BAB 4.2.1.2. Erodibilitas Tanah (K)***, shapefile penutupan-lahan.shp harus dikonversi menjadi *Theme Grid*. Dimana hasil dari proses ini sebagai berikut.

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 4.24. Theme Grid Konservasi Tanah (P)

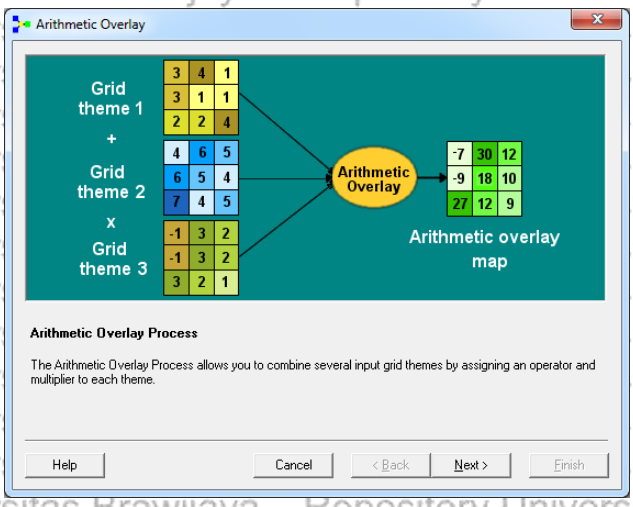
4.2.1.5 Pendugaan Laju Erosi Potensial (E-Pot)

Proses Pendugaan Laju Erosi Potensial (E-Pot) dalam penelitian ini dilakukan dengan sistem overlay ***ModelBuilder*** dari unsur atau theme grid:

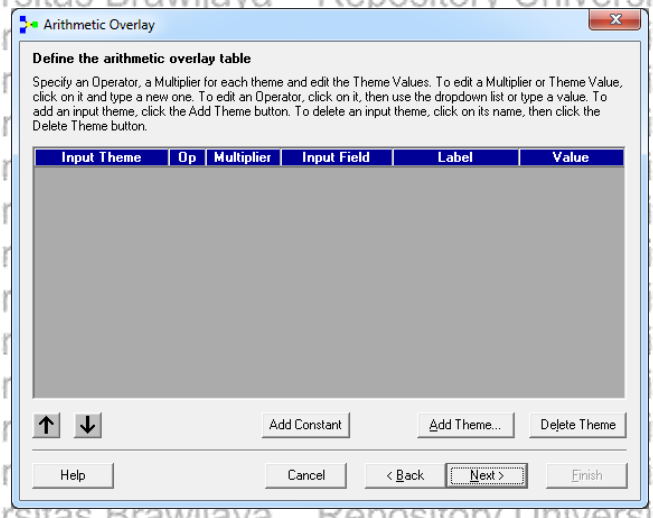
- indeks erosivitas hujan,
- erodibilitas tanah,
- faktor panjang dan kemiringan lereng, dan
- luas DTA (ha).

Urutan kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Aktifkan Ekstensi ModelBuilder
2. Dari menu *Add Process* pilih *Overlay - Aritmetic Overlay*. *Wizard overlay aritmatik* akan muncul sebagai berikut. (lihat gambar 4.22)
3. Klik Next pada window pembuka ini untuk melanjutkan ke langkah berikutnya. (lihat gambar 4.23)

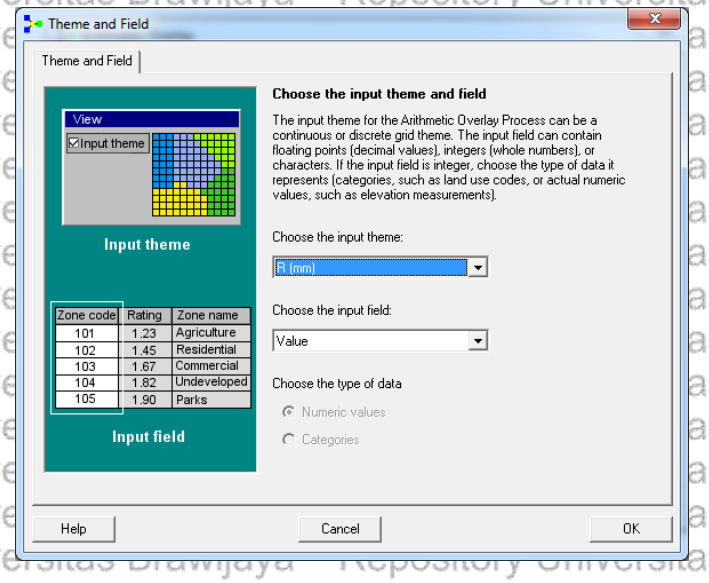


Gambar 4.25. Langkah pertama proses overlay aritmatik



Gambar 4.26. Langkah kedua proses overlay aritmatik.

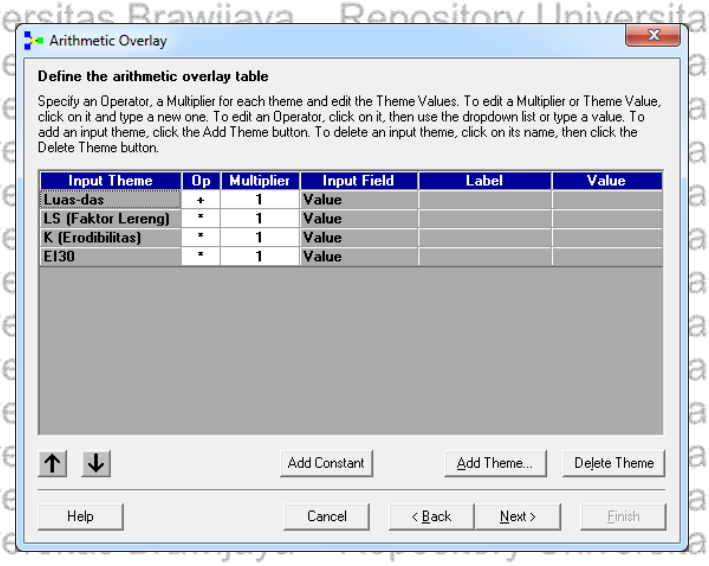
4. Pada kotak dialog ini kita disuruh untuk menambahkan theme grid mana saja yang akan di-overlay. Klik *Add Theme* untuk menambahkan theme yang akan di-overlay, Delete Theme untuk menghapus theme yang lebih atau salah masuk, *Add Constant* untuk menambahkan konstanta misalnya 3 * theme1. Anda juga dapat menggunakan (↑) dan (↓) untuk mengubah susunan theme. Pada contoh aplikasi ini kita akan meng-overlay tiga theme grid, yaitu *Theme Grid R + Theme Grid K + Theme Grid LS + Theme Grid A*. Pertama klik *Add Theme*, kotak dialog berikut akan muncul.



Gambar 4.27. Penambahan theme yang akan dioverlay

Pilih? Theme Grid luas DTA (ha)? pada daftar pilihan *Choose the input theme* dan pilih? Value? pada kotak pilihan *Choose the input field*. Klik *OK*.

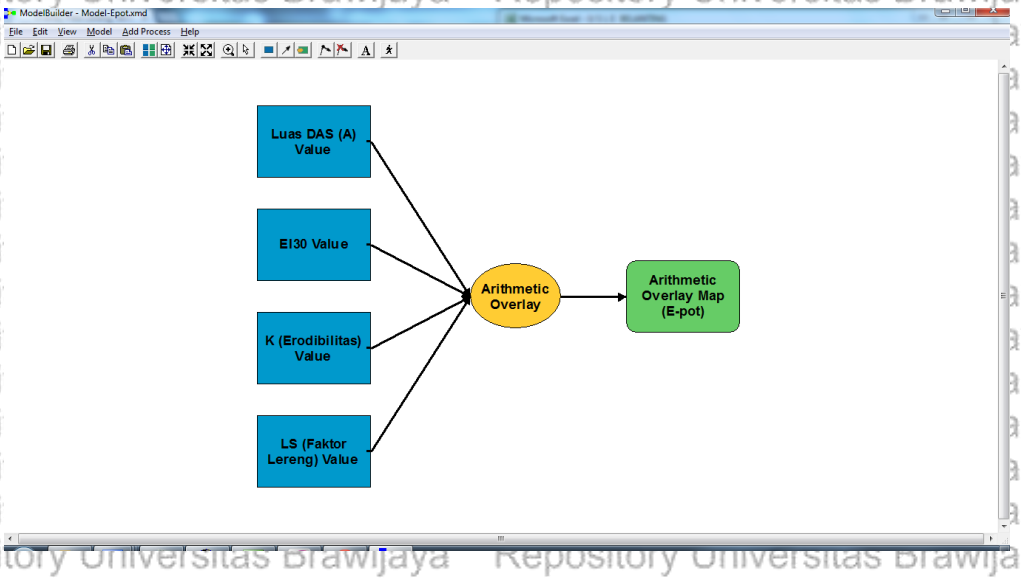
Ulangi prosedur di atas untuk menambahkan Theme Grid faktor EPot. Bila keempat theme grid tersebut telah ditambahkan, maka tampilan kotak dialog daftar theme yang di-overlay akan tampak seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.28. Tampilan theme yang akan di-overlay

4. Klik *Next* untuk melanjutkan ke langkah berikutnya.

5. Tampilan diagram model secara keseluruhan



Gambar 4.29. Tampilan diagram model pendugaan laju erosi potensial (E-Pot) secara keseluruhan

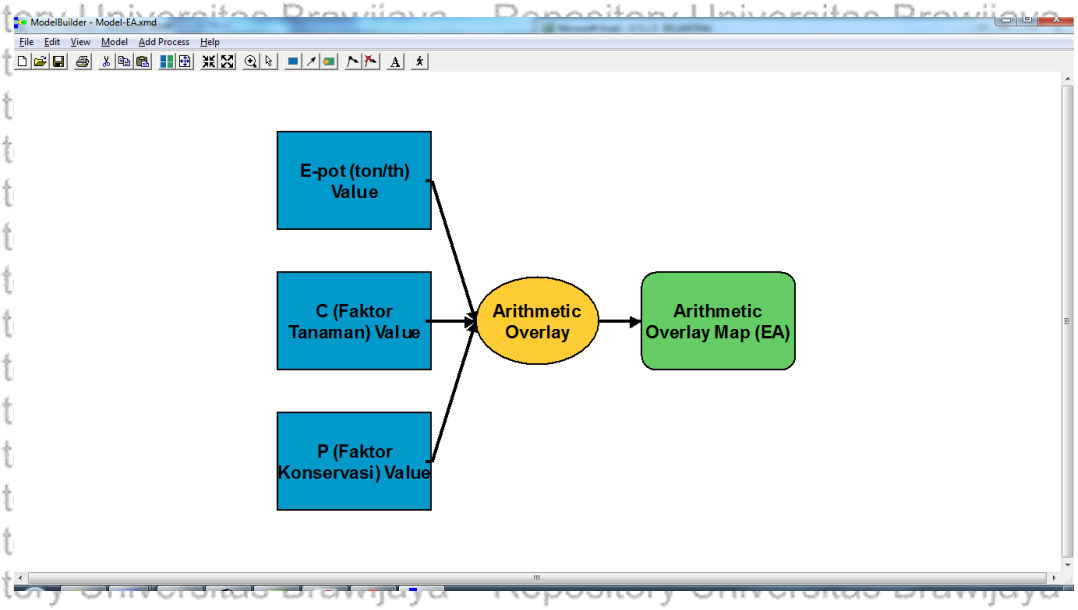
4.2.1.6 Pendugaan Laju Erosi Aktual (E-Akt)

Erosi aktual terjadi karena adanya campur tangan manusia dalam kegiatan sehari-hari, misalnya pengolahan tanah untuk pertanian dan adanya keterlibatan unsur-unsur penutup tanah baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang dibudidayakan oleh manusia dalam usaha pertanian.

Proses *Pendugaan Laju Erosi Aktual (E-Akt)* dalam penelitian ini dilakukan dengan sistem overlay ***ModelBuilder*** dari unsur atau theme grid:

- erosi potensial,
- erosi aktual di DTA,
- faktor tanaman dan pengawetan tanah

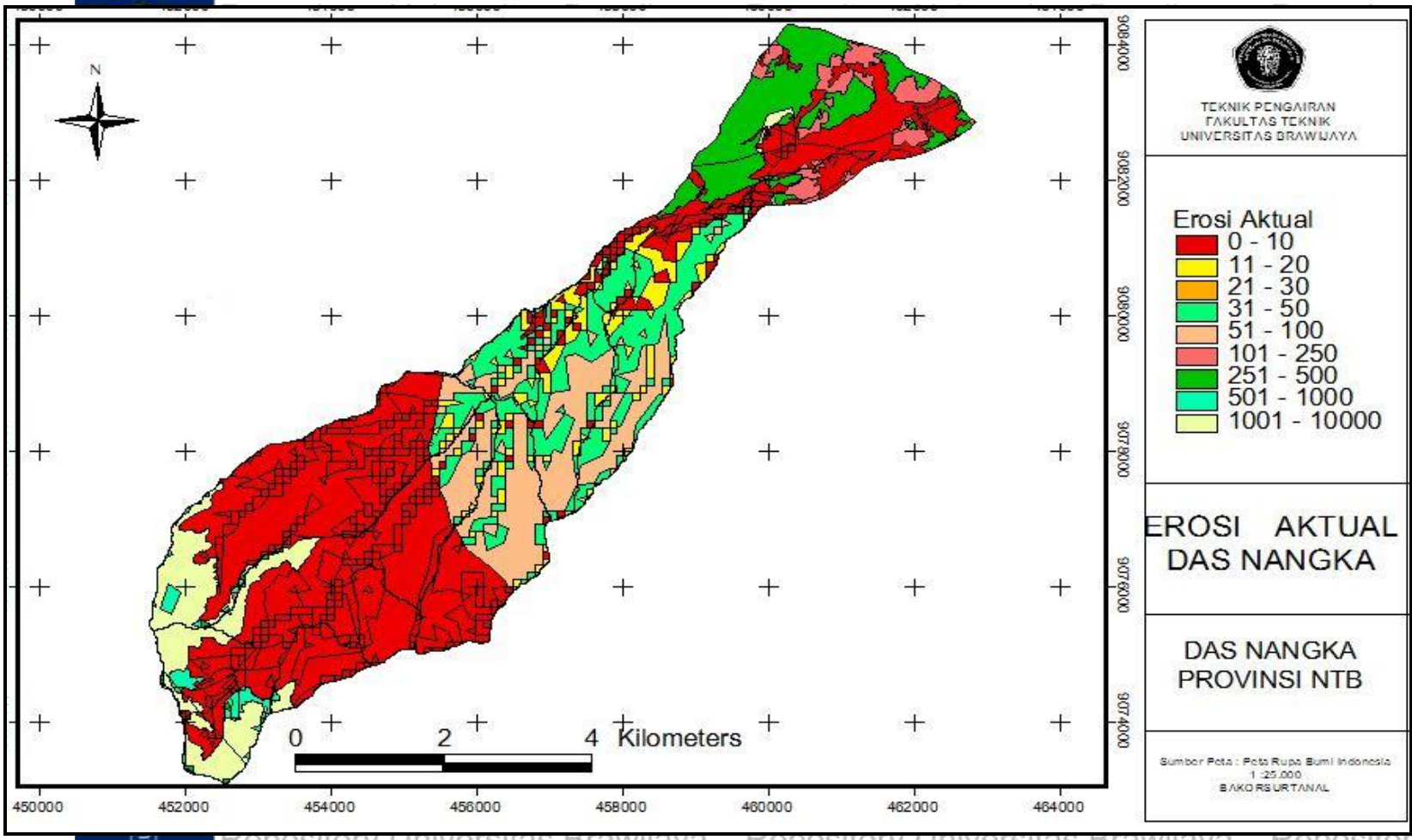
Dimana Urutan kerjanya sama halnya seperti pada Sub BAB 4.2.1.5. Pendugaan Laju Erosi Potensial (E-Pot).



Gambar 4.30. Tampilan Diagram Model Secara Keseluruhan Pendugaan Laju Erosi Aktual (E-Akt)

Dan untuk hasil Run dari ModelBuilder untuk Pendugaan Laju Erosi Potensial (E-Pot) sebagai berikut.

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 4.31. Peta Erosi Aktual

4.2.1.7 Pendugaan Laju Sedimentasi Potensial

Sedimentasi potensial merupakan proses pengangkutan sedimen yang berasal dan proses erosi yang secara potensial mempunyai kemampuan untuk mengendap pada suatu bangunan prasarana melintang sungai.

Contoh Perhitungan:

Diketahui :

1. Luas Sub DAS A = 0,26 km^2 = 260 ha
2. Erosi Aktual (EA) = 607,67 ton/tahun (hasil arcview)
3. SDR Sub DAS A berdasarkan hasil interpolasi tabel didapat 0,474
4. Sediment Yield (SY) = SDR x Erosi Aktual
   = 0,474 x 8.133,27
   = 3.853,27 ton/ha/tahun
5. GS tanah (Berat jenis tanah) = 13 (ton/m^3)
6. Volume sedimen potensial
   = Sedimen yield/GS tanah
   = 93.853,27 / 13
   = 296,41 m^3/tahun
7. Volume sedimen potensial
   = (296,41/(0,26*1.000))
   = 1,137 mm/tahun

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.12.

4.2.1.8 Nilai Akhir Analisa Sedimen Hasil Erosi

Nilai akhir dari analisa sedimen hasil erosi dengan aplikasi *ArcView GIS 3.3.* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.12 Rekapitulasi Perhitungan Sedimen Erosi

SUBDAS	LUAS	PERSENTASE (%)	Erosi Aktual (EA)	SDR	SY	Gs tanah	Volume Sed Potensial	Volume Sed Potensial
	Km^2		(ton/ha/th)		(ton/ha/th)	(ton/m^3)	(m^3/th)	(mm/th)
	1		2	3	4	5	6	7
Sub DAS A	0.26	0.79%	8,133.27	0.474	3,853.27	13.00	296.41	1.137
Sub DAS B	0.90	2.76%	17,178.84	0.358	6,144.11	13.00	472.62	0.523
Sub DAS C	6.53	19.92%	16,114.30	0.261	4,202.87	13.00	323.30	0.050
Sub DAS D	2.16	6.59%	1,250.57	0.327	408.67	13.00	31.44	0.015
Sub DAS E	3.35	10.21%	1,354.15	0.303	410.39	13.00	31.57	0.009
Sub DAS F	0.84	2.56%	52.29	0.363	18.98	13.00	1.46	0.002
Sub DAS G	0.93	2.83%	4,256.26	0.356	1,514.06	13.00	116.47	0.125
Sub DAS Nangka Hulu	7.44	22.68%	27,392.86	0.255	6,995.60	13.00	538.12	0.072
Sub DAS Nangka Hilir	5.61	17.12%	12,701.57	0.266	3,382.64	13.00	260.20	0.046
Sub DAS Tibu Dalam	4.77	14.55%	5,102.03	0.275	1,401.05	13.00	107.77	0.023
DAS NANGKA	**32.79**	**100.00%**	**93,536.14**		**28,331.64**	**13.00**	**2,179.36**	**0.200**

Sumber : *Hasil Perhitungan*

4.2.1.9 Penentuan Kriteria Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Kriteria tingkat bahaya erosi berdasarkan kriteria menurut Hammer

contoh perhitungan dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 4.13 Kriteria Tingkat Bahaya Erosi

NO	Jenis Tanah	Nilai TSL
1	Tanah kedalaman dangkal (<50 cm)	9.60
2	Tanah kedalaman sedang (50-90 cm)	14.40
3	Tanah kedalaman dalam (>90 cm); perrmaebilitas sedang	24.00
4	Tanah kedalaman dalam (>90 cm); permaebilitas cepat	30.00

Sumber: Hammer 1991

Contoh Perhitungan Tingkat Bahaya Erosi:

Luas DAS Nangka = 32,79 Km^2 = 3.279 ha

Erosi Aktual (Hasil Perhitungan USLE) = 93.536 ton/tahun

Laju Erosi Potensial Tahunan (A) = 93.536 ton/tahun / 3.279 ha

= 28,53 ton/ha/tahun

Erosi diperkenankan (TSL) data = 14,40 (tanah kedalaman sedang)

Tingkat Bahaya Erosi (TBE) = A/TSL

= 28,53 / 14,40

= 1,98

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai tingkat bahaya erosi (TBE) sebesar 1,98. Berdasarkan tabel kriteria tingkat bahasa erosi menurut Hammer 1981 termasuk dalam kategori **sedang**.

Tabel 4.14 Kriteria TBE

NILAI	KRITERIA / RATING TBE
< 1.0	Rendah
1.10 - 4.0	Sedang
4.01 - 10.0	Tinggi
> 10.01	Sangat Tinggi

Sumber: Hammer 1991

4.3 Analisis Volume Sedimen Debris

4.3.1. Potensi Bahaya Gunungapi Rinjani

Gunungapi Rinjani berdasarkan data yang didapat dari dinas pertambangan dan energi provinsi NTB mempunyai sebuah kaldera berbentuk lonjong berukuran ± 4800 x 3500m, di dalamnya terdapat sebuah danau berbentuk bulan sabit pada ketinggian ± 2800 m dpl berukuran ± 2800 x 2400 m dengan kedalaman mencapai ± 230 m, sedangkan luas danau sekitar 11 juta m^2. Dengan volume air ± 1,375 juta m^3 yang diberi nama Danau Segar Anak.

Dari hasil catatan sejarah letusannya, gunungapi ini telah meletus sebanyak 9 kali diantaranya adalah letusan 1884, 1901, 1906, 1909, 1915, 1944, 1966, 1988 dan terakhir tahun 1994 yang menghasilkan beberapa kawah, kubah lava, endapan piroklastik, lahar disertai munculnya bukit kecil yang merupakan hasil letusan kawah samping terletak disebelah barat ± 1175 m dari puncak gunungapi.

Letusan yang tercatat cukup besar dan menghasilkan aliran lava, terjadi pada tahun 1944, 1966, dan 1994. Aliran lava tersebut sebagian diendapkan didarat dan sebagian lagi diendapkan didalam danau, volume lava yang dikeluarkannya masing-masing berkisar antara 6 juta m^3 sampai 73 juta m^3.

Berdasarkan analisis kimia dan petrografi yang dilakukan oleh dinas pertambangan, komposisi/jenis lavanya berkisar antara andesitik-basalt sampai basalt.

Ancaman bahaya yang dapat terjadi dengan pusat kegiatan diasumsikan berasal dari Gunungapi ini terdiri dari:

A. Bahaya Primer
   1. Awan panas, dapat mencapai jarak 5 km atau lebih.
   2. Aliaran lava pijar
   3. Hujan batu, daerah beradius 5-10 km dari pusat letusan
   4. Hujan Abu
   5. Gas Beracun
B. Bahaya Sekunder
   1. Aliran lahar, terutama waktu musim hujan
   2. Longsoran/banjir batu
   3. Gempa bumi vulkanik, umumnya hanya disekitar gunungapi.

Melihat kondisi yang ada antara lain dari sejarah letusan yang telah menghasilkan kaldera segara anak yang cukup besar, ini menunjukan bahwa energinya telah banyak digunakan untuk membentuk kaldera tersebut. Sehingga untuk dapat menghasilkan letusan besar lagi memerlukan energi dan waktu yang cukup lama. Dari catatan sejarah menunjukan bahwa akibat letusan yang ditimbulkan oleh gunungapi.

Dari uraian diatas dapt diperkirakan bahaya yang mungkin timbul diluar kaldera adalah bahaya lahar. Lahar ini dapat terjadi karena adanya penumpukan bahan letusan gunungapi yang berukuran abu sampai pasir halus disekitar lereng gunung, kemudian terjadi hujan yang cukup lebat dibagian puncak dan mampu mengangkut material tersebut melalui lembah-lembah sungai kearah muara. Tumpukan bahan hasil letusan ini yang berupa pasir halus ini bila terkena air

hujan yang lebat, akan membentuk lahar lahar yaitu campuran abu-pasir dengan air membentuk cairan kental dengan berat jenis yang tinggi, sehingga mampu mengangkut/menyeret material berupa batu dan apa saja yang dilaluinya yang lebih dikenal dengan aliran debris dan aliran hiperkonsentrasi.

4.3.2. Analisis Volume Sedimen Debris Dalam Sekali Banjir Akibat Hujan Rencana (Vec)

Analisis volume sedimen debris dalam sekali banjir akibat hujan rencana (Vec) di DAS Nangka ini didasarkan pada (Anonim,**Pd T-18-2004-A**, tentang Pembuatan Peta Bahaya Akibat Aliran Debris 2004:2). Perhitungan Menggunakan kala ulang 50 tahun. Perhitungan dengan berbagai kala ulang dapat dilihat pada lampiran 1.

Data Perhitungan :

A	: 28,02 Km^2	(Luas DAS)
R_{24}	: 225.840 mm	(Hujan rancangan kala ulang 50 tahun)
Qp	: 190.253 m^3/dtk	(kala ulang 50 tahun)
Qp	: 70.791 m^3/dtk	(Kala ulang 2 tahun)
Ø	: 35º	(sudut geser dalam material)
$i_{rata\text{-}rata}$	: 0,0937	(Slope/kemiringan alur)
ρs	: 2750 Kg/m^3	(Rapat massa material)
ρw	: 1000 Kg/m^3	(Rapat massa air)
Kv	: 0,40	(Void ratio.....Ketetapan)
C*	: 0,60	(konsentrasi sedimen pada dasar sungai...Ketetapan)
K	: 0,95	(Nilai koefisien eksperimen (0,85 – 1)...Tetapan
N	: 0,060	(koefisien kekasaran sungai dengan

dinding tidak teratur)

Ms : 0,10 (kemiringan rata-rata talud sungai)

B : 60 m (lebar sungai)

Dia Batu : 1,00 m (diameter rata-rata)

Perhitungan:

Sudut Gradien Sungai:

Tan θ = 0,09366

Maka, kemiringan alur dalam derajat

θ = 5,35°

A. Tipe Aliran Sedimen

Untuk mengetahui tipe aliran debris atau aliran hiperkonsentrasi yang ada pada alur sungai dapat dibedakan berdasarkan kemiringan dasar sungai dan tinggi aliran relatif.

1. Aliran debris terjadi apabila kemiringan dasar sungai lebih besar atau sama dengan kemiringan dasar kritis (tg θ ≥ tg θd) dapat dihitung menggunakan rumus Takahashi dkk (1988).

$Tg\ \theta_d$ = ((C*(ρs-ρw)) / ((C*(ρs-ρw))+(ρw(1+1/k))) * tanØ

= ((0,60(2750-1000))/((0,60(2750-1000))+(1000(1+1/0,95))) * tanØ

= 0,842

Tipe = karena tg θ adalah sebesar 0,09366 lebih kecil dari tg θd 0,842 maka tipe alirannya ***Bukan tipe aliran debris.***

2. Aliran sedimen hiperkonsentrasi terjadi pada kondisi tg θh < tg θ < tg θd (kemiringan dasar sungai lebih landai daripada kemiringan kritik terjadinya aliran debris akan tetapi lebih besar atau sama dengan kemiringan dasar kritik untuk aliran hiperkonsentrasi). Unsur-unsur geometris aliran di sungai.

A = (B + ms.h) x h

= (60.00 + 0.10xh) x h

$P = B + 2.h.(1+m_s^2)^{0.5}$

$= 60.00 + 2 \times h(1+ 0.10^2)^{0.5}$

$v = 1/n \times R^{2/3} \times i^{1/2}$

$= 1/n \times (A/P)^{2/3} \times i^{1/2}$

Kedalaman muka air sungai

$Q = A \times v$

$= (B + m_s.h) \times h \times 1/n \times (A/P)^{2/3} \times i^{1/2}$

$190,25 = (B + m_s.h) \times h \times 1/n \times [((B + m_s.h) \times h)/(B + 2.h.(1+m_s^2)^{0.5}]^{2/3} \times i^{1/2}$

$190,25 = (60 + 0 \times h) \times h \times 1/0.06 \times [((60 + 0 \times h) \times h) / (60 + 2 \times h \times (1+0^2)^{0.5}))]^{(2/3)} \times 0.1061^{0.5}$

$H = 0,76$ m

Sehingga nilai:

$Tg\ \theta h = ((C^*(\rho s-\rho w)) / ((C^*(\rho s-\rho w))+(\rho w(1+ho/d))) * tan\emptyset$

$= ((0,60(2750-1000))/((0,60(2750-1000))+(1000(1+0.73/1)))tan\emptyset$

$= 0,035$

Berdasarkan sudut kemiringan yang didapat tg θ adalah sebesar 0,09366 tg θd 0,842 dan Tg θh 0,035. Aliran hiperkonsentrasi terjadi bila :

$tg\ \theta h < tg\ \theta < tg\ \theta d = 0,035 < 0,09366 < 0,842$

karena memenuhi syarat tersebut maka anggapan aliran yang terjadi merupakan ***Tipe aliran hiperkonsentrasi.***

B. Perhitungan Konsentrasi Sedimen Debris

Pada aliran debris, gerakan kolektif partikel dianggap memenuhi seluruh kedalaman aliran, sehingga konsentrasi sedimen (Cd) dianggap sama untuk seluruh kedalaman. Konsentrasi sedimen aliran debris dapat dihitung menggunakan rumus Takahashi dkk. (1988).

Jika Cd > 0.9 C* maka Cd = 0.9 C* dan Jika Cd < 0.3 maka Cd = 0.3.

Cd = (ρw x tanθ) / ((ρs-ρw).(tanØ-tanθ))

= (1,000 * tan 5.350)/((2,750 - 1,000) * (tan 35 - tan 5.350))

= 0,088

0,9 C* = 0,540 , maka

Diambil

Cd = 0,300

Pada aliran hiperkonsentrasi gerakan kolektif partikel tidak terjadi pada seluruh kedalaman aliran, melainkan terjadi hanya pada sebagian kedalaman aliran sehingga konsentrasi sedimen (Cd) akan berbeda pada tiap kedalaman aliran. Besarnya konsentrasi sedimen dipengaruhi oleh kemiringan dasar sungai (tg θ). Konsentrasi sedimen dapat dihitung menggunakan rumus Mizuyama.(1988)

Cd = $(11,85 \times tg^2 \theta) / (1 + 11,85\ tg^2 \theta)$

= 0,094 < 0,30

Diambil = 0,30

C. Koefisien Koreksi Aliran Debris

Jika A<0.1 km^2 maka fr = 0.5, Jika A > 10 km^2 maka fr = 0.1, Jika 0.1<A<10 maka fr = $0.05\ (\log A - 2)^2 + 0.05$ artinya nilai terendah fr = 0,1 dan tertinggi fr = 0,5

Fr = $0,05\ (\log A - 2)^2 + 0,05$

= $0.05 \times (\log 32,79 - 2)^2 + 0,05$

= 0,065, maka Fr = 0,100

D. Estimasi Volume Aliran Sedimen Sekali Banjir

V_{ec} = $((R24 \times A \times 10^3/1\text{-}Kv) \times (Cd/(1\text{-}Cd)).fr + S_{pot}$

= $(225,84 * 28,02 * 1000) / (1 - 0,4) \times (0.300 / (1 - 0,300)) * 0,100)$

= 452.007,95 m^3

Estimasi Volume Aliran Sedimen Sekali Banjir adalah sebesar = 452.007,95 m^3

4.4 Analisa Kontrol Aliran Sedimen Debris

4.4.1 Catatan Bencana Sedimen Yang Pernah Terjadi di DAS Nangka

1. Bencana banjir sedimen di DAS Nangka pernah terjadi pada tanggal 19 s/d 21 Januari 2006 dengan dampak negatif berupa : Korban Jiwa, kerugian material, kerugian non materi, rusak infrastruktur, dan kerusakan hebat pada lingkungan sungai dan masyarakat

Gambar 4.32. Dampak Bencana Banjir Sedimen di DAS Nangka Yang Terjadi Pada Tanggal 19 s/d 21 Januari 2006

2. Bencana banjir sedimen di DAS Nangka pernah terjadi pada tanggal 12 Maret 2012 yang merusak fasilitas Umum seperti prasarana sumber daya air (subdam sabo dam dan saluran irigasi belanting), prasarana pemukiman dan hancurnya jalan dan jembatan. Akibat bencana ini, berbagai instansi telah berupaya maximal dalam rangka tanggap darurat bencana, sesuai dengan Pernyataan Bencana dari Bupati Lombok Timur Nomor : 360/113/BPBD/2012 tanggal 15 Maret 2012.

Gambar 4.33. Dampak Bencana Banjir Sedimen di DAS Nangka Yang Terjadi Pada Tanggal 12 Maret 2012

4.4.2 Permasalahan Pemicu Banjir Sedimen Debris

A. Kondisi Morfologi DAS

Kawasan Belanting seperti umumnya wilayah Pulau Lombok bagian utara merupakan kawasan yang rawan terhadap bahaya longsor. Hal ini disebabkan kondisi topografi di Kawasan Belanting di dominasi jenis Kemiringan Lereng Sangat Curam (> 40%) seluas 64% dan didukung oleh kondisi lapisan batuan yang terdiri dari batuan belum kompak yang bersentuhan dengan batuan yang lebih kompak yang berada di bagian bawahnya.

B. Kondisi Hubungan Antara Kejadian Aliran Debris Dengan Kemiringan Alur Sungai

Hubungan antara kejadian aliran debris dengan kemiringan alur sungai utama Sungai Nangka sebesar 8°, {θ = 8°, (3° ≤ θ < 10° = Deposition area/bagian pengendapan aliran sedimen dan bagian pengendapan aliran debris)} ; dan pada pada segmen hulu sungai θ > 10°, {10° ≤ θ < 15° = Flow area / bagian pengendapan dan terjadinya aliran debris serta bagian terjadinya aliran sedimen pengendapan aliran debris}. Mengacu pada Pd T-18-2004-A (halaman 4).

C. Kondisi Singkapan Geologi

Batuan pembentuk lereng sangat curam berupa batuan breksi laharik, breksi vulkanik yang telah lapuk menjadi lempung pasiran hingga pasir lempungan, mengandung kerikil, hingga bongkah bersifat porous dan bersifat lepas, dengan ketebalan 2 – 3 m dan di bagian bawahnya berupa breksi vulkanik yang dapat menjadi bidang gelincir gerakan tanah.

Bidang lemah yaitu kontak antara tanah pelapukan dengan batuan dasar yang berupa breksi vulkanik, tufa, dan lava dengan luas 90% (dari segmen tangah hingga hulu sungai).

D. Kondisi Overtopping Dan Penyebaran Aliran Massa Sedimen

Gerakan tanah dipicu oleh curah hujan yang tinggi; Hujan terjadi secara menerus selama 4 hari berturut-turut, sehingga banyak air permukaan meresap ke dalam tanah, maka bobot masa tanah/batuan tersebut bertambah dan tekanan air pori meningkat.

Debit sungai yang tinggi bercampur material longsoran membuat erosi tebing sungai dan berkembang menjadi banjir bandang yang membawa material longsoran serta bebatuan, material bangunan dan batang–batang kayu hasil erosi samping tebing alur sungai.

Pengertian aliran debris adalah campuran pasir, batu, kayu dan air bergerak kolektif dari dasar sampai permukaan aliran, terjadi apabila kemiringan dasar sungai lebih besar atau sama dengan kemiringan kritis aliran debris. Sebagian besar alur sungai di berpotensi terjadi aliran debris. Dengan melihat kondisi kemiringan dasar sungai di daerah ini maka dapat diprediksi perilaku aliran debrisnya. Karateristik kejadian aliran debris di daerah ini pada umumnya ialah terjadi karena runtuhnya bendung alam yang terbentuk

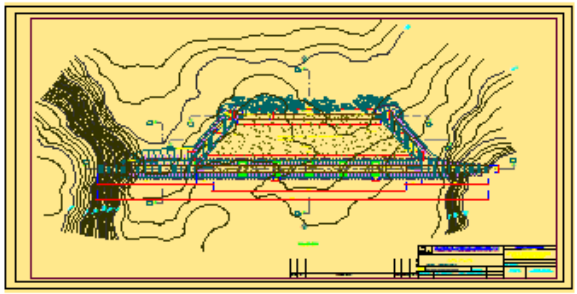
karena terjadinya longsoran lereng bukit akibat tidak kuat menahan desakan air atau limpasan air.

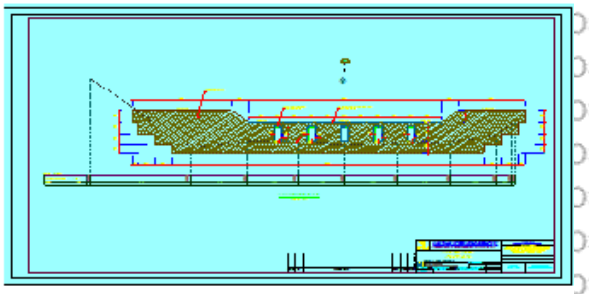
Kondisi material pasir, kerikil dan batu pada alur sungai telah mengganggu kapasitas efektif sungai sehingga pada pengaliran banjir dengan curah hujan yang relatif tinggi mengakibatkan overtopping.

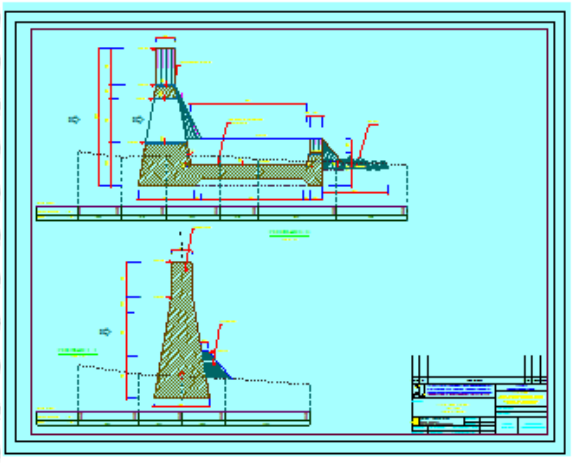
4.4.3 Sistem Penanganan Bencana Yang Telah dilakukan

A. Penanganan Struktur

Akibat bencana tersebut dilaksanakan Masterplan penanggulangannya yang menghasilkan salah satu bangunan Sabo Dam di DAS Nangka tahun Anggaran 2006-2007 dengan spesifiaksi teknis sabo :







DATA TEKNIS SABO DAM

• Konstruksi utama	:	Pasangan Batu
• Jenis sabo	:	Terbuka tipe celah
• Lebar	:	118,0 m
• Tinggi	:	19,0 m
• Panjang	:	28,30 m
• Lebar pelimpah	:	58 m
• Jumlah celah	:	5 buah
• Tinggi celah	:	8 m
• Lebar celah	:	2 m
• Debit lewat celah	:	369,425 m3/dt
• Panjang endapan	:	310 m
• Volume tampung	:	201,465 m3
• Volume kontrol	:	101,035 m3

Gambar 4.34. Penanganan Bencana Banjir Sedimen Yang Telah Dilakukan

B. Kondisi Sabodam Belanting Terkini

Kondisi Sabo Dam Belanting terkini (Tahun 2014) pasca bencana banjir sedimen pada tanggal 12 Maret 2012 :

(1) Tubuh sabo dam relatif masih stabil

(2) Kapasitas tampungan hasil material rombakan mencapai crest lubang drainase sabo dam di sebelah hulu

(3) Pelaksanaan rehabilitasi kerusakan ringan pada tubuh sabo pada bagian hilir sabo dam Kondisi material rombakan pada bagian hilir sabo dam belanting terdiri dari material pasir, kerikil, kerakal, batu, hingga boulder dengan diameter rata-rata 1 m.

(4) Upaya penanganan darurat pasca bencana 2012 oleh BWSNT-I dengan menormalisasi alur sungai yang rencananya untuk mengalirkan aliran banjir sedimen debris telah berfungsi, namun belum efektif menahan gerusan/aliran banjir sedimen debris yang terjadi sehingga alur yang telah dinormalisasi saat ini sudah rata dengan rombakan material.

Gambar 4.35. Kondisi Tubuh Sabo Dam DAS Nangka

Gambar 4.36. Hasil material rombakan di hulu awal musim kemarau

Gambar 4.37. Hasil material rombakan di hulu awal musim kemarau

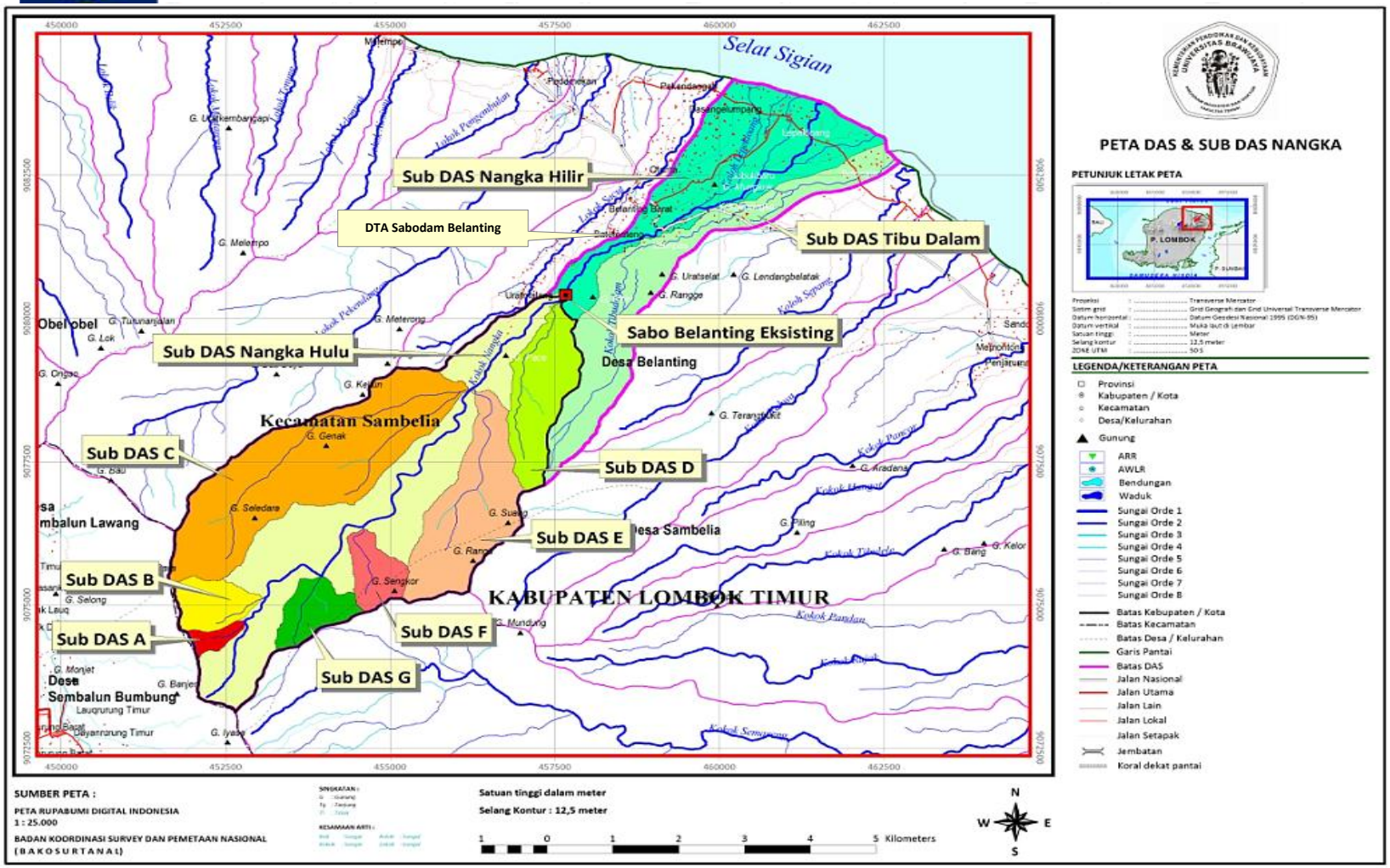
Gambar 4.38. Rehabilitasi Kolam Olak Sabodam Belanting

4.4.4 Volume Produksi Sedimen Debris (*Sediment Yeild*) di DAS Nangka

4.4.4.1 Peta Sub Das Nangka

Sebelum melakukan analisis volume produksi sedimen debris *(sediment yeild)* di DAS Nangka ini perlu membagi Daerah Aliran Sungai menjadi Sub Daerah Aliran Sungai Nangka, dimana hasilnya adalah sebagai berikut.

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 4.39. Peta DAS & Sub Das Nangka

4.4.4.2 Transportasi Sedimen Total (*Sediment Yeild*) di Sub DAS Nangka

Setelah terbagi menjadi beberapa Sub DAS, langkah berikutnya adalah menghitung produksi sedimen debris *(sediment yeild)*.

Produksi sedimen debris ini dihitung dengan mengalikan prosentase luasan Sub DAS dengan volume sedimen erosi (*USLE*) dan volume sedimen sekali banjir (*Vec*) kemudian hasil keduanya dijumlahkan untuk mendapatkan sedimen total (*Sediment Yeild*) pada tiap-tiap Sub DAS. Khususnya untuk Sub DAS Tibu Dalam dihitung tersendiri dengan cara dana referensi yang sama seperti analisis diatas.

Data Perhitungan :

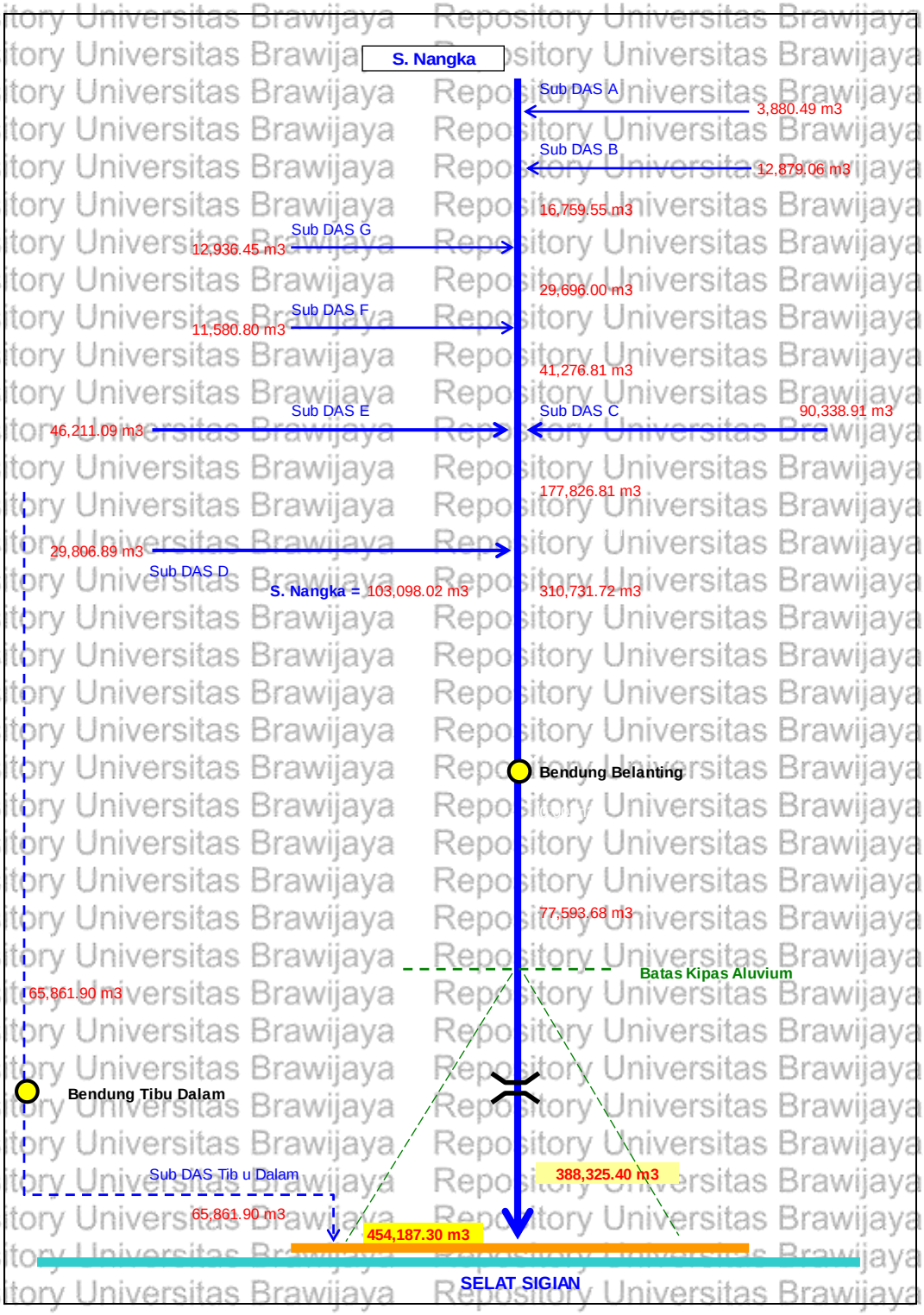
- Volume Sedimen Potensial (S_{pot}) = 2.179,36 m^3/tahun
- Volume Sedimen Sekali Banjir (V_{ec}) = 452.007,95 m^3

NO	SUB DAS	Luas (Km2)	Persentase (%)	Sedimen Hasil Erosi m^3/tahun	Sedimen Hasil Debris m^3/tahun	Total Sedimen m^3/tahun
1	Sub DAS A	0.26	0.79	296.405	3,584.08	3,880.49
2	Sub DAS B	0.9	2.74	472.624	12,406.44	12,879.06
3	Sub DAS C	6.53	19.91	323.298	90,015.61	90,338.91
4	Sub DAS D	2.16	6.59	31.436	29,775.45	29,806.89
5	Sub DAS E	3.35	10.22	31.569	46,179.52	46,211.09
6	Sub DAS F	0.84	2.56	1.460	11,579.34	11,580.80
7	Sub DAS G	0.93	2.84	116.466	12,819.99	12,936.45
8	Sub DAS Nangka Hulu	7.44	22.69	538.123	102,559.90	103,098.02
9	Sub DAS Nangka Hilir	5.61	17.11	260.203	77,333.47	77,593.68
10	Sub DAS Tibu Dalam	4.77	14.55	107.773	65,754.13	65,861.90
	TOTAL	**32.79**	100.00	**2,179.36**	**452,007.95**	**454,187.30**

Sumber : *Hasi Perhitungan*

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan total sedimen yang terjadi di DAS nangka adalah sebesar 454.187,30 m^3/tahun merupakan total dari sedimen hasil erosi dengan sedimen hasil debris.

Untuk lebih memahami transportasi volume produksi sedimen debris (*Sediment Yeild*) diatas, dituangkan dengan gambar skema transportasi volume produksi sedimen debris (*Sediment Yeild*) di DAS Nangka.



Gambar 4.40. Skema Transportasi Volume Produksi Sedimen Debris (*Sediment Yeild*) di DAS Nangka Kondisi Kosong

4.4.4.3 Evaluasi Kapasitas Tampungan Sabodam Belanting (Vs)

Evaluasi kapasitas tampungan Sabodam Belanting (Vs) dihitung dengan rumus *Shimoda, 1995*.

Data Perhitungan :

- Nama Sabodam : Sabodam Belanting
- Lebar sungai di site sabo (B) : 112 m
- Tinggi efektif Sabodam (H) : 10 m
- Kemiringan di Site Sabo (I_0) : 0,0603
- Elevasi Dasar Sabo : + 225,09 m dpl
- Volume Tampung (Vt) : 201.465 m^3 (Volume pada I_s)
- Volume Kontrol (Vk) : 101.035 m^3 (Volume pada I_d)
- Volume Total (Vs) rencana : 302.500 m^3 (Desain 2006)
- Kondisi visual sedimen terkini (2014):

- Sedimen telah mencapai elevasi dasar Slit Sabodam = + 228,875 dpl
- Tinggi sedimen di apron hulu sabodam = 3,80 m

AS Built Drawing ***Visual Kondisi Sedimen***

Gambar 4.41. Kondisi visual sedimen terkini (2014)

Perhitungan :

Tan θ = 0,0603

1/n = -->> n =16,58 m

L = 2 . n . H

= 2 x 17 x 6

= 205,58 m

L' = 3 . n . H

= 3 x 17 x 6

= 308,37 m

A1 = 1/2 . H . L

= 1/2 x 6 x 63.00

= 637,29 m^2

Σ A = A1 + A2

= 1/2 . H . L'

= 1/2 x 6 x 308.37

= 955,94 m^2

A2 = 318,65 m^2

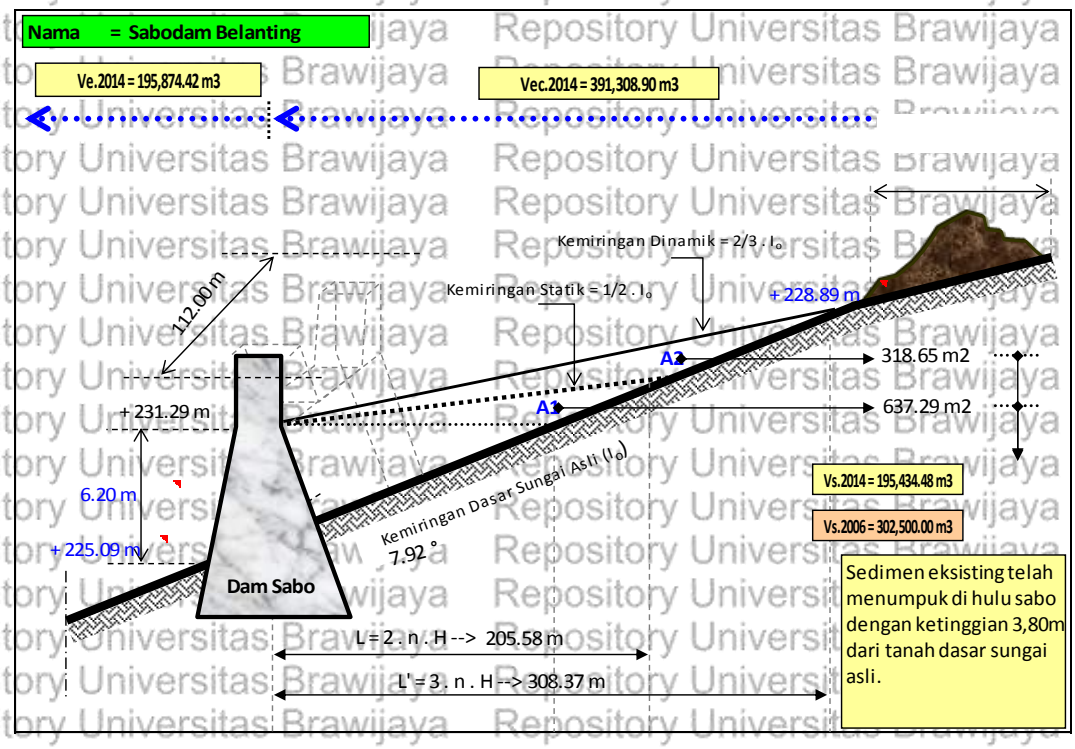
Vs'_{2014} = (A1+A2) * L_{sungai}

= 107,065.52 m^3

Vs = $Vs_{2008} - Vs'_{2014}$

= 302.500 – 107.065,52 m^3

= **195.434,48 m^3**



Gambar 4.42. Ilustrasi Perhitungan Kapasitas Tampungan Sabodam Belanting

Tabel Total Hasil sedimen di DAS Nangka.

NO	SUB DAS	Luas (Km2)	Persentase (%)	Sedimen Hasil Erosi m3/tahun	Sedimen Hasil Debris m3/tahun	Total Sedimen m3/tahun
1	Sub DAS A	0.26	0.79	296.41	3584.08	3880.49
2	Sub DAS B	0.9	2.74	472.62	12406.44	12879.06
3	Sub DAS C	6.53	19.91	323.30	90015.61	90338.91
4	Sub DAS D	2.16	6.59	31.44	29775.45	29806.89
5	Sub DAS E	3.35	10.22	31.57	46179.52	46211.09
6	Sub DAS F	0.84	2.56	1.46	11579.34	11580.80
7	Sub DAS G	0.93	2.84	116.47	12819.99	12936.45
8	Sub DAS Nangka Hulu	7.44	22.69	538.12	102559.90	103098.02
	TOTAL					310731.72
9	Sub DAS Nangka Hilir	5.61	17.11	260.20	77333.47	77593.68
10	Sub DAS Tibu Dalam	4.77	14.55	107.77	65754.13	65861.90
	TOTAL	32.79	100	2179.36	452007.95	454187.30

Hasil Perhitungan

- Sisa Kapasitas Tampungan Sabo Eksisting hasil perhitungan (halaman 116) adalah tinggal 195.434,48 m^3
- Total sedimen yang melewati sabo eksistng adalah 310.731,72 m^3

(Sub DAS Nangka Hilir dan Sub DAS Tibu Dalam tidak termasuk dalam perhitungan karena sub das ini tidak melewati sabo belanting eksisting, Sub

DAS Nangka Hilir berada dibawah sabo eksisting sedangkan Sub DAS Tibu Dalam berada diluar alur Sungai Nangka)

- Kelebihan sedimen yang melewati sabo eksisting adalah

  = Total sedimen yang melewati sabo – kapasitas tampungan sabo

  = 310.731,72 m^3 – 195.434,48 m^3

  = 115.297,24 m^3

- Total sedimen yang ada di alur sungai Nangka adalah

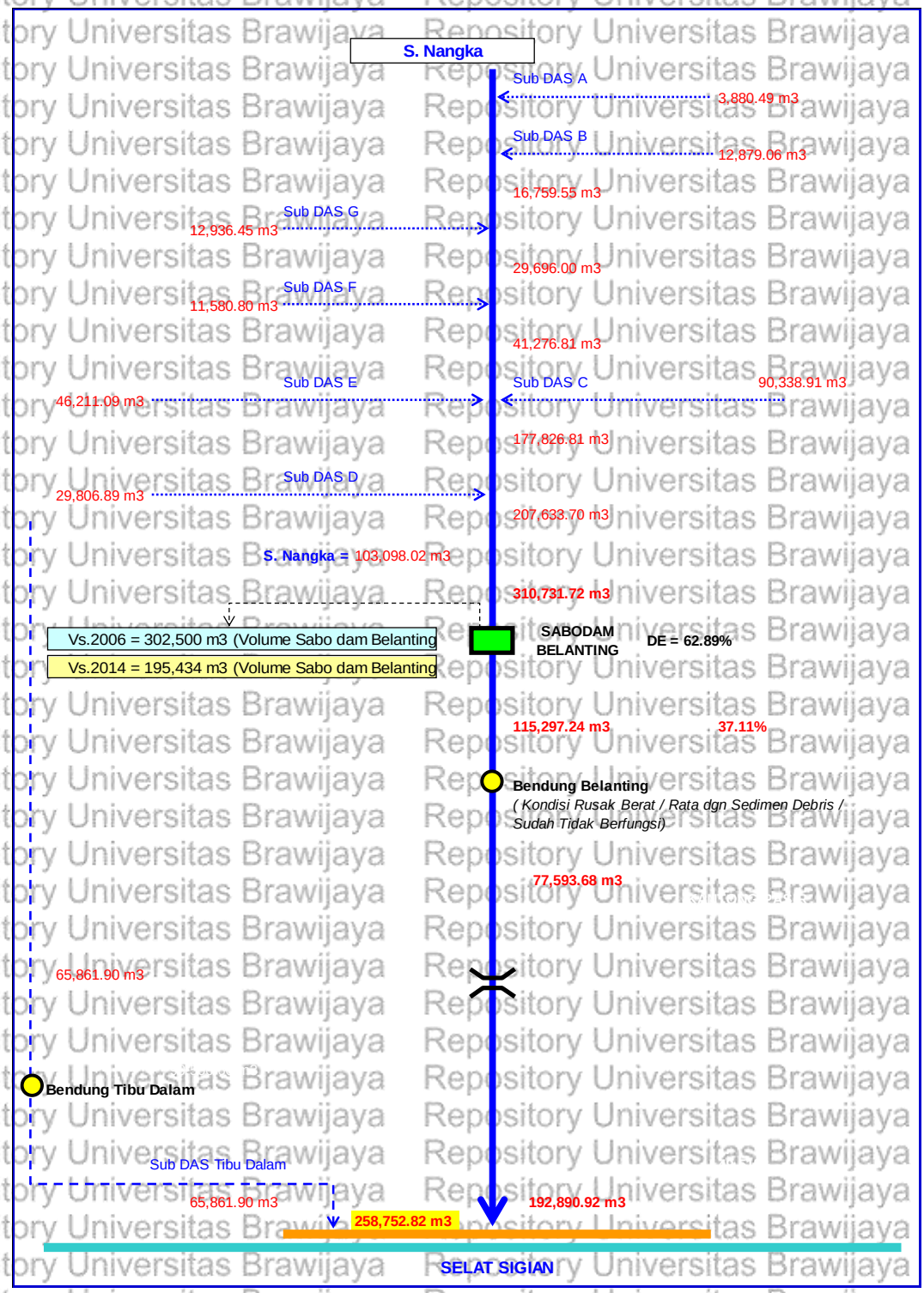
  = Kelebihan sedimen yang melewati sabo eksisting + sedimen di Sub Das Nangka hilir

  = 115.297,24 m^3 + 77.593,68 m^3

  = 192.890,92 m^3

Total sedimen ini dijadikan sebagai dasar perencanaan sabo yang baru.

Untuk memperjelas transportasi volume sedimen di DAS Nangka dapat dilihat pada skema ilustrasi transportasi sedimen yang disajikan pada Gambar 4.43.



Gambar 4.43. Skema Transportasi Volume Produksi Sedimen Debris Sedimen *Yeild*) di DAS Nangka Kondisi dengan Sabo Eksistiing

4.5 Konsep Teknis Pengelolaan Sedimen Debris di DAS Nangka

Mengingat adanya Volume Kelebihan Sedimen (Ve) sebesar **192.890,92** m^3 yang harus dikelola oleh sabo sistem di bagian hilirnya, maka perlu adanya tindakan atau konsep teknis pengelolaan sedimen debris (*sistem planning*).

4.5.1. Tata Letak Bangunan Pengendali Sedimen

Kriteria tempat-tempat di sungai yang dipertimbangkan sebagai titik dasar (*sabo basic point*) untuk suatu rencana bangunan pengendali sedimen atau sabo dam adalah sebagai berikut :

- Bagian akhir sungai atau pertemuan sungai
- Perubahan dasar sungai secara mendadak yang menunjukkan awal penyerahan aliran sedimen atau kipas aluvial
- Tempat yang mungkin terjadi luapan pada waktu banjir
- Tempat terjadinya perubahan aliran dari aliran debris menjadi aliran sedimen (aliran massa ke aliran individu).
- Sabo dam diletakan pada alur sungai yang sempit, tetapi melebar pada bagian hulunya. Lokasi bangunan sabo dam diusahakan memiliki kapasitas tampungan yang besar.
- Lokasi dengan kondisi geologi yang baik. Letak bangunan sabo dam memiliki kondisi geologi permukaan yang terhindar dari daerah patahan dan struktur mekanika tanah yang baik secara teknis maupun lingkungan.
- Banguan sabo terletak pada daerah dengan kondisi topografi yang baik dan tepat. Lokasi pada kemiringan dasar sungai yang landai dan sumbu sabo dam harus tegak lurus arah aliran di bagian hilirnya (*thalweg*). Apabila lokasi sabo dam pada tikungan sungai, harus dilakukan tinjauan hidrolika terhadap

kemungkinan limpasan dan gerusan pada tebing luar tikungan baik di hulu maupun di hilir bangunan.

- Lokasi dekat dengan akses jalan yang mempermudah jangkauan ke lokasi bangunan.
- Penetapan letak lokasi bangunan sabo ini diharapkan agar dapat menghasilkan bangunan yang paling ekonomis sehingga pembangunannya memiliki nilai yang kecil namun memiliki daya tampung sedimen yang besar.

Sesuai dengan kriteria diatas, maka dalam pekerjaan ini ditentukan rencana lokasi Titik Dasar Sabo (*Sabo Basic Point*).

Tabel 4.15 Beberapa Alternatif Lokasi Titik Dasar Sabo (*Sabo Basic Point*) untuk Rencana Bangunan Pengendali Sedimen Rencana

NO	ALTERNATIF BPS	Xcoord	Ycoord
1	BPS Seri Alternatif 1	457,891.41	9,080,792.88
2	BPS Seri Alternatif 2	458,315.00	9,081,208.00
3	BPS Seri Alternatif 3	458,562.00	9,081,344.00
4	BPS Seri Alternatif 4	456,983.16	9,079,709.29

Sumber : *Analisis*

Beberapa kondisi tertentu yang perlu lebih mendapat perhatian dengan berbagai Pertimbangan Dasar Letak Sabo Dam adalah :

a. Lokasi pada pertemuan sungai

Jika suatu sabo dam direncanakan dekat percabangan sungai harus ditempatkan beberapa meter sebelah hilir percabangan tersebut. Jika salah satu dari dua sungai yang bertemu lebih aktif memproduksi sedimen maka prioritas letak dam adalah pada sungai yang lebih aktif menghasilkan sedimen.

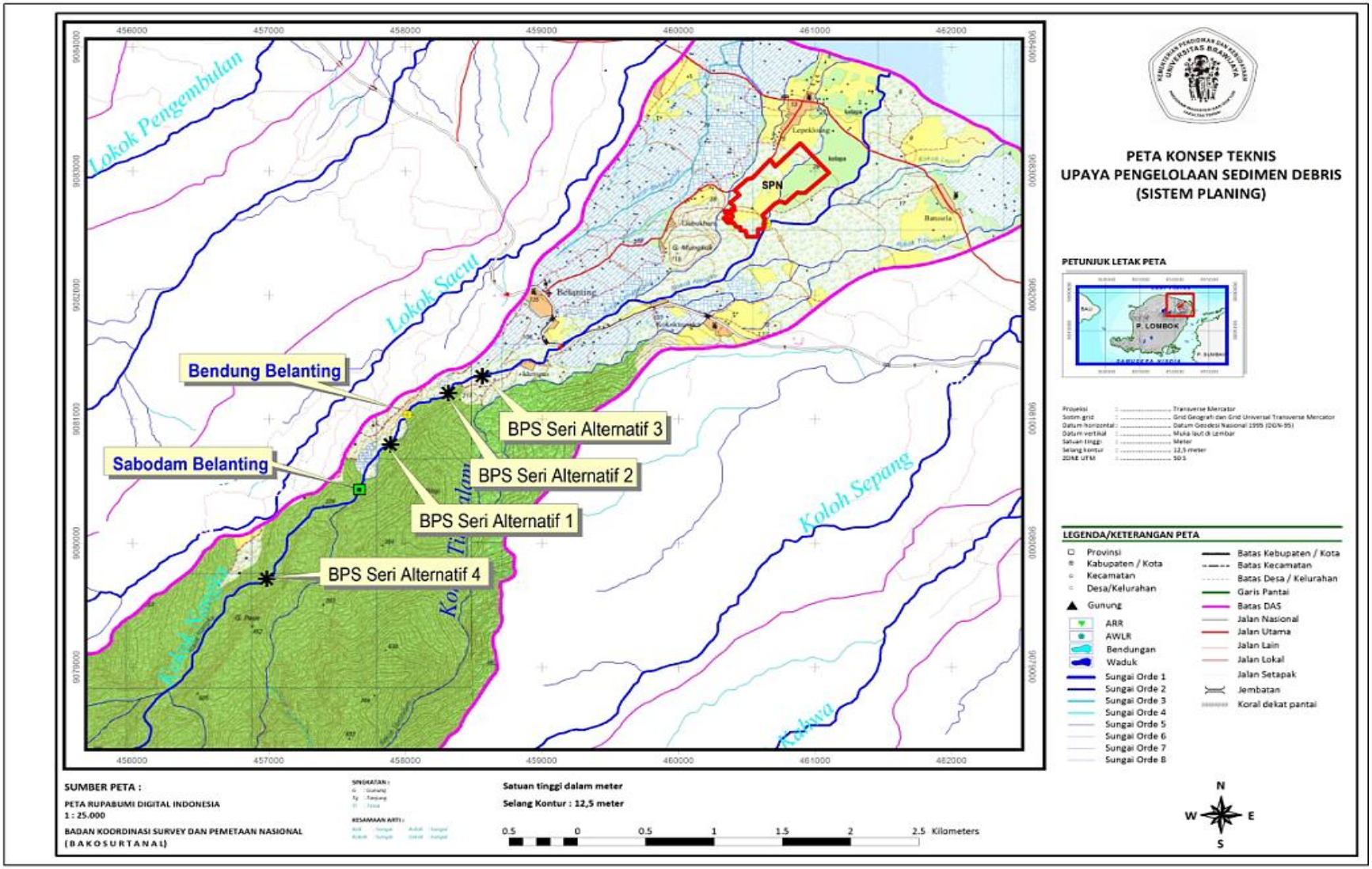
b. Orientasi arah dam pengendali sedimen

Arah sabo dam harus berorientasi pada arah sumbu alur sungainya, sebagai berikut :

- Arah sumbu sabo dam harus tegak lurus terhadap thalweg atau garis tengah alur sungai di hilirnya (*midstream line downstream*)
- Jika sumbu dam tidak bisa diorientasikan tegak lurus terhadap thalweg di hilirnya karena adanya batuan keras di kedua sisi tebing sungai, maka perlu dibuat dam pembantu atau sub dam.
- Sub dam tersebut diorientasikan tegak lurus terhadap garis tengah alur sungai di hilirnya (sumbu sub dam tegak lurus *thalweg*)
- Untuk dam bertingkat, arah sumbu setiap dam harus tegak lurus garis tengah alur sungai di hilirnya.

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 4.44. Peta Konsep Teknis Upaya PengelolaanSedimen Debris (*Sistem Planning*)

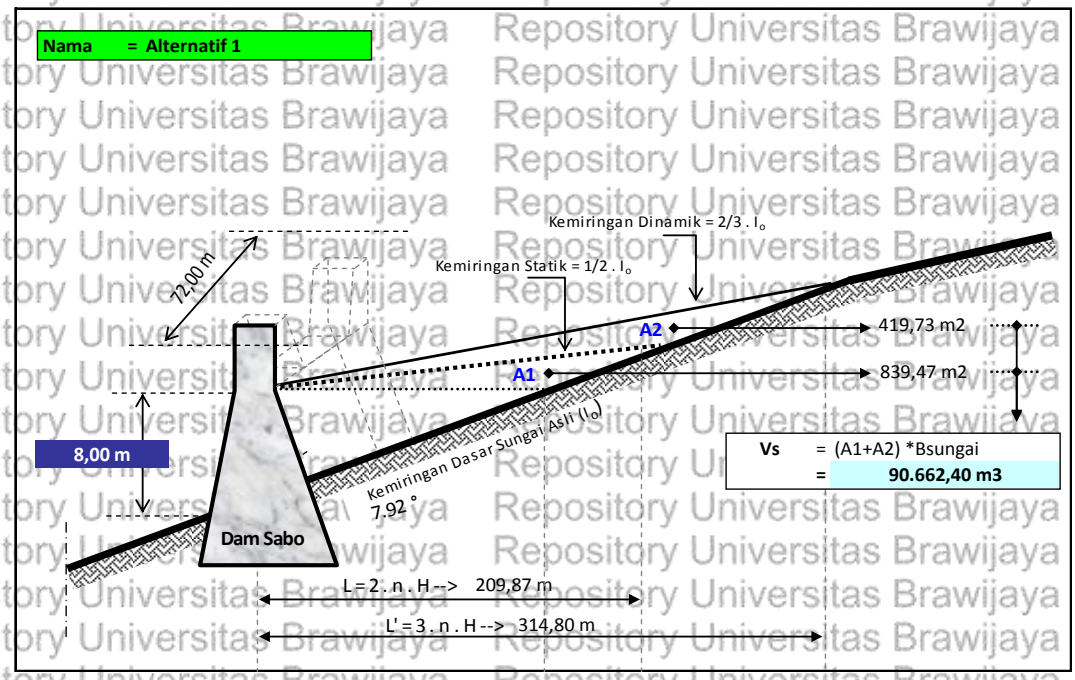
Repository Universitas Brawijaya

4.5.2. Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Banggunan Pengendali Sedimen

Keseimbangan kuantitas sedimen terhadap alternatif rencana bangunan pengendali sedimen ini dilakukan dengan menghitung kapasitas alternatif lokasi titik dasar sabo (*Sabo Basic Point*) dengan rumus *Shimoda, 1995* kemudian mengkalkulasikannya pada skema transportasi volume produksi sedimen debris (*sediment yeild*) di DAS Nangka kondisi dengan Sabo Eksisting. Hasilnya sebagai berikut.

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

1. Sabo Dam Alternatif 1



Data Perhitungan:

Tinggi = 8 m

L_{sungai} = 196,75 m

B = 72 m

PERHITUNGAN :

Tan q = 0,0762

1/n = -->> n = 13,12 m

L = 2 . n . H

= 2 x 13 x 8

= 209,87 m

L' = 3 . n . H

= 3 x 13 x 8

= 314,80 m

A1 = 1/2 . H . L

= 1/2 x 8 x 196,75

= 839,47 m^2

S A = A1 + A2

= 1/2 . H . L

= 1/2 x 8 x 314,80

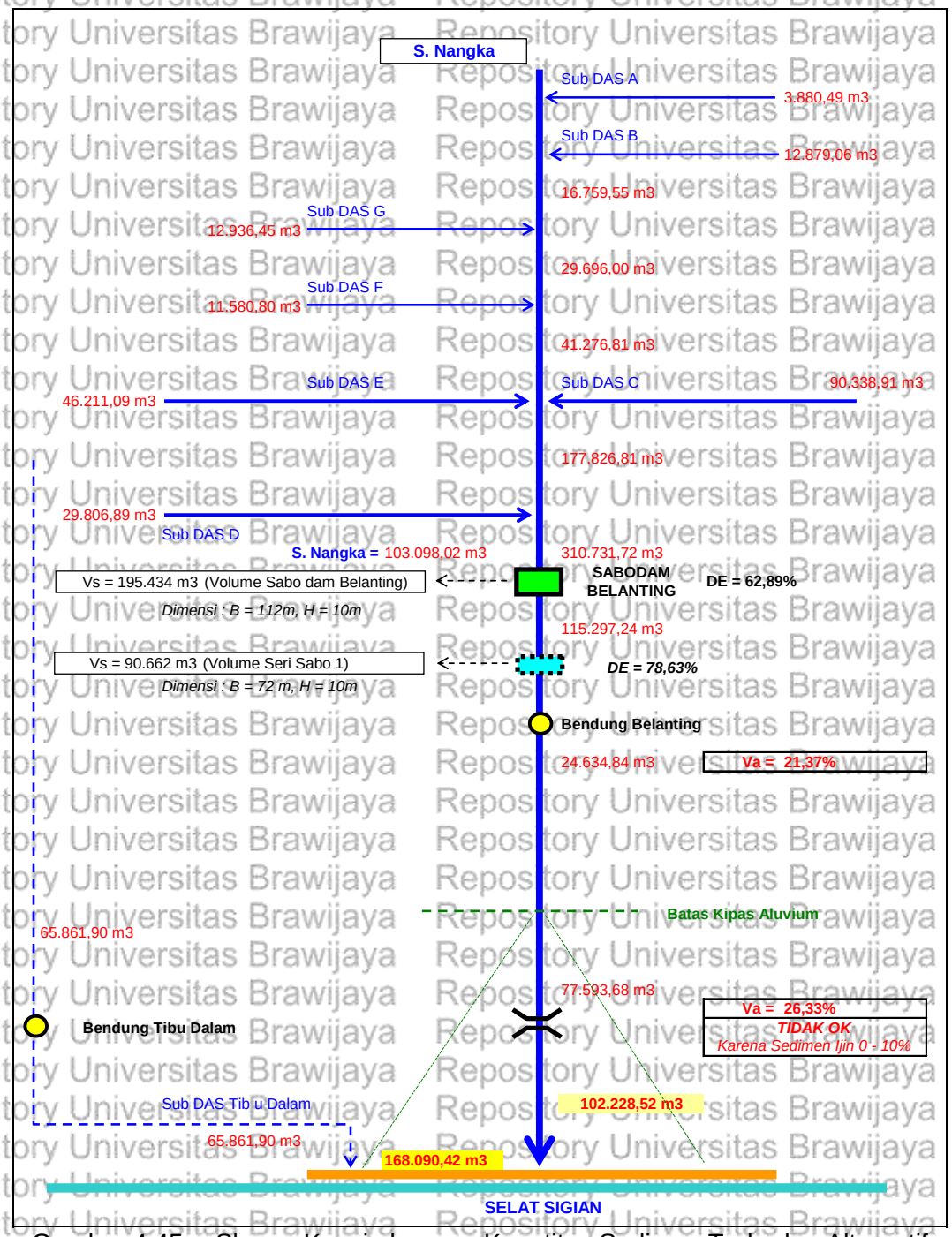
= 1.259,20 m^2

A2 = 419,73 m^2

Vs = (A1+A2) *Bsungai

= 90.662,40 m^3

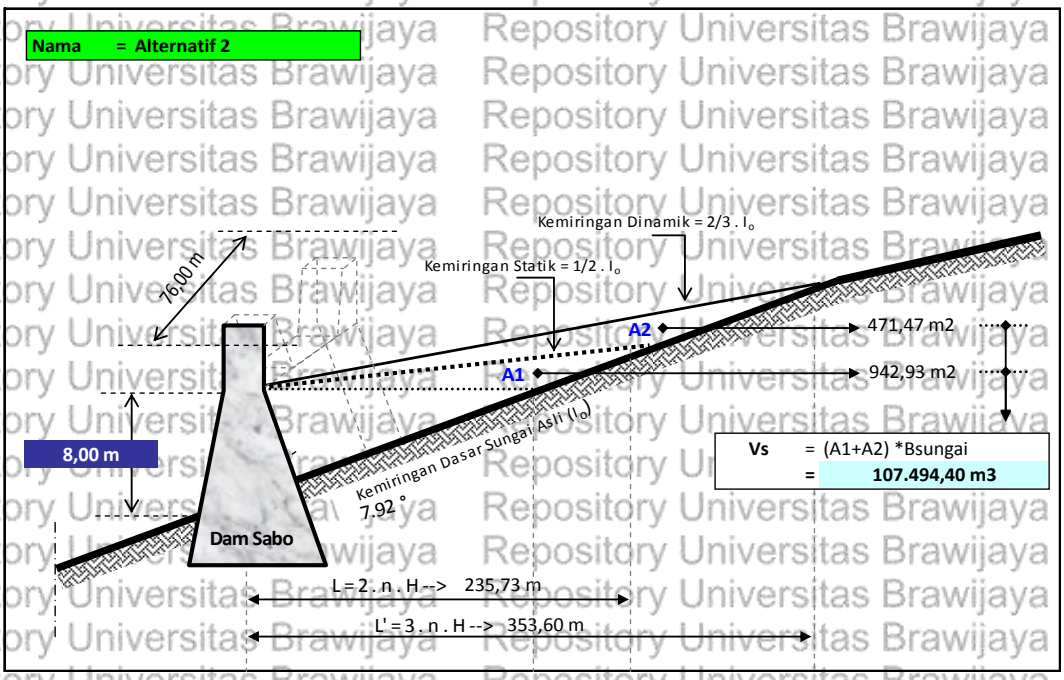
Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Gambar 4.45. Skema Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Banggunan Pengendali Sedimen pada DAS Nangka Kondisi Alternatif 1.

Pada kondisi Alternatif 1 rencana bangunan sabo terletak dibawah sabo existing yaitu pada koordinat X = 457.891,41 dan Y= 9.080.792,88 dengan ketinggian rencana 10 m dan lebar 72 m sisa kelebihan sedimen adalah sebesar 102.228,52 m^3.

2. Sabo Dam Alternatif 2



Data Perhitungan:

Tinggi = 8 m

L_{sungai} = 221 m

B = 76 m

PERHITUNGAN :

Tan q = 0,0679

1/n = -->> n = 14,73 m

L = 2 . n . H

= 2 x 15 x 8

= 235,73 m

L' = 3 . n . H

= 3 x 15 x 8

= 353,60 m

A1 = 1/2 . H . L

= 1/2 x 8 x 221,00

= 942,93 m^2

S A = A1 + A2

= 1/2 . H . L'

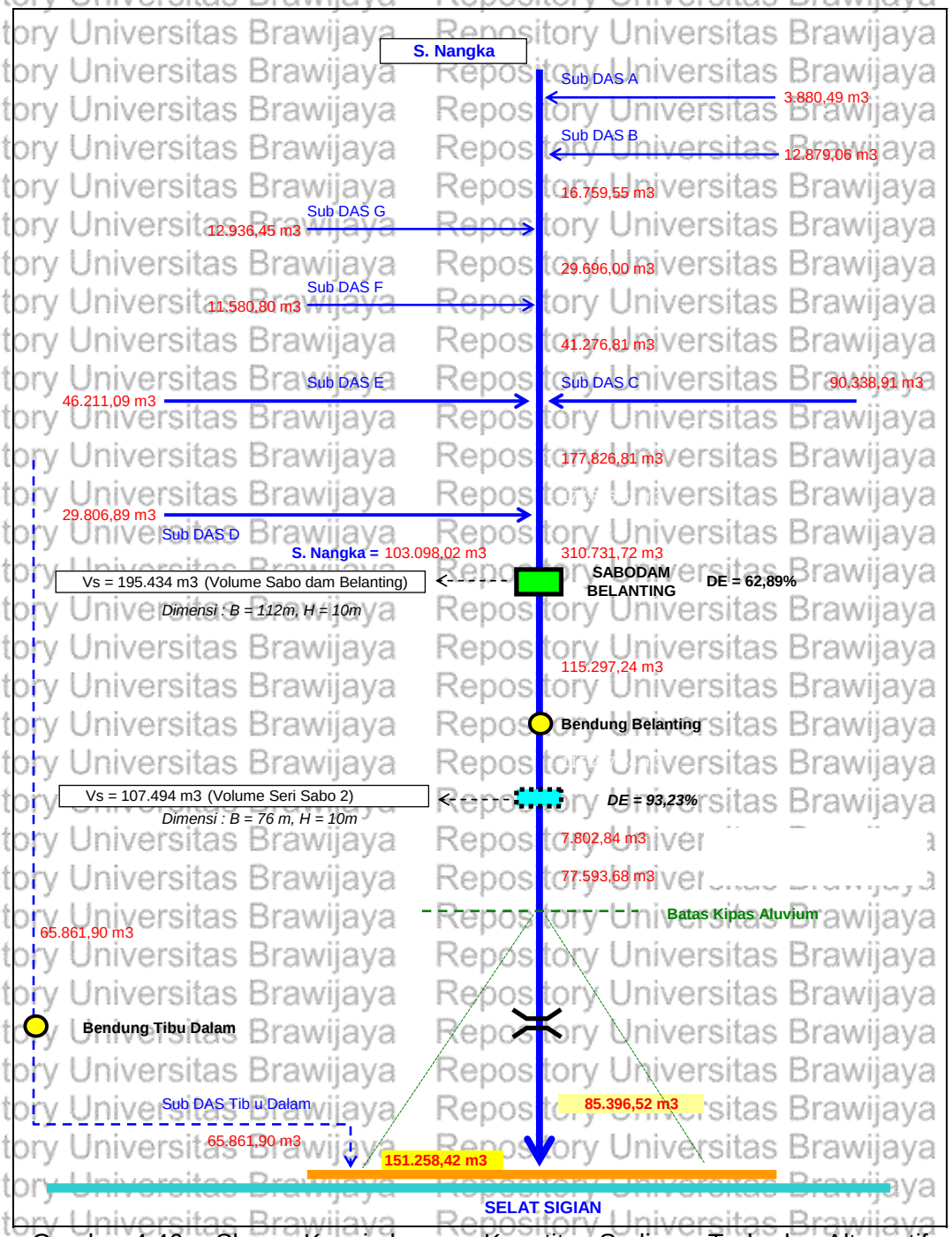
= 1/2 x 8 x 353,60

= 1.414,40 m^2

A2 = 471,47 m^2

Vs = (A1+A2) *Bsungai

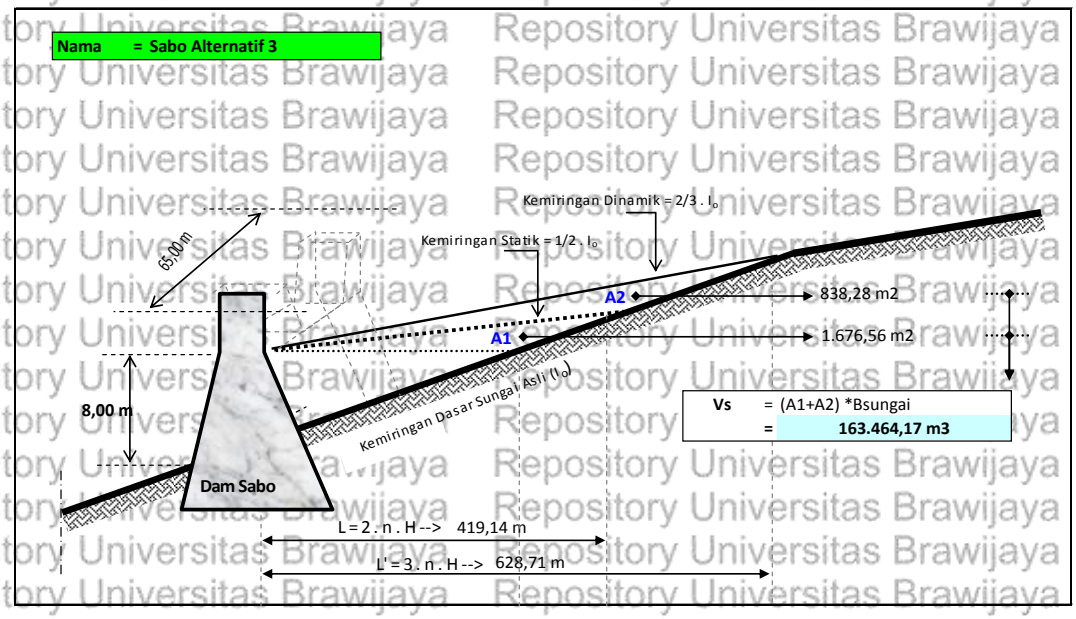
= 107.494,40 m^3



Gambar 4.46. Skema Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Banggunan Pengendali Sedimen pada DAS Nangka Kondisi Alternatif 2

Pada kondisi Alternatif 2 rencana bangunan sabo terletak dibawah sabo existing yaitu pada koordinat X = 458,315.00 dan Y= 9,081,208.00 dengan ketinggian rencana 10 m dan lebar 76 m sisa kelebihan sedimen adalah sebesar 85.396,52 m^3.

3. Sabo Dam Alternatif 3



Data Perhitungan:

Tinggi = 8 m

L_{sungai} = 327,95 m

B = 65 m

PERHITUNGAN :

Tan q = 0,0382

1/n = -->> n = 26,20 m

L = 2 . n . H

= 2 x 26 x 8

= 419,14 m

L' = 3 . n . H

= 3 x 26 x 8

= 628,71 m

A1 = 1/2 . H . L

= 1/2 x 8 x 327.95

= 1.676,56 m^2

S A = A1 + A2

= 1/2 . H . L'

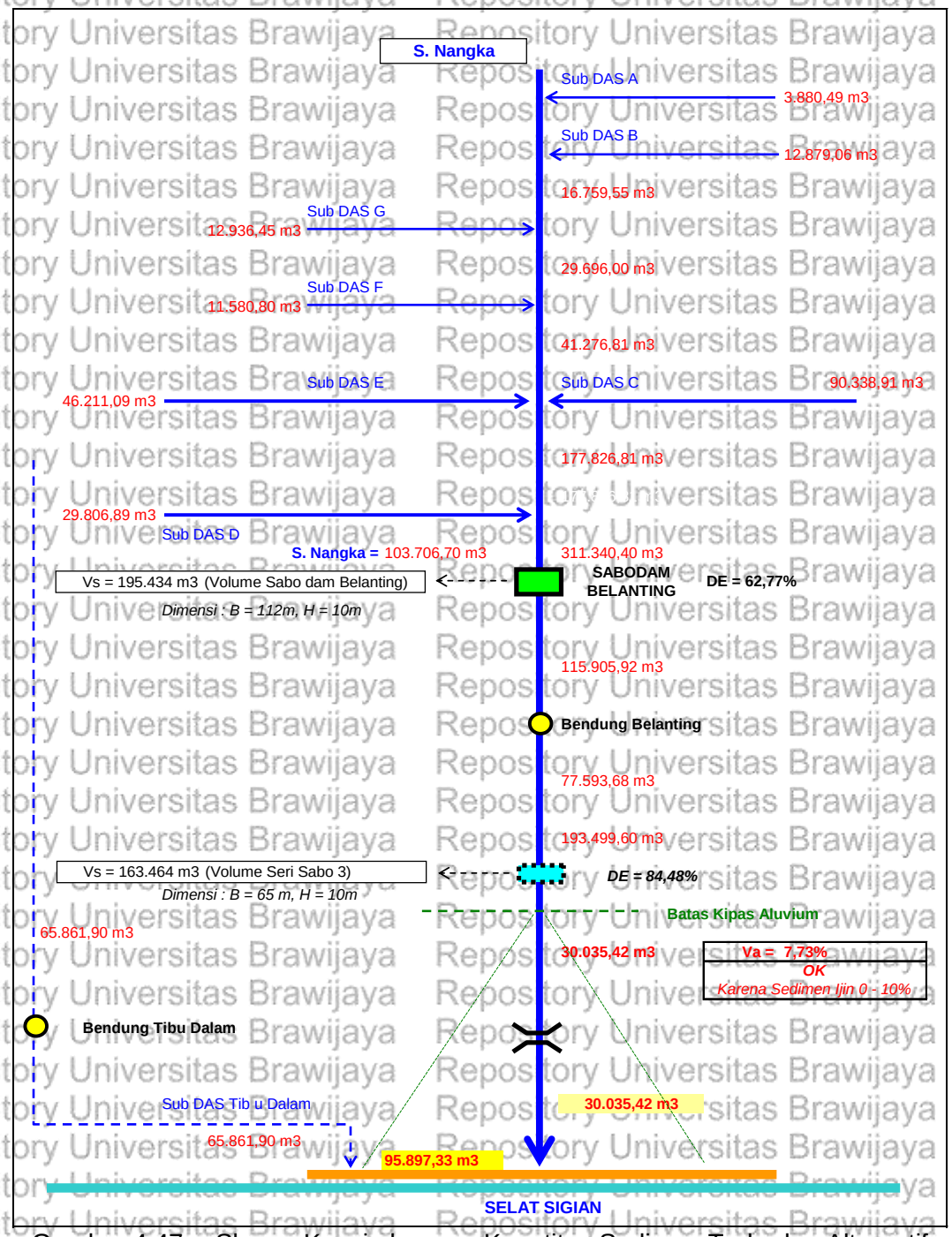
= 1/2 x 8 x 628.71

= 2.514,83 m^2

A2 = 838,28 m^2

Vs = (A1+A2) *Bsungai

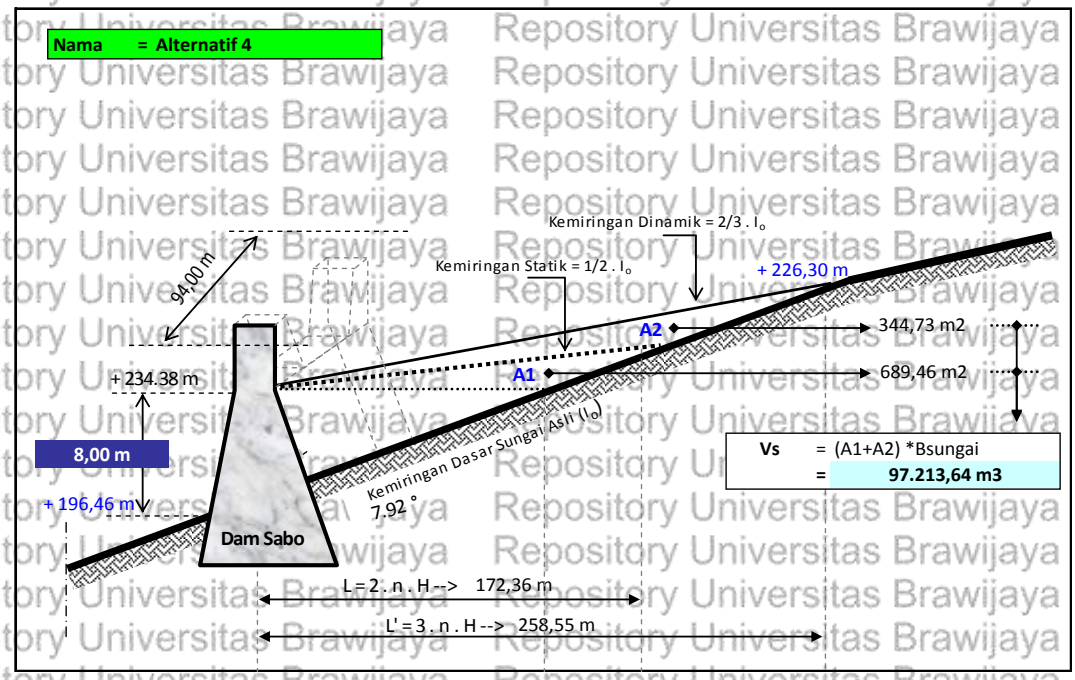
= 163.464,17 m^3



Gambar 4.47. Skema Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Banggunan Pengendali Sedimen pada DAS Nangka Kondisi Alternatif 3.

Pada kondisi Alternatif 3 rencana bangunan sabo terletak dibawah sabo existing yaitu pada koordinat X = 458,562.00 dan Y= 9,081,344.00 dengan ketinggian rencana 10 m dan lebar 65 m sisa kelebihan sedimen adalah sebesar 30.035,42 m^3.

4. Sabo Dam Alternatif 4



PERHITUNGAN :

Tan q = 0,0928

1/n = -->> n = 10,77 m

L = 2 . n . H

= 2 x 11 x 8

= 172,36 m

L' = 3 . n . H

= 3 x 11 x 8

= 258,55 m

A1 = 1/2 . H . L

= 1/2 x 8 x 321,46

= 689,46 m2

S A = A1 + A2

= 1/2 . H . L'

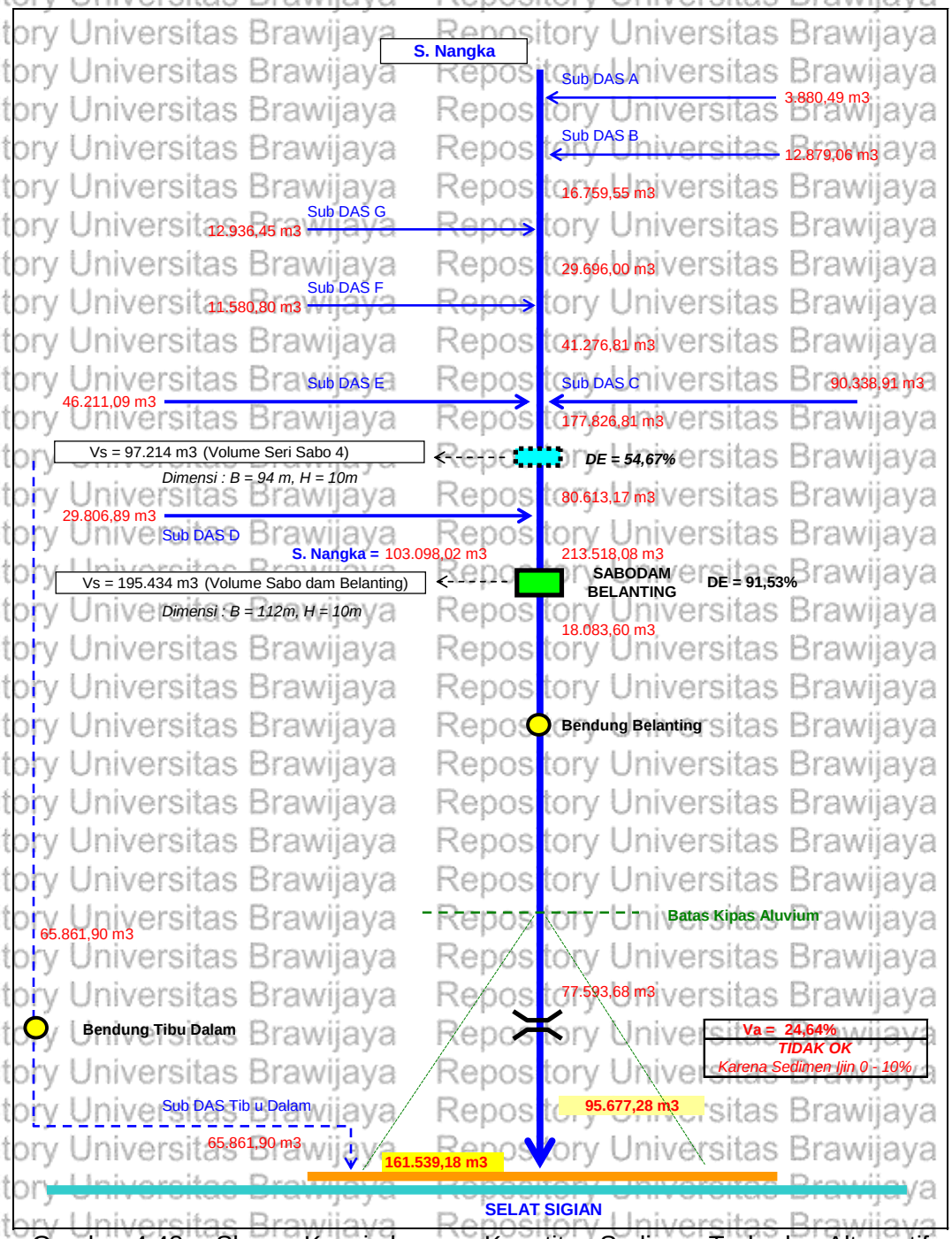
= 1/2 x 8 x 258,55

= 1.034,19 m2

A2 = 344,73 m2

Vs = (A1+A2) *Bsungai

= 97.213,64 m3



Gambar 4.48. Skema Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Bangunan Pengendali Sedimen pada DAS Nangka Kondisi Alternatif 4.

Pada kondisi alternatif 4 rencana bangunan sabo terletak diatas sabo existing yaitu pada koordinat X = 456,983.16 dan Y= 9,079,709.29 dengan ketinggian rencana 10 m dan lebar 94 m sisa kelebihan sedimen adalah sebesar 95.677,28 m^3.

Dari berbagai alternatif tata letak didapatkan jumlah sedimen total yang mampu direduksi paling optimal adalah alternatif 3 sebesar 84.48% dari total sisa sedimen. Jadi Alternatif sabo terpilih adalah sabo Alternatif 3.

4.6 Perencanaan Teknis Bangunan Pengendali Sedimen Debris Flow di DAS Nangka

Dari simulasi Keseimbangan Kuantitas Sedimen Terhadap Alternatif Rencana Banggunan Pengendali Sedimen pada DAS Nangka diatas telah disimpulkan / diputuskan bahwa lokasi terpilih adalah ***BPS Seri Alternatif 3*** tepatnya berada pada posisi koordinat X = 458,562.00 dan Y = 9,081,344.00.

4.6.1. Analisis Kontrol Aliran Massa Sedimen Debris

Analisis kontrol aliran massa sedimen debris pada penelitian ini didasarkan pada (Anonim, SNI 03-2851-1991 Rev-2004 Tata Cara Perencanaan Bendung Penahan Sedimen) dan referensi-referensi terkait.

Data Perhitungan :

A	= 23,75	Km^2	(Luas DAS / catchment area)
Qp	= 190,253	m^3/dt	(debit rancangan kala ulang 50 tahun)
Ø	= 35°		(sudut geser dalam material)
$I_{rata-rata}$	= 0,1263	,maka	(slope sungai dari hulu-hilir DAS)
θ	= 5,35 °		(sudut gradien sungai)
σ	= 2,75	t/m^3	(rapat massa material)
ρ	= 1,00	t/m^3	(rapat massa air)
C*	= 0,60		(konsentrasi sedimen pada dasar sungai)
Cd	= 0,30		(konsentrasi sedimen aliran debris)
CdL	= 1,5 Cd		(koefisien Cd kondisi lapangan)
	= 0,45		

ξ = 5 (koefisien lebar aliran debris)

K = 0,042 (konstanta perhitungan)

d = 1,00 m (diameter rata-rata material debris)

β = 90° (Sudut datang aliran debris)

Hasil Perhitungan :

Debit Puncak Aliran Debris:

$Q_d = (C_*/(C_* - Cd)) \times Q'$

$= (0,60/(0,60 - 0,30)) * 190,253$

$= 380,506\ m^3/dt$

Volume Aliran Debris:

$Vd = 500 \times Qd$

$= 500 \times 380,506$

$= 190.253,00\ m^3$

Lebar Maksimum Aliran Debris:

$Bd = \xi \times Qp^{0,5}$

$= 5 \times 190.253^{0,5}$

$= 68,966\ m$

Debit per Satuan Lebar:

$q = Qp/Bd$

$= 190.253/68,966$

$= 2.759\ m^2/dt$

Debit Aliran Debris per Satuan Lebar:

$q_d = \alpha \times q$

$= (C_*/(C_* - Cd)) \times q$

$= (0,60/(0,60-0,30)) \times 2.759$

$= 5.517\ m^2/dt$

Konstanta kecepatan aliran debris:

$$k1 = \frac{0{,}693 \times \sin\theta^{0,2} \times [(C^*/Cd)^{1/3}-1]^{0,4} \times [Cd+(1-Cd).(\rho/\sigma)]^{0,2}}{(K.\sin\varnothing)^{0,2} \times (1-Cd)^{0,6}}$$

$$= \frac{0{,}693 \times \sin 5{,}35^{0,2} \times [(0{,}6/0{,}3)^{1/3} - 1]^{0,4} \times [0{,}3+(1-0{,}3).(1{,}00/2{,}75)]^{0,2}}{(0{,}042 \times \sin 35{,}00)^{0,2} \times (1-0{,}3)^{0,6}}$$

$$= 0{,}583$$

Kecepatan Aliran Debris:

$$U = k1 \times (q^2/g.d^3)^{0.3} \times g.d$$

$$= 0{,}583 \times (2.759^2/(9{,}81 \times 1.0^3))^{0.3} \times 9{,}81 \times 1{,}0$$

$$= 5.303 \text{ m/dt}$$

Konstanta aliran dan butiran:

$$k2 = \frac{1.443 \times (K.\sin\varnothing)^{0.2}}{\sin\theta^{0.2} \times [(C^*/Cd)^{1/3}-1]^{0.4} \times [Cd+(1-Cd).(\rho/\sigma)]^{0.2} \times (1-Cd)^{0.4}}$$

$$= \frac{1.443 \times (0.042 \times \sin 35.00)^{0.2}}{\sin 5.35^{0.2} \times [(0.6/0.3)^{1/3} - 1]^{0.4} \times [0.3+(1-0.3.(1.00/2.75]^{0.2} \times (1-0.30)^{0.4}}$$

$$= 2.449$$

Kedalaman Aliran Debris:

$$hd = k2 \times (q^2/g.d^3)^{0.3} \times d$$

$$= 2{,}449 \times (2.759^2/(9{,}81 \times 1{,}0))^{0.3} \times 1.0$$

$$= 2{,}269 \text{ m}$$

Tinggi "*up rush*" aliran debris:

$$hu = q_d/U$$

$$= 5.517/5.303$$

$$= 1{,}040 \text{ m}$$

Tinggi Aliran Debris:

$$H = hd + hu$$

= 2,269 + 1,040

= 3,309 m

Panjang Jangkauan Endapan Debris

$$X_L = \frac{U^2}{\{[(\sigma-\rho).g.C_{dL}.\cos\theta.\tan\emptyset]/[(\sigma-\rho).C_{dL}+\rho]\} - g.\sin\theta}$$

$$= \frac{5.303^2}{\{[(2,75-1,00) \times 9,81 \times 0,45 \times \cos 5,35 \times \tan 35,00]/[(2,75-1.00)x0,45 + 1,00]\} - 9,81x\sin 5,35}$$

= 13,404 m

4.6.2. Perencanaan Teknis Dimensi Bangunan Pengendali Sedimen Debris (Sabodam)

Analisis kontrol aliran massa sedimen debris pada penelitian ini didasarkan pada Pd T-18-2004-A tentang Pembuatan peta bahaya akibat aliran debris, Pd T-12-2004-A tentang Perencanaan teknis bendung pengendali dasar sungai, SNI 03-2851-1991 Rev-2004 tentang Tata Cara Perencanaan Bendung Penahan Sedimen, dan referensi-referensi terkait lainnya.

Data Perhitungan :

Qp = 190,253 m^3/dt (debit rancangan kala ulang 50 tahun)

Qd = 380,506 m^3/dt (debit puncak aliran debris)

C = 0,60 (koefisien debit)

Cd = α = 0,30 (konsentrasi sedimen aliran debris)

n = 0,025 (koefisien kekasaran beton)

B1 = 58,00 m (lebar pelimpah sabo)

Hd = 8,00 m (tinggi efektif sabo)

H1 = 9,00 m (beda tinggi antara pelimpah dengan permukaan tanah keras di hilir Sabo)

m1 = 0,50 (kemiringan talud kiri pelimpah)

m2 = 0,50 (kemiringan talud kanan pelimpah)

d = 1,00 m (diameter maksimum bolder)

i = 0,040 , maka (slope sungai di letak site Sabo Dam)

θ = 2,291° (sudut gradien sungai di letak site Sabo Dam)

g = 9,81

Hasil Perhitungan :

1. Dimensi Peluap

A. Debit yang melalui pelimpah trapesium Sabo Dam

Debit rencana yang melalui pelimpah Sabo Dam, terdapat 50% campuran sedimen

Qd = (1 + Cd) x Qp

= (1 + 0.30) x 190.253

= 247,329 m^3/dt

Tinggi muka air diatas pelimpah

Q = $2/15 \times C \times \sqrt{2}.g \times (3.B_1 + 2.B_2) \times h_1^{3/2}$

= $2/15 \times C \times \sqrt{2}.g \times (5.B_1 + 2h_1m_1 + 2h_1m_2) \times h_1^{3/2}$

247,329 = $2/15 \times 0,6 \times (2x9,81)^{0.5} \times (5x58,0 + 2xh1x0,5 + 2xh1x0,5) \times h1^{3/2}$

maka tinggi muka air banjir yang melalui pelimpah trapesium adalah :

h_1 = 1,78 m

= 1,80 m

Lebar muka air banjir

b_2 = $B_1 + h_1.(m_1+m_2)$

= 58,00 + 1,80 x (0,50+0,50)

= 59,80 m

B. Tinggi jagaan Sabo Dam (*freeboard*)

Tinggi jagaan Sabo Dam (*freeboard*) dari ketentuan tinggi jagaan sabo dam dengan debit rancangan

Tabel 4.16 Tinggi Jagaan Pada Peluap

Debit Desain (m^3/dt)	50	50 - 100	100 - 200	200 - 500	500 – 2000
Tinggi jagaan (meter)	0,6	0,8	1	1,2	1,5

Sumber : *Pd T-12-2004-A*

maka berdasarkan ketentuan di atas pilih nilai tinggi jagaan Sabo Dam

h_2 = 1,20 m (standart)

Tinggi puncak Sabo Dam dari pelimpah (*height of crest*)

Hc = $h_1 + h_2$

= 1,8 + 1,2

= 3,00

≈ 3,00 m

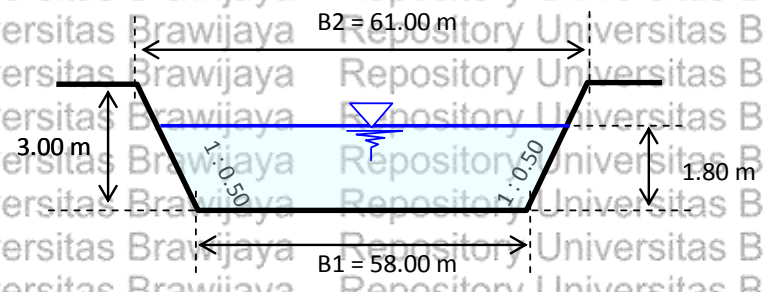
Lebar atas pelimpah

B_2 = $B_1 + Hc.(m_1+m_2)$

= 58,00 + 3,00 x (0,50+0,50)

= 61,000 m

Diameter maksimum material bolder pada aliran debris adalah 1.00 m, dipilih nilai terbesar antara Hc dan d, sehingga tinggi pelimpah terbuka adalah 3,00 m



Gambar 4.49. Penampang Melintang Pelimpah Trapesium Sabo Dam

Cek tinggi pelimpah dengan debit puncak aliran debris yang melalui pelimpah

hf = $[(n.Qd)/(B.\sin\theta^{1/2})]^{3/5}$

= $[(0.025x380,506)/(58,00x\sin 2,291^{0.5})]^{3/5}$

= 0,888 m

maka :

3,000 > 0,888 OK!

C. Ketebalan ambang pelimpah Sabo Dam (*thickness of crest*)

Dari ketentuan ketebalan ambang pelimpah sabo dam dengan jenis material dasar sungai

Tabel 4.17 Penentuan Lebar Mercu

Lebar Mercu : b	1,50 – 2,00 m	3,00 – 4,00 m
Sedimen	Pasir dan kerikil atau kerikil Dan batu-batu kecil	Batu – batu besar
Sifat Hidrolik Aliran	Gerakan mandiri (lepas)	Gerakan massa (*debris flow*)

Sumber : *Pd T-12-2004-A*

maka berdasarkan ketentuan di atas, dipilih nilai ketebalan ambang pelimpah Sabo Dam :

W = 3,00 m (standart)

2. Dimensi Kemiringan Tubuh Dam (SNI 03-2851-1991 Rev. 2004)

A. Kemiringan lereng tubuh Sabo Dam direncanakan

Lereng hilir bangunan sabo (*downstream slope*)

n = 0,20 (standart)

nilai tersebut merupakan standart sabo dam, yang ditentukan dengan mempertimbangkan tubrukan dan goresan yang diakibatkan oleh material debris.

Lereng hulu sabo dam (upstream slope) dimana H < 15 m, menggunakan rumus sebagai berikut : (*SNI 03-2851-1991 Rev. 2004, Halaman 13*)

$$(1+\alpha)\, m^2 + [2(n+\beta) + n\,(4\alpha+\gamma) + 2\,\alpha\,\beta]\, m - (1+3\alpha) + \alpha\,\beta\,(4n+\beta) + \gamma\,(3n\beta+\beta^2 + n^2) = 0$$

dengan :

α = h3/Hd = 0,15 m

β = b1/Hd = 7,25 m

γc = Berat bahan = 0,025 ton/m^3 (Pasangan Batu)

γ = $\gamma c/\gamma_0$ = 0,021 ton/m^3

γ_0 (berat isi aliran 1,0 - 1,2)

m = 0,635

sehingga:

$$(1+\alpha)\, m^2 + [2(n+\beta) + n\,(4\alpha+\gamma) + 2\,\alpha\,\beta]\, m - (1+3\alpha) + \alpha\,\beta\,(4n+\beta) + \gamma\,(3n\beta+\beta^2 + n^2) = 0$$

dengan Triall and Error, diperoleh : m = 0,635 Agar tubuh sabo aman terhadap guling, geser dan daya dukung maka direncanakan kemiringan hulu dam m = 0,60

3. Dimensi Pondasi Sabo

A. Kedalaman Pondasi Sabo Dam

Dari ketentuan kedalaman pondasi dengan jenis material bawah permukaan tanah letak rencana sabo dam dibangun.

Tabel 4.18 Standart Penetrasi Pondasi Kedalaman Tanah (D)

Material Dasar		Kedalaman minimum penetrasi		
Pasir dan Kerikil (Sand-Gravel)		Minimum	2.00	m
Batuan	Batuan lunak (Soft rock)		2.00	m
	Batuan keras (Hard rock)		1.00	m

Sumber : *Technical Standart and Guidelines for Planning and Design, JICA.*

dari pengamatan dilapangan diperoleh informasi bahwa Jenis tanah = Batuan Lunak hingga Pasir berkerikil - Breksi Vulkanik. Dari ketentuan diatas, maka kedalaman pondasi sabo dam adalah :

D = 2.00 m (standart)

- Koperan (*Cut-off*)

Metode koperan (cut-off) diterapkan jika kemiringan dasar sungai / Slope terlalu curam (Anonim, ISBN:978-602-96989-4-7 Desain bangunan pengendali sedimen (Desain Sabo) 2012:46). Sehingga dalam perencanaan ini:

- Tinggi tubuh utama Sabo Dam

H = Hd + D

= 8,00 + 2,00

= 10,00 m

- Lebar kaki pondasi hilir :

L_1 = H x n

= 10,00 x 0,20

= 2,00 m

- Tumit pondasi hilir

Lt_1 = L_1 - Hd.n

= 2,00 – 8,00x0,20

= 0,40 m

- Lebar kaki pondasi hulu

L_2 = H x m

= 10,00 x 0,60

= 6,00 m

- Tumit pondasi hulu

Lt_2 = L_2 - Hd.m

= 6,00 – 8,00x0,60

= 1,20 m

- Sayap Sub Dam (*wing of sabo dam*)

Kemiringan talud sayap bangunan sabo yang direncanakan untuk aliran debris adalah slope rata-rata dasar sungai :

I = 0,040

Ketentuan untuk panjang sayap sabo dam adalah kebalikan (inverse) dari slope rata-rata sungai dikalikan kemiringan talud sayap pelimpah :

Lw = n x m_1

n = 1/i = 1/0,04

= 25,00

Lw = 25,00 x 0,04

= 1,00 m

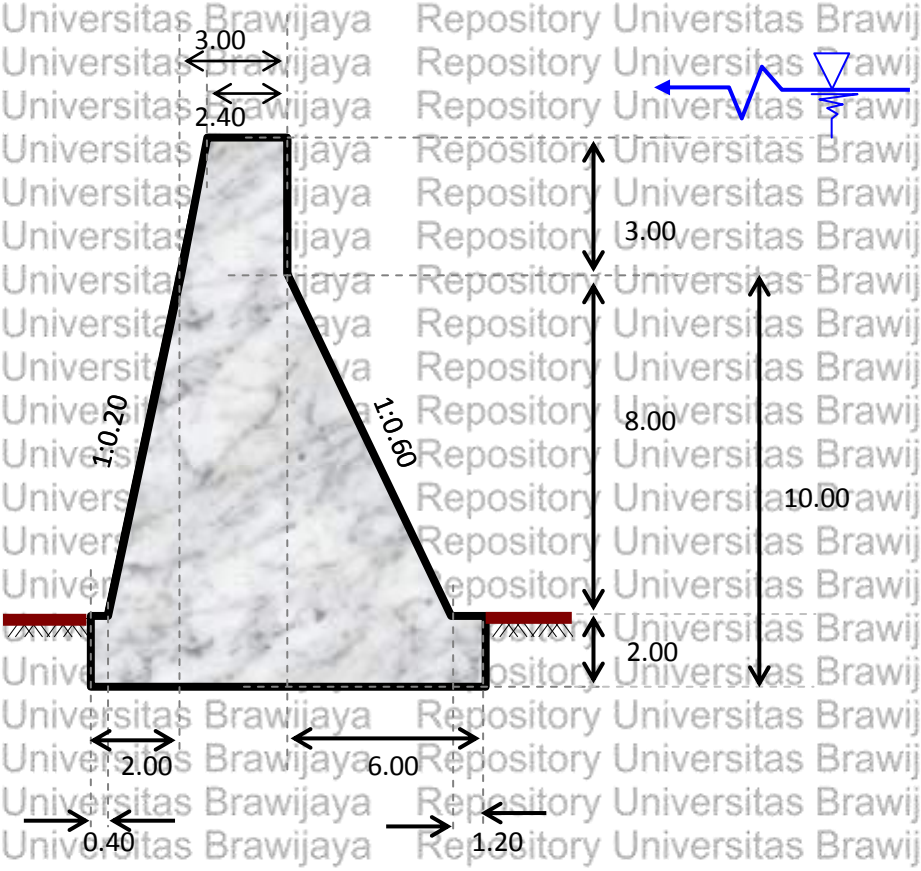
≈ 1,00 m

Ketebalan sayap sabo nilainya boleh kurang dari ketebalan puncak pelimpah, ini akan diputuskan dengan mempertimbangkan keamanan struktur bangunan sabo. Dengan ketentuan tebal sayap sabo minimum 2 m dan tidak lebih dari ketebalan puncak pelimpah, maka direncanakan tebal sayap sabo :

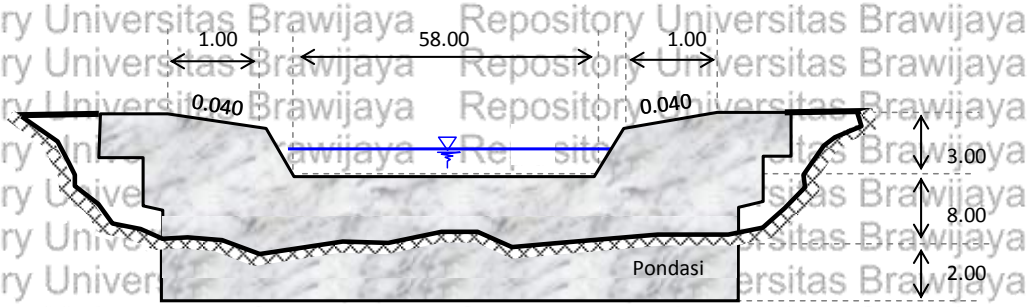
w = W - n.Hc

= 3,00 – 0,20x3,00

= 2,40 m



Gambar 4.50. Dimensi tubuh utama Sabo Dam



Gambar 4.51. Penampang melintang sayap Sabo Dam

4. Dimensi Sub Sabo

- Jarak antara Sabo Dam dengan sub sabo dam

L = 1,5 x (H_1+h_1)

= 1,5 x (9,00+1,80)

= 17,700 m

≈ 18,00 m

- Tinggi sub sabo dari pondasi Sabo Dam utama

H_2 = 1/4 x H

= 1/4 x 10,00

= 2,50 m

- jadi tinggi sub sabo dari permukaan apron

n_a = H_2 – D

= 2,50 – 2,00

= 0,50 m

- Tebal puncak sub sabo dam

t = 0,1 x (0,6H_1 +3h_1 - 1)

= 0,1 x (0,6x9,00 + 3x1,78 -1)

= 0,974 m

≈ 1,00 m

Tabel 4.19 Kedalaman pondasi sub sabo dam ditentukan berdasarkan jenis material tanah bawah permukaan

Jenis Tanah	Kedalaman pondasi Sub Sabo
Pasir dan Kerikil	1,50 m
Batuan lunak	1,00 m
Batuan keras	0,50 m

Sumber : *Desain bangunan pengendali sedimen (Desain Sabo), 2012 (ISBN:978-602-96989-4-7), Hal.59*

Jenis tanah = Batuan Lunak

dari ketentuan diatas, maka kedalaman pondasi sub sabo dam adalah

I = 1,00 m

Prinsip perencanaan dimensi sub sabo dam pada dasarnya sama dengan sabo dam utama, dimana kemiringan lereng hilir sub sabo dam adalah 0,20

dengan lereng hulu sub sabo berupa dinding tegak lebar bukaan aliran sub sabo dam adalah 58,00 m dengan tinggi tanggul bukaan 1,20 m .

- Apron Sabo Dam (SNI 03-2851-1991 Rev. 2004)

Jika rencana apron membentuk level horizontal dengan permukaan tanah, maka panjang apron :

La = 1,5 x (H1+h1) - n.H

= 1,5 x (9,00+1,78) – 0,20x10,00

= 14,172 m

≈ 14,00 m

Tebal lantai apron (SNI 03-2851-1991 Rev. 2004)

Mengingat jenis site sabo terletak pada Batuan Lunak, maka tebal apron dihitung dengan rumus empiris:

ta = 0,1 x (0,6H1 +3h1 - 1)

= 0,1 x (0,6x9,00 + 3x1,78 -1)

= 0,974 m

≈ 1,00 m

Berdasarkan standart minimum tebal apron untuk dasar pasir dan kerikil adalah 1,00 m, maka penetapan tebal apron harus mengacu pada tabel berikut :

Tabel 4.20 Tebal Apron Untuk Lapisan Dasar Pasir & Kerikil

Tinggi dam utama (Hm)	6	7	**8**	9	10
Tebal Apron (t_0)	1,0 m	1,0 m	**1,2 m**	1,2 m	1,5 m
Tinggi dam utama (Hm)	11	12	13	14	15
Tebal Apron (t_0)	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	2,0 m

Sumber : *Technical Standart and Guidline for Planning and Design Sabo, JICA March 2002*

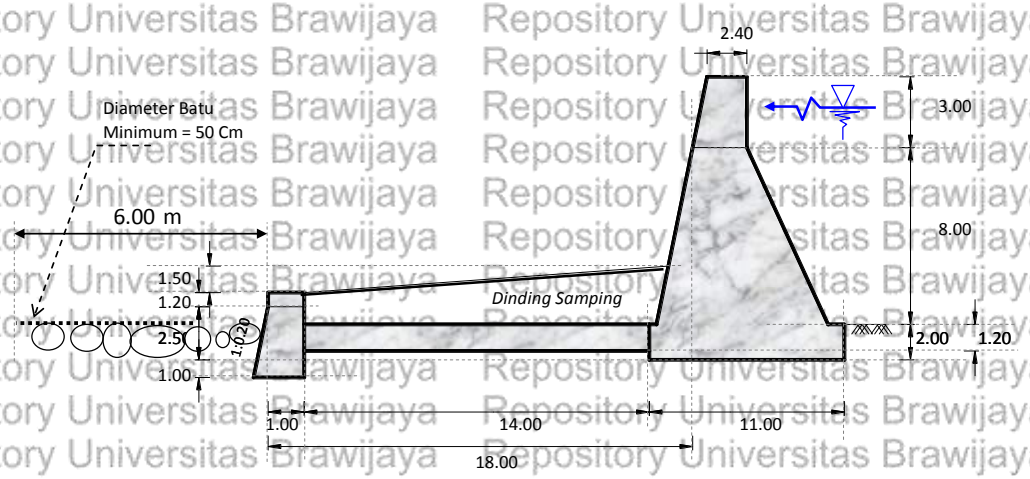
sehingga dari tabel diatas ditetapkan tebal apron: 1,20 m

Jadi tinggi sub sabo dari dasar apron

H_2' = H_2 + I

= 2,50 + 1,00

= 3,50 m



Gambar 4.52. Dimensi Sabo Dam dengan apron dan sub sabo dam

5. Perkuatan Dinding Samping (*side wall revetment*)

Kedalaman penetrasi sayap dinding vertikal kedalam tanah tergantung pada jenis material tanah dasarnya, yaitu : Breksi volkanik untuk perencanaan Perkuatan Dinding Samping (*side wall revetment*) mengikuti tabel standart berikut :

Tabel 4.21 Penetrasi Sayap Dinding Vertikal Kedalam Tanah

NOTASI	PENETRASI KEDALAM TANAH		
	Pasir & Kerikil	Batuan Lunak	Batuan Keras
b1	≥ 2,0 m	≥	≥
B2	2,0 m	1,50 – 2,0 m	1,0 m
B3	2,0 m	1,0 m	0,5 m
B4	≥ 1,0 m	≥ 0,5 m	≥ 0,5 m
M	Tergantung kondisi geologi tanah dasarnya	0,5	0,5

Sumber : *Technical Standart and Guidline for Planning and Design Sabo, JICA March 2002*

Dengan kondisi batuan dasar pada Site Bangunan berupa Batuan Keras, maka dimensi perkuatan dinding samping sebagai beikut :

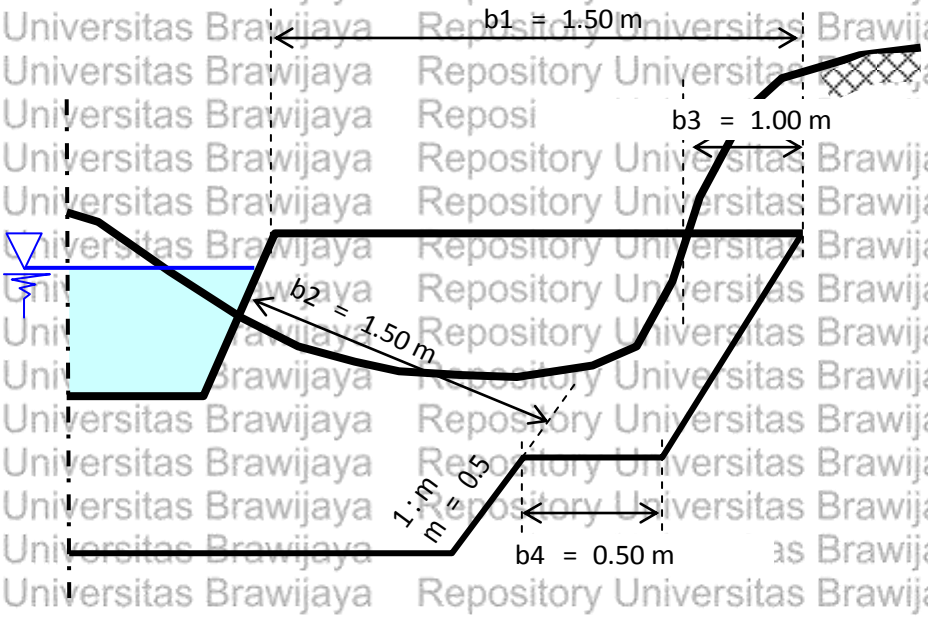
b1 = 1,50 m

b2 = 1,50 m

b3 = 1,00 m

b4 = 0,50 m

m = 0,5



Gambar 4.53. Gambar Perkuatan Dinding Samping Pada Apron Sabo Dam

6. Dimensi Proteksi Depan Bangunan

Dalam usaha melindungi dam sabo dari ancaman gerusan lokal yang terjadi tepat di sebelah hilir bangunan sub sabo untuk dasar sungai pasir dan kerikil dilakukan dengan menempatkan batu-batu besar.

Panjang perlindungan dasar sungai yang diperlukan menggunakan Rumus "BRAY" :

C_{bray} = 5 berdasarkan tabel

L = $3 \times C \times ((1/3) . H1)^{0,5} \times ((q/7) - L1)$

= 6.16 m

≈ 6.00 m

Tabel 4.22 Koefisien Bray

MATERIAL PONDASI	KOEFISIEN BRAY (C)
Pasir dan lanau (silt) diameter 0,1 – 0,05 mm	18
Pasir diameter 0,25 – 0,1 mm	15
Pasir diameter 0,5 – 0,25 mm	12 – 15
Pasir diameter 1,0 – 0,5 mm	12
Campuran kerikil dan pasir	9
Batu, kerikil dan pasir	4 – 6

Sumber : *Desain bangunan pengendali sedimen (Desain Sabo), Ir.Pitoyo S, 2012 (ISBN:978-602-96989-4-7), Hal.62*

7. Dimensi Lubang Air (*Drain Holes*)

(Anonim, Desain bangunan pengendali sedimen (Desain Sabo, ISBN:978-602-96989-4-7, 2012 Hal.50-51)

Selain ukuran dan bentuk lubang, lokasi lubang alir harus ditentukan sedemikian rupa guna memenuhi tujuan dibuatnya lubang alir tersebut, tanpa mengurangi stabilitas bangunan.

Pertimbangan penetapan lokasi lubang alir adalah sebagai berikut :

Lubang alir harus terletak dekat dasar sungai, dengan maksud untuk mengalirkan aliran banjir.

1. Jarak vertikal maupun horizontal setiap lubang alir minimum 2,00 m.
2. Posisi lubang alir harus simetris terhadap sumbu vertikal pelimpah.
3. Lubang alir harus berada didalam pelimpah.
4. Banyaknya lubang alir minimum 3 buah, sedangkan banyaknya lubang alir ditetapkan berdasarkan debit air yang biasa terjadi.

   Ditetapkan jumlah lubang : 10 buah
5. Ukuran lubang alir lingkaran atau kotak minimum 0,60 dan 0,50 m.

   Ditetapkan diameter lubang : 0,50 m

Data Perhitungan :

Diameter Drain Ditentukan = 0.50 m

Jarak Drain Holes ke Dasar Sungai = 1.00 m

Tinggi muka air banjir = 8.00 m

Nilai Rerata Koefisien Debit = 0.62 (Ketetapan)

Hasil Perhitungan :

- Luas penampang lubang drain holes

$A = 3.14 (R^2)$

$= 3.14 \times 0.25^2$

$= 0.196\ m^2$

- Keliling basah drain holes

$P = 2 \times 3.14 \times r.$

$= 2 \times 3.24 \times 0.25$

$= 1.57\ m^2$

- Jari-jari hidrolis drain holes

$R = A / P$

$= 0.196 / 1.57$

$= 0.193\ m^2$

- Kecepatan aliran dalam lubang drain holes

$V = Cd \times (2xgxH)^{0.5}$

$= 0.62*(2*9.81*0.50)^{0.5}$

$= 1.94\ m^2/dtk$

- Debit tiap drain holes

$Qdh = A \times V$

$= 0,196 \times 1,94$

= 0,38 m^3/dtk

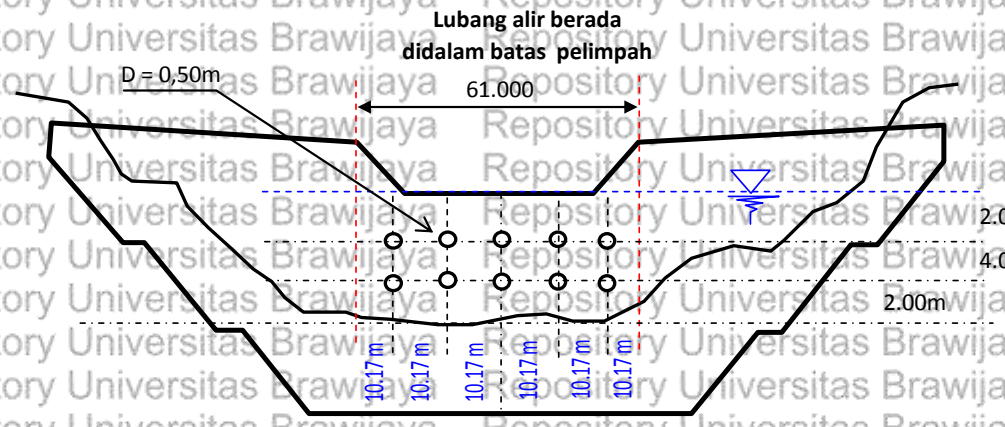
- Jumlah minimum drain holes

N = Q2 / Qdh

= 1,39 / 0,38

= 3,66 buah

= 4,00 buah



Gambar 4.54. Sketsa Desain Drain Holes Sabodam Kontrol

4.6.3. Analisis Stabilitas Bangunan Sabo

4.6.3.1. Main Dam Sabo

Data Perhitungan :

Dimensi Sabo

H	=	13,00	m	(tinggi Sabo dam)
Hd	=	8,00	m	(tinggi efektif Sabo dam)
D	=	2,00	m	(kedalaman pondasi)
W	=	3,00	m	(tebal pelimpah)
h1	=	1,80	m	(tinggi muka air banjir)
Hc	=	3,00	m	(tinggi pelimpah)
n	=	0,20		(kemiringan lereng hilir sabo)

m	=	0,60		(kemiringan lereng hulu sabo)
L1	=	2,40	m	(lebar kaki pondasi hilir sabo)
L2	=	7,20	m	(lebar kaki pondasi hulu sabo)
B	=	12,60	m	(lebar pondasi Sabo dam)
L	=	58,00	m	(panjang melintang Sabo dam)
K.S	=	Pasangan Batu		(konstruksi tubuh sabo)
γ sabo	=	2,20	t/m^3	(berat jenis konstruksi sabo)
K.w	=	Beton		(konstruksi tubuh sayap)
γ sayap	=	2,35	t/m3	(berat jenis konstruksi sayap)
σ	=	2,75	t/m^3	(berat jenis material)
ρ	=	1,00	t/m^3	(berat jenis air)
Kf. Gempa	=	0,11		

Data debris

Qd	=	380,506	m^3/dt	(debit puncak aliran debris)
Cd	=	0,30		(konsentrasi sedimen aliran debris)
hd	=	2,27	m	(tinggi aliran debris)
vd	=	5,30	m/dt	(kecepatan aliran debris)
SFG	=	1,50		(faktor keamanan guling dan daya dukung)
SFS	=	1,20		(faktor keamanan geser)

Dengan nilai Ø dari tabel faktor daya dukung Terzaghi didapat :

Nc	=	63,57
Nq	=	51,32
Nγ	=	82,86

Perhitungan :

Berat volume tanah jenuh (saturated) :

γ sat = [ρ.(Gs+Kv)]/(1+Kv)

= [1.00 x (2.63+0.40)/(1+0.40)

= 2,164 t/m^3

γ' = γ sat - γ air

= 2,164 – 1

= 1,164 t/m^3

Berat jenis campuran lumpur, pasir dan kerikil di daerah akumulasi sedimen

ρs = 0.6 x (σ-ρ)

= 0,6 x (2,75-1,00)

= 1,05 t/m^3

Berat jenis material debris

ρd = σ.Cd + ρ(1-Cd)

= 2,75x0,30 + 1,00x(1-0,30)

= 1,525 t/m^3

Berat jenis campuran lumpur, pasir dan kerikil dalam aliran debris

ρf = ρd - ρ

= 1,53 – 1,00

= 0,53 t/m^3

Gaya hidrostatis aliran debris

Fd = (ρd/g).hd.vd2

= (1,53/9,81) x 2,27 x 5,30^2

= 9.921 t/m

Koefisien tekanan tanah aktif

Ka = (1-sinØ)/(1+sinØ)

= (1-sin38.34)/(1+38.34)

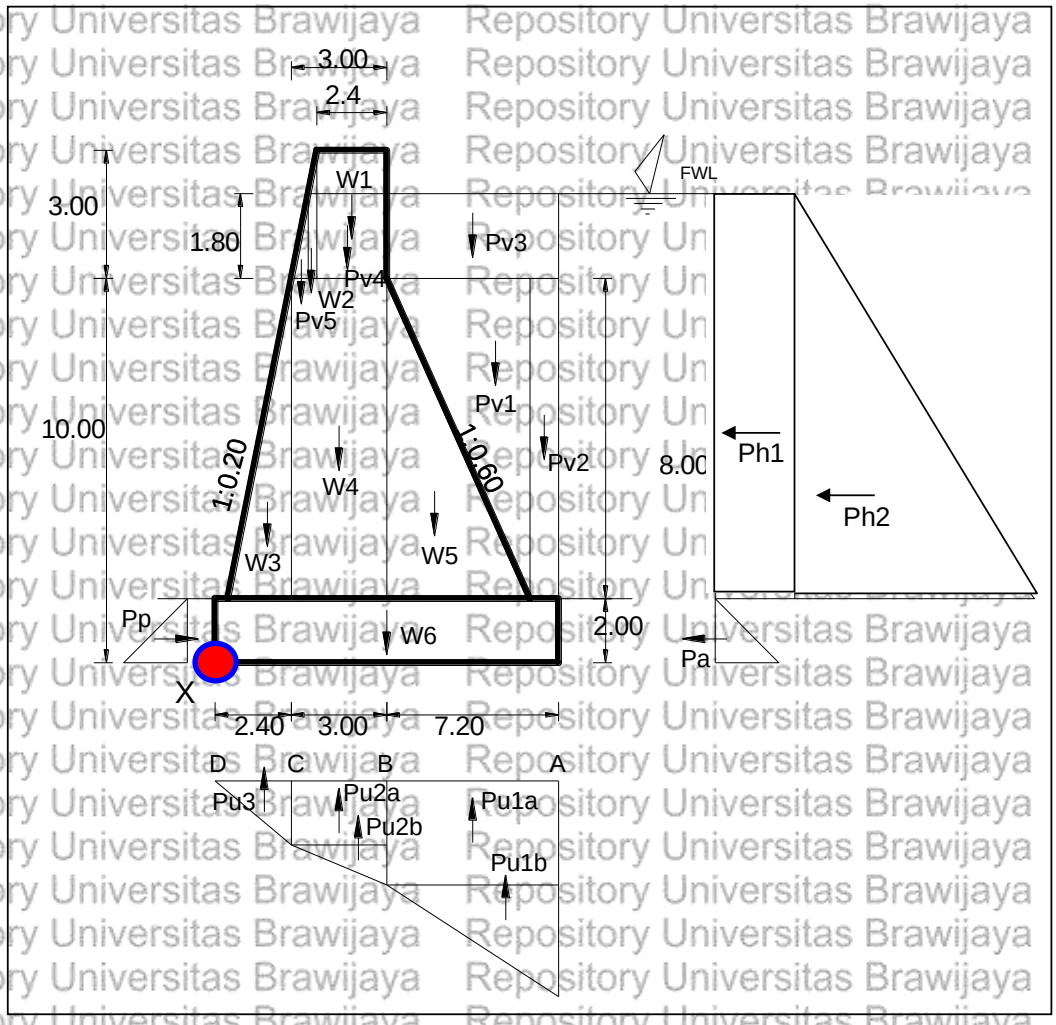
= 0,234

Koefisien tanah pasif :

Kp = 1/Ka

= 1/0,234

= 4,268



Gambar 4.55. Gaya-gaya yang bekerja pada Sabo dam Sabo Dam Kondisi Banjir Rencana

Tabel 4.23 Perhitungan Uplift Sabo Dam

Titik	Rembesan			Lw	Hw	ΔH = Lw/Cw	P = H - ΔH
	V	H	1/3.H				
A				0.00	14.80	0.00	14.80
	0.00	7.20	2.40				
B				2.40	14.80	8.46	6.34
	0.00	3.00	1.00				
C				3.40	14.80	11.98	2.82
	0.00	2.40	0.80				
D				4.20	14.80	14.80	0.00

Tabel 4.24 Gaya akibat Berat Sendiri dan Momen terhadap Titik tinjau Sabo dam

Notasi	Volume (m^3)						Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Tahan (t.m)
W1	3.00	x	2.4		=	7.20	2.35	16.92	6.00	101.52
W2	3.00	x	0.60	x 0.5	=	0.90	2.35	2.12	2.80	5.92
W3	8.00	x	2.40	x 0.5	=	9.60	2.20	21.12	1.60	33.79
W4	8.00	x	3.00		=	24.00	2.20	52.80	3.90	205.92
W5	8.00	x	4.80	x 0.5	=	19.20	2.20	42.24	7.00	295.68
W6	2.00	x	12.60		=	25.20	2.20	55.44	6.30	349.27
Total								**190.64**		**992.11**

Tabel 4.25 Gaya Akibat Gempa Sabo Dam

Notasi	Volume (m^3)					Lengan (m)	Momen (t.m)
E1	16.92	x	0.11	=	1.91	11.50	21.99
E2	2.12	x	0.11	=	0.24	11.00	2.63
E3	21.12	x	0.11	=	2.39	4.67	11.14
E4	52.80	x	0.11	=	5.97	6.00	35.80
E5	42.24	x	0.11	=	4.77	4.67	22.27
E6	55.44	x	0.11	=	6.26	1.00	6.26
Total					**21.54**		**100.09**

Tabel 4.26 Gaya Vertikal Hidrostatis Sabo Dam Pada Kondisi Banjir Rencana

Notasi	Volume (m^3)						Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Tahan (t.m)
Pv1	8.00	x	4.80	x 0.5	=	19.20	1.00	19.20	8.60	165.12
Pv2	8.00	x	2.40		=	19.20	1.00	19.20	11.52	221.18
Pv3	1.80	x	7.20		=	12.96	1.00	12.96	9.00	116.64
Pv4	1.80	x	2.64		=	4.75	1.00	4.75	8.52	40.49
Pv5	1.80	x	0.36	x 0.5	=	0.32	1.00	0.32	2.64	0.86
Total								**56.44**		**544.29**

Tabel 4.27 Gaya Horizontal Aktif Sabo Dam Pada Kondisi Banjir Rencana

Notasi	Volume (m^3)							Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Guling (t.m)
Ph1	9.80	x	1.80		=	17.64		1.00	17.64	6.90	121.72
Ph2	9.80	x	9.80	x 0.5	=	48.02		1.00	48.02	5.27	252.91
Pa	2.00	x	2.00	x 0.5 x 0.234	=	0.47		2.16	1.01	0.67	0.68
Total									**66.67**		**375.30**

Tabel 4.28 Gaya Horizontal Pasif Sabo Dam

Notasi	Volume (m^3)							Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Tahan (t.m)
Pp	2.00	x	2.00	x 0.5 x 4.268	=	8.54		2.16	18.47	0.67	12.32
Total									**18.47**		**12.32**

Tabel 4.29 Tekanan Uplift Sabo Dam

Notasi	Volume (m^3)						Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Guling (t.m)
Pu1a	6.34	x	7.20			= 45.67	1.00	45.67	6.60	301.41
Pu1b	8.46	x	7.20	x	0.5	= 30.45	1.00	30.45	8.40	255.74
Pu2a	2.82	x	3.00			= 8.46	1.00	8.46	4.50	38.06
Pu2b	3.52	x	3.00	x	0.5	= 5.29	1.00	5.29	4.40	23.26
Pu3	2.82	x	2.40	x	0.5	= 3.38	1.00	3.38	1.60	5.41
Total								**93.24**		**623.88**

Tabel 4.30 Gaya vertikal hidrostatis dan material sedimen Sabo dam pada kondisi aliran debris

Notasi	Volume (m^3)						Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Tahan (t.m)
Pev1	5.73	x	4.64	x	0.5	= 13.29	1.05	13.96	9.85	137.52
Pev2	5.73	x	1.20			= 6.88	1.05	7.22	10.80	77.99
Pd1	2.27	x	5.84			= 13.25	1.53	20.20	9.68	195.59
Pd2	2.27	x	1.36	x	0.5	= 1.54	1.53	2.36	6.31	14.86
Pv1	5.73	x	4.64	x	0.5	= 13.29	1.00	13.29	9.85	130.97
Pv2	5.73	x	1.20			= 6.88	1.00	6.88	10.80	74.27
Pv3	1.80	x	7.20			= 12.96	1.00	12.96	9.00	116.64
Pv4	1.80	x	2.64			= 4.75	1.00	4.75	4.08	19.39
Pv5	1.80	x	0.36	x	0.5	= 0.32	1.00	0.32	2.64	0.86
Total								**81.94**		**768.08**

Tabel 4.31 Gaya Horizontal Hidrostatis Dan Material Sedimen Sabo Dam Pada Kondisi Aliran Debris

Notasi	Volume (m^3)								Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Guling (t.m)
PeH1	5.73	x	5.84	x	0.5		= 16.73		1.05	17.57	3.91	68.69
PeH2	5.73	x	5.73	x	2.27	x 0.30	= 22.36		0.53	11.74	4.87	57.11
F										9.92	8.87	87.95
Ph1	5.73	x	5.73	x	0.5		= 16.42		1.00	16.42	3.91	64.21
Ph2	5.73	x	2.27				= 13.00		1.00	13.00	4.87	63.27
Pa	2.00	x	2.00	x	0.5	x 0.234	= 0.47		2.16	1.01	0.67	0.68
Total										**69.66**		**341.91**

Tabel 4.32 Momen dan Gaya analisa stabilitas kondisi banjir rencana Sabo dam

Gaya Vertikal		Gaya Horizontal		Momen Tahan	Momen Guling
ke Atas	ke Bawah	Aktif	Pasif	M_T	M_G
93.24	190.64	66.67	18.47	992.11	623.88
	56.44			544.29	375.30
93.24	247.07	66.67	18.47	1,536.39	999.18
153.83		48.20		537.21	
Ke Bawah		**Aktif**		**Momen Tahan**	

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 4.33 Momen dan Gaya analisa stabilitas kondisi aliran debris Sabo dam

Gaya Vertikal		Gaya Horizontal		Momen Tahan	Momen Guling
ke Atas	ke Bawah	Aktif	Pasif	M_T	M_G
93.24	190.64	69.66	18.47	992.11	623.88
	81.94			768.08	311.91
93.24	272.58	69.66	18.47	1,760.18	935.79
179.34		51.19		824.39	
Ke Bawah		**Aktif**		**Momen Tahan**	

Tabel 4.34 Momen dan Gaya Analisa Stabilitas Kondisi Banjir Rencana Sabo Dam Dengan Gempa

Gaya Vertikal		Gaya Horizontal		Momen Tahan	Momen Guling
ke Atas	ke Bawah	Aktif	Pasif	M_T	M_G
93.24	190.64	66.67	18.47	992.11	623.88
	56.44	21.54		544.29	375.30
21.54					100.09
114.78	247.07	88.22	18.47	1,536.39	1,099.27
132.29		69.74		437.12	
Ke Bawah		**Aktif**		**Momen Tahan**	

Tabel 4.35 Momen dan Gaya Analisa Stabilitas Kondisi Aliran Debris Sabo Dam Dengan Gempa

Gaya Vertikal		Gaya Horizontal		Momen Tahan	Momen Guling
ke Atas	ke Bawah	Aktif	Pasif	M_T	M_G
93.24	190.64	69.66	18.47	992.11	623.88
	81.94	21.54		768.08	311.91
21.54					100.09
114.78	272.58	91.21	18.47	1,760.18	1,035.88
157.79		72.73		724.30	
Ke Bawah		**Aktif**		**Momen Tahan**	

A. Tanpa Gempa

Kontrol Stabilitas Sabo dam pada Kondisi Banjir

1. Stabilitas terhadap Guling

FG = ΣMT/ΣMG

= 1,536.39/999.18

= 1,54 ≥ 1,50 AMAN!

2. Stabilitas terhadap Geser

Tanah dasar Ø = 38 . Bila dasar pondasi dianggap sangat kasar, maka δb = Ø = 38.

Fs = ΣV.tan δb/ΣH

= 153,83.tan 38/48,201

= 2,52 ≥ 1,20 AMAN!

3. Stabilitas terhadap Daya Dukung

qult = c.Nc + γsat.D.Nq + 0.5.B.γsat.Nγ

= 1,00x63,57 + 1,164x2,00x51,32 + 0,5x12,600x1,164x82,86

= 790,883 t/m^2

σijin = qult/SF

= 790,883/3,0

= 263,628 t/m^2

Jumlah Momen

ΣM = ΣMT - ΣMG

= 1.536,39 – 999,18

= 537,21 t.m

Jumlah Gaya Vertikal yang bekerja

ΣV = ΣVB - ΣVA

= 190,64 – 93,24

= 153,83 ton

Titik kerja resultan Gaya

x = ΣM/ΣV

= 537,211 / 153,831

= 3,492 m dari X (titik refrensi)

Eksentrisitas

e = | x - (B/2) |

= | 3,492 - (12,600/2) |

= 2,808

Daya dukung pada dasar Sabo dam untuk :

σmax = (∑V/B) x [1+(6.e/B)]

= (153.831/12.600)x[1+(6x2.808/12.600)]

= 28,532 t/m^2

= σmax < σijin

= 28,532 < 263,628 AMAN!

B. Dengan Gempa

Kontrol Stabilitas Sabo dam pada Kondisi Banjir

1. Stabilitas terhadap Guling

FG = ΣMT/ΣMG

= 1.536,39/1099,27

= 1,40 ≥ 1,30 AMAN!

2. Stabilitas terhadap Geser

Tanah dasar Ø = 38 . Bila dasar pondasi dianggap sangat kasar,

maka δb = Ø = 38.

Fs = ΣV.tan δb/ΣH

= 132,29.tan 38/69,743

= 1,50 > 1,30 AMAN!

3. Stabilitas terhadap Daya Dukung

qult = c.Nc + γsat.D.Nq + 0.5.B.γsat.Nγ

= 1,00x63,57 + 1,164x2,00x51,32 + 0,5x12,600x1,164x82,86

= 790,883 t/m^2

σijin = qult/SF

= 790,883/2,8

= 608,371 t/m^2

Jumlah Momen

ΣM = ΣMT - ΣMG

= 1.536,39 – 1.099,27

= 437,12 t.m

Jumlah Gaya Vertikal yang bekerja

ΣV = ΣVB - ΣVA

= 247,07 – 114,78

= 132,29 ton

Titik kerja resultan Gaya

x = ΣM/ΣV

= 437,120 / 132,289

= 3,304 m dari X (titik refrensi)

Eksentrisitas

e = I x - (B/2) I

= I 3.304 - (12.600/2) I

= 2,996

Daya dukung pada dasar Sabo dam untuk :

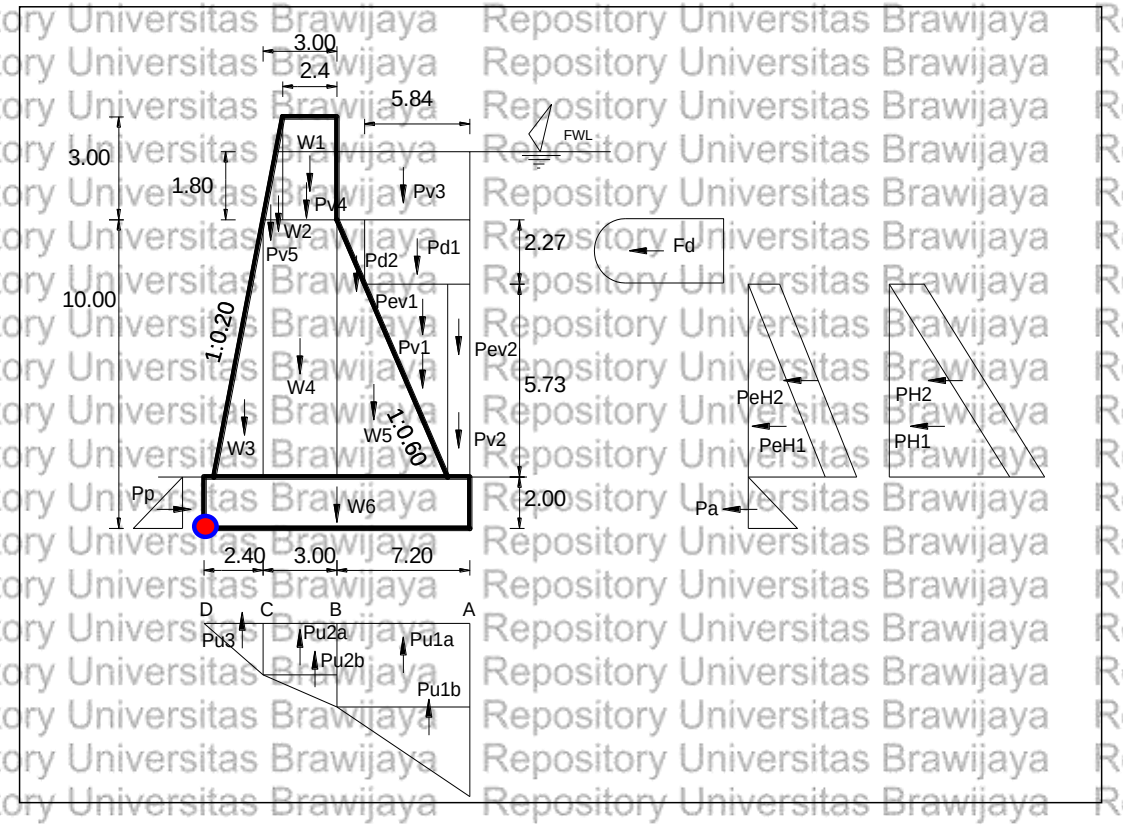
σmax = (∑V/B) x [1+(6.e/B)]

= (132.289/12.600)x[1+(6x2.996/12.600)]

= 25.477 t/m^2

= σmax < σijin

= 25,477 < 608,371 AMAN!



Gambar 4.56. Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Sabo Dam Kondisi Aliran Debris

A. Tanpa Gempa

Kontrol Stabilitas Sabo dam pada Kondisi Aliran Debris

1. Stabilitas terhadap Guling

FG = ΣMT/ΣMG

= 1.760,18/935,79

= 1,88 > 1,50 AMAN!

2. Stabilitas terhadap Geser

Tanah dasar Ø = 38 . Bila dasar pondasi dianggap sangat kasar maka δb = Ø = 38.

Fs = ΣV.tan δb/ΣH

= 179,34.tan 38/51,192

= 2,77 > 1,20 AMAN!

3. Stabilitas terhadap Daya Dukung

Jumlah Momen

ΣM = ΣMT - ΣMG

= 1.760,18 – 935,79

= 824,39 t.m

Jumlah Gaya Vertikal yang bekerja

ΣV = ΣVB - ΣVA

= 272,58 – 93,24

= 179,34 ton

Titik kerja resultan Gaya

x = ΣM/ΣV

= 824,390 / 179,336

= 4,597 m dari X (titik refrensi)

Eksentrisitas

e = I x - (B/2) I

= I 4,597 - (12,600/2) I

= 1,703

Daya dukung pada dasar Sabo dam untuk :

σmax = (∑V/B) x [1+(6.e/B)]

= (179.336/12.600)x[1+(6x1.703/12.600)]

= 25,776 t/m^2

= σmax < σijin

= 25,776 < 263,628 AMAN!

B. Dengan Gempa

Kontrol Stabilitas Sabo dam pada Kondisi Aliran Debris

1. Stabilitas terhadap Guling

FG = ΣMT/ΣMG

= 1.760,18/1.035,88

= 1,70 > 1,50 AMAN!

2. Stabilitas terhadap Geser

Tanah dasar Ø = 38 . Bila dasar pondasi dianggap sangat kasar, maka δb = Ø = 38.

Fs = ΣV.tan δb/ΣH

= 157,79.tan 38/72,733

= 1,72 > 1,20 AMAN!

3. Stabilitas terhadap Daya Dukung

Jumlah Momen

ΣM = ΣMT - ΣMG

= 1.760,18 – 1.035,88

= 724,30 t.m

Jumlah Gaya Vertikal yang bekerja

ΣV = ΣVB - ΣVA

= 272,58 – 114,78

= 157,79 ton

Titik kerja resultan Gaya

x = ΣM/ΣV

= 724,299 / 157,794

= 4,590 m dari X (titik refrensi)

Repository Universitas Brawijaya

Eksentrisitas

e = | x - (B/2) |

= | 4,590 - (12,600/2) |

= 1,710

Daya dukung pada dasar Sabo dam untuk :

σmax = (∑V/B) x [1+(6.e/B)]

= (157.794/12.600)x[1+(6x1.710/12.600)]

= 22,720 t/m^2

= σmax < σijin

= 22,720 < 608,371 AMAN!

Rekapitulasi perhitungan stabilitas dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.36 Rekapitulasi Hasil Analisa Stabilitas Main Dam

NO	URAIAN	SF	NILAI	KONTROL
I	**Analisa Stabilitas Kondisi Banjir Rencana dengan dan Tanpa Gempa**			
A	**Tanpa Gempa**			
1	Stabilitas terhadap Guling	1,50	1,54	AMAN!
2	Stabilitas terhadap Geser	1,20	2,52	AMAN!
3	Stabilitas terhadap Daya Dukung			
	- σijin		263,63 t/m2	
	- ΣM		537,21 t.m	
	- ΣV		153,83 ton	
	- Eksentrisitas (e)		2,81	
	- σmax		28,53 t/m2	AMAN!
B	**Dengan Gempa**			
1	Stabilitas terhadap Guling	1,30	1,40	AMAN!
2	Stabilitas terhadap Geser	1,20	1,50	AMAN!
3	Stabilitas terhadap Daya Dukung			
	- σijin		608,37 t/m2	
	- ΣM		437,12 t.m	
	- ΣV		132,29 ton	
	- Eksentrisitas (e)		3,00	
	- σmax		25,48 t/m2	AMAN!

2	**Analisa Stabilitas Kondisi Aliran Debris dengan dan Tanpa Gempa**			
A	**Tanpa Gempa**			
1	Stabilitas terhadap Guling	1,50	1,88	AMAN!
2	Stabilitas terhadap Geser	1,20	2,77	AMAN!
3	Stabilitas terhadap Daya Dukung			
	- σijin		263,63 t/m2	
	- ΣM		824,39 t.m	
	- ΣV		179,34 ton	
	- Eksentrisitas (e)		1,70	
	- σmax		25,78 t/m2	AMAN!
B	**Dengan Gempa**			
1	Stabilitas terhadap Guling	1,30	1,70	AMAN!
2	Stabilitas terhadap Geser	1,20	1,72	AMAN!
3	Stabilitas terhadap Daya Dukung			
	- σijin		608,37 t/m2	
	- ΣM		724,30 t.m	
	- ΣV		157,79 ton	
	- Eksentrisitas (e)		1,71	
	- σmax		22,72 t/m2	AMAN!

4.6.3.2. Sub Dam Sabo

Data Perhitungan :

Dimensi Sabo

H	=	4,70	m	(tinggi Sub Sabo Dam)
Hd	=	2,50	m	(tinggi efektif Sub Sabo Dam)
D	=	1,00	m	(kedalaman pondasi)
W	=	1,00	m	(tebal pelimpah)
h1	=	1,81	m	(tinggi muka air banjir)
Hc	=	1,20	m	(tinggi pelimpah)
n	=	0,20		(kemiringan lereng hilir)
m	=	0,60		(kemiringan lereng hulu)
L1	=	0,70	m	(lebar kaki pondasi hilir)
L2	=	0,00	m	(lebar kaki pondasi hulu)
B	=	1,70	m	(lebar pondasi Sub Sabo Dam)
L	=	58,00	m	(panjang melintang Sub Sabo Dam)

K.S	=	Pasangan Batu		(konstruksi tubuh Sub Sabo Dam)γ
sabo	=	2,20	t/m^3	(berat jenis konstruksi Sub Sabo Dam)
K.w	=	Beton		(konstruksi tubuh sayap)
γ sayap	=	2,35	t/m^3	(berat jenis konstruksi sayap)
σ	=	2,75	t/m^3	(berat jenis material)
ρ	=	1,00	t/m^3	(berat jenis air)
Kf. Gempa	=	0,11		

Data debris

Qd	=	380,506	m^3/dt	(debit puncak aliran debris)
Cd	=	0,30		(konsentrasi sedimen aliran debris)
hd	=	1,87	m	(tinggi aliran debris)
vd	=	5,11	m/dt	(kecepatan aliran debris)
SFG	=	1,50		(faktor keamanan guling dan daya dukung)
SFS	=	1,20		(faktor keamanan geser)
SF Daya Dukung	= 3			(faktor keamanan daya dukung)

Data tanah

jenis tanah	=	Pasir dan Kerikil		
Ø	=	38,34	°	(sudut geser dalam tanah)
Gs	=	2,63		(spesifik gravity)
Kv	=	0,40		(void ratio)
c	=	1,00		(koefisien kohesi)
ce	=	0,30		(koefisien tekanan tanah dari akumulasi sedimen)

Dengan nilai Ø dari tabel faktor daya dukung Terzaghi didapat :

Nc	=	63,57
Nq	=	51,32
Nγ	=	82,86

Perhitungan :

Berat volume tanah jenuh (saturated) :

$\gamma sat = [\rho.(Gs+Kv)]/(1+Kv)$

$= [1.00 \times (2.63+0.40)/(1+0.40)$

$= 2{,}164 \ t/m^3 \qquad \gamma' = 2{,}164 - 1 = 1{,}164 \ t/m^3$

Berat jenis campuran lumpur, pasir dan kerikil di daerah akumulasi sedimen

$\rho s = 0{,}6 \times (\sigma-\rho)$

$= 0{,}6 \times (2{,}75-1{,}00)$

$= 1{,}05 \ t/m^3$

Berat jenis material debris

$\rho d = \sigma.Cd + \rho(1-Cd)$

$= 2{,}75x0.30 + 1.00x(1-0.30)$

$= 1{,}525 \ t/m^3$

Berat jenis campuran lumpur, pasir dan kerikil dalam aliran debris

$\rho f = \rho d - \rho$

$= 1{,}53 - 1{,}00$

$= 0{,}53 \ t/m^3$

Gaya hidrostatis aliran debris

$Fd = (\rho d/g).hd.vd2$

$= (1.53/9.81) \times 1.87 \times 5.11^2$

$= 7{,}574 \ t/m$

Koefisien tekanan tanah aktif

$Ka = (1-\sin\Ø)/(1+\sin\Ø)$

$= (1-\sin 38.34)/(1+38.34)$

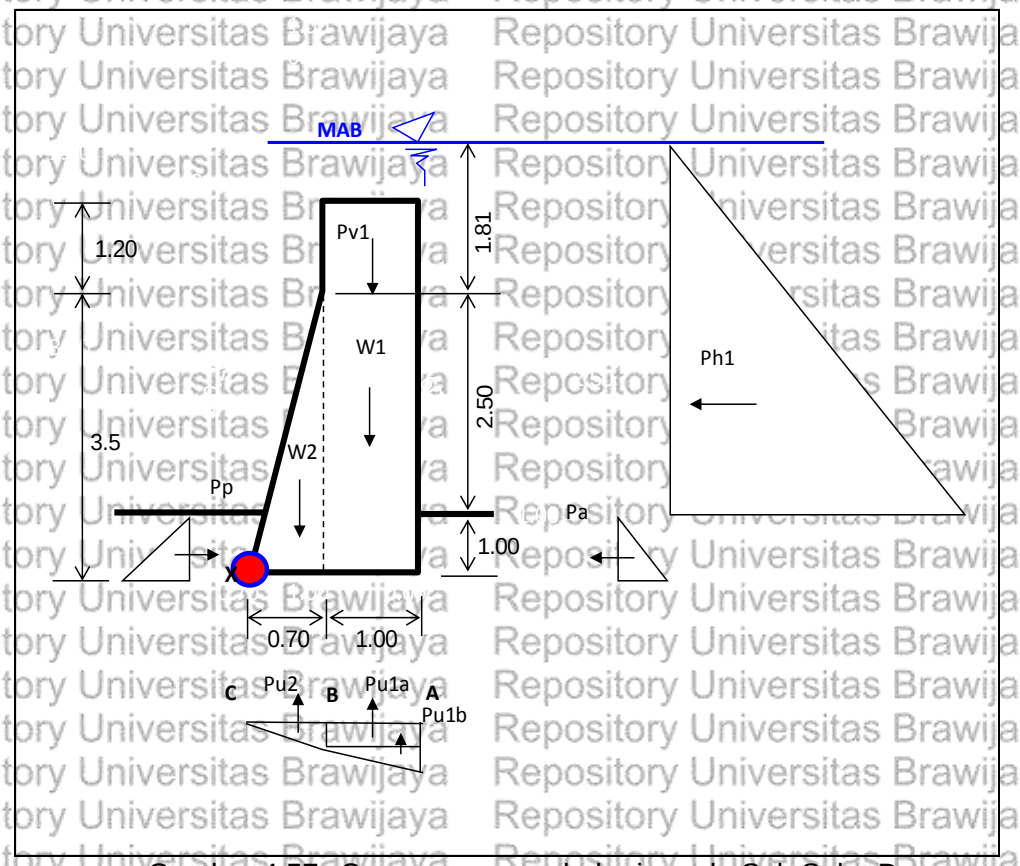
$= 0{,}234$

Koefisien tanah pasif :

$Kp = 1/Ka$

= 1/0,234

= 4,268



Gambar 4.57. Gaya-gaya yang bekerja pada Sub Sabo Dam

Tabel 4.37 Tabel Perhitungan Uplift Sabo Dam

Titik	Rembesan			Lw	Hw	ΔH = Lw/Cw	P = H - ΔH
	V	H	1/3.H				
A				0.00	6.51	0.00	6.51
	0.00	0.00	0.00				
B				0.00	6.51	0.00	6.51
	0.00	1.00	0.33				
C				0.33	6.51	3.83	2.68
	0.00	0.70	0.23				
D				0.57	6.51	6.51	0.00

Cw = Lw/Hw

= 0,57/6,51

= 0,09

Tabel 4.38 Gaya akibat Berat Sendiri dan Momen terhadap titik tinjau Sabo Dam

Notasi	Volume (m^3)						Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Tahan (t.m)
W1	4.70	x	1.00		=	4.70	2.20	10.34	1.90	19.65
W2	3.50	x	0.70	x 0.5	=	1.23	2.20	2.70	1.17	3.14
Total								**13.04**		**22.79**

Tabel 4.39 Gaya akibat Gempa Sabo Dam

Notasi	Volume (m^3)					Lengan (m)	Momen (t.m)
E1	10.34	x	0.11	=	1.17	4.10	4.79
E2	2.70	x	0.11	=	0.30	4.67	1.42
Total					**1.47**		**6.21**

Tabel 4.40 Gaya Vertikal Hidrostatis Sabo Dam Pada Kondisi Banjir Rencana

Notasi	Volume (m^3)					Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Tahan (t.m)
Pv1	1.81	x	1.00	=	1.81	1.00	1.81	1.20	2.17
Total							**1.81**		**2.17**

Tabel 4.41 Gaya Horizontal Aktif Sabo Dam Pada Kondisi Banjir Rencana

Notasi	Volume (m^3)							Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Guling (t.m)
Ph1	4.31	x	4.31	x 0.5		=	9.28	1.00	9.28	2.44	22.61
Pa	1.00	x	1.00	x 0.5	x 0.234	=	0.12	2.16	0.25	0.33	0.08
Total									**9.53**		**22.69**

Tabel 4.42 Gaya Horizontal Pasif Sabo Dam

Notasi	Volume (m^3)							Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Tahan (t.m)
Pp	1.00	x	1.00	x 0.5	x 2.134	=	1.07	2.16	2.31	0.33	0.77
Total									**2.31**		**0.77**

Tabel 4.43 Tekanan Uplift Sabo Dam

Notasi	Volume (m^3)							Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Guling (t.m)
Pu1a	2.68	x	1.00			=	2.68	1.00	2.68	1.50	4.02
Pu1b	3.83	x	1.00	x 0.5		=	1.91	1.00	1.91	1.37	2.62
Pu3	2.68	x	0.70	x 0.5		=	0.94	1.00	0.94	0.47	0.44
Total									**5.53**		**7.07**

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 4.44 Gaya vertikal hidrostatis dan material sedimen Sabo Dam pada kondisi aliran debris

Notasi	Volume (m^3)					Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Tahan (t.m)
Pv1	1.81	x	0.64		= 1.15	1.00	1.15	1.02	1.18
Total							**1.15**		**1.18**

Tabel 4.45 Tabel Gaya horizontal hidrostatis dan material sedimen Sabo Dam pada kondisi aliran debris

Notasi	Volume (m^3)							Berat Jenis (t/m^3)	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Guling (t.m)
PeH1	0.63	x	-1.12	x	0.5	=	-0.35	1.05	-0.37	1.21	-0.45
PeH2	0.63	x	0.63	x	1.87	x 0.30 =	0.22	0.53	0.12	1.32	0.15
F									7.57	2.57	19.43
Ph1	0.63	x	0.63	x	0.5	=	0.20	1.00	0.20	1.21	0.24
Ph2	0.63	x	1.87			=	1.18	1.00	1.18	1.32	1.55
Pa	1.00	x	1.00	x	0.5	x 0.234 =	0.12	2.16	0.25	0.33	0.08
Total									**8.95**		**21.01**

Tabel 4.46 Tabel Momen dan Gaya analisa stabilitas kondisi banjir rencana Sabo Dam

Gaya Vertikal		Gaya Horizontal		Momen Tahan	Momen Guling
ke Atas	ke Bawah	Aktif	Pasif	M_T	M_G
5.53	13.04	9.53	2.31	22.79	7.07
5.53	16.99	9.53	2.31	22.79	7.07
11.45		7.22		15.72	
Ke Bawah		***Aktif***		***Momen Tahan***	

Tabel 4.47 Tabel Momen dan Gaya analisa stabilitas kondisi aliran debris Sabo Dam

Gaya Vertikal		Gaya Horizontal		Momen Tahan	Momen Guling
ke Atas	ke Bawah	Aktif	Pasif	M_T	M_G
5.53	13.04	8.95	2.31	22.79	7.07
5.53	16.04	8.95	2.31	22.79	7.07
10.50		6.64		15.72	
Ke Bawah		**Aktif**		**Momen Tahan**	

Tabel 4.48 Tabel Momen dan Gaya analisa stabilitas kondisi banjir rencana Sabo Dam dengan Gempa

Gaya Vertikal		Gaya Horizontal		Momen Tahan	Momen Guling
ke Atas	ke Bawah	Aktif	Pasif	M_T	M_G
5.53	13.04	9.53	2.31	22.79	7.07
					6.21
5.53	18.04	9.53	2.31	22.79	13.29
12.50		7.22		9.51	
Ke Bawah		**Aktif**		**Momen Tahan**	

Tabel 4.49 Tabel Momen dan Gaya analisa stabilitas kondisi aliran debris Sabo Dam dengan Gempa

Gaya Vertikal		Gaya Horizontal		Momen Tahan	Momen Guling
ke Atas	ke Bawah	Aktif	Pasif	M_T	M_G
5.53	13.04	8.95	2.31	22.79	7.07
1.47					6.21
7.00	18.04	8.95	2.31	22.79	13.29
11.03		6.64		9.51	
Ke Bawah		**Aktif**		**Momen Tahan**	

A. Tanpa Gempa

Kontrol Stabilitas Sub Sabo Dam pada Kondisi Banjir

1. Stabilitas terhadap Guling

FG = ΣMT/ΣMG

= 22,79/7,07

= 3,22 ≥ 1,50 AMAN!

2. Stabilitas terhadap Geser

Tanah dasar Ø = 38 . Bila dasar pondasi dianggap sangat kasar, maka δb = Ø = 38.

Fs = ΣV.tan δb/ΣH

= 11,45.tan 38/7,224

= 1,25 ≥ 1,20 AMAN!

3. Stabilitas terhadap Daya Dukung

qult = c.Nc + γsat.D.Nq + 0.5.B.γsat.Nγ

= 1.00x63.57 + 1.164x1.00x51.32 + 0.5x1.700x1.164x82.86

= 205,325 t/m^2

σijin = qult/SF

= 205,325/3,00

= 68,442 t/m^2

Jumlah Momen

ΣM = ΣMT - ΣMG

= 22,79 – 7,07

= 15,72 t.m

Jumlah Gaya Vertikal yang bekerja

ΣV = ΣVB - ΣVA

= 13,04 – 5,53

= 11,45 ton

Titik kerja resultan Gaya

x = ΣM/ΣV

= 15,717 / 11,453

= 1,372 m dari X (titik refrensi)

Eksentrisitas

e = I x - (B/2) I

= I 1,372 - (1,700/2) I

= 0,522

Daya dukung pada dasar Sub Sabo Dam untuk :

σmax = (∑V/B) x [1+(6.e/B)]

= (11.453/1.700)x[1+(6x0.522/1.700)]

= 19,156 t/m^2

= σmax < σijin

= 19,156 < 68,442 AMAN!

B. Dengan Gempa

Kontrol Stabilitas Sub Sabo Dam pada Kondisi Banjir

1. Stabilitas terhadap Guling

FG = ΣMT/ΣMG

= 22.79/13.29

= 1,72 ≥ 1,30 AMAN!

2. Stabilitas terhadap Geser

Tanah dasar Ø = 0 . Bila dasar pondasi dianggap sangat kasar, maka δb = Ø =0.

Fs = ΣV.tan δb/ΣH

= 12,50.tan 38/7,224

= 1,37 ≥ 1,30 AMAN!

3. Stabilitas terhadap Daya Dukung

qult = c.Nc + γsat.D.Nq + 0.5.B.γsat.Nγ

= 1.00x63.57 + 1.164x1.00x51.32 + 0.5x1.700x1.164x82.86

= 205,325 t/m^2

σijin = qult/SF

= 326,780/2,80

= 73,330 t/m^2

Jumlah Momen

ΣM = ΣMT - ΣMG

= 22,79 – 13,29

= 9,51 t.m

Jumlah Gaya Vertikal yang bekerja

$\Sigma V = \Sigma VB - \Sigma VA$

$= 18{,}04 - 5{,}53$

$= 12{,}50$ ton

Titik kerja resultan Gaya

$x = \Sigma M / \Sigma V$

$= 9{,}505 / 12{,}503$

$= 0{,}760$ m dari X (titik refrensi)

Eksentrisitas

$e = | x - (B/2) |$

$= | 0{,}760 - (1{,}700/2) |$

$= 0{,}090$

Daya dukung pada dasar Sub Sabo Dam untuk :

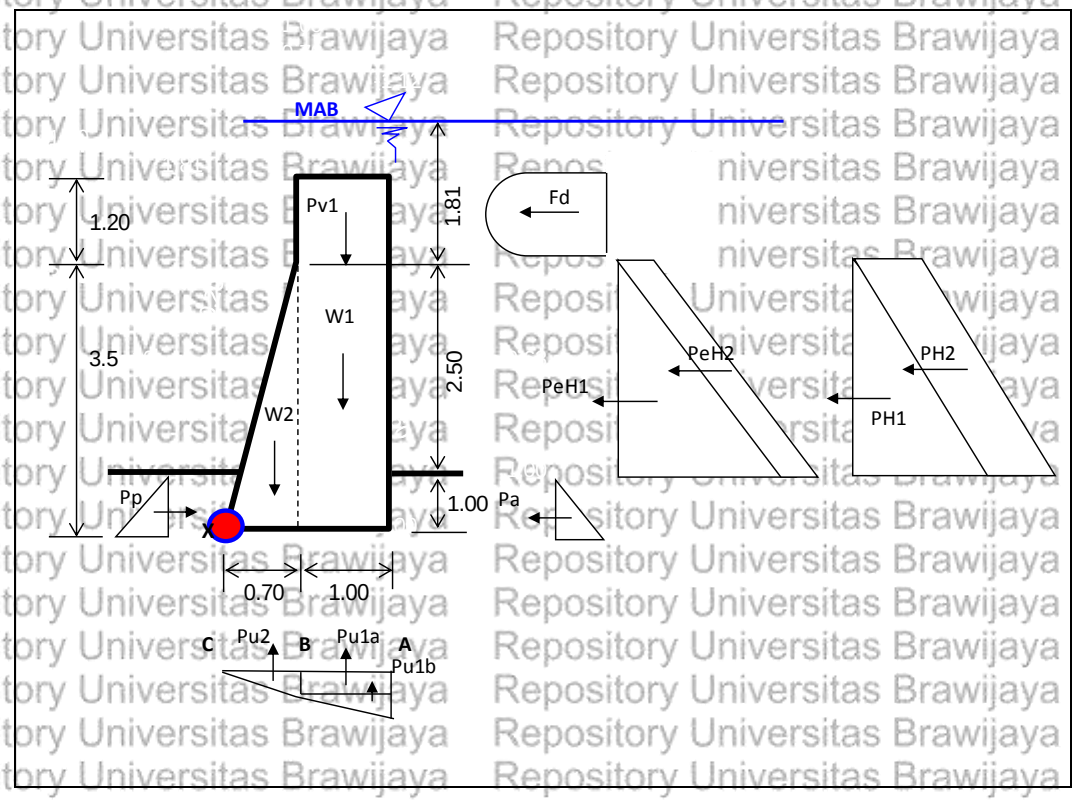
$\sigma max = (\Sigma V/B) \times [1+(6.e/B)]$

$= (12.503/1.700) \times [1+(6 \times 0.090/1.700)]$

$= 9{,}685$ t/m^2

$= \sigma max < \sigma ijin$

$= 9{,}685 < 73{,}330$ AMAN!



Gambar 4.58. Gaya-gaya yang bekerja pada Sub Sabo Dam kondisi aliran debris

A. Tanpa Gempa

Kontrol Stabilitas Sub Sabo Dam pada Kondisi Aliran Debris

1. Stabilitas terhadap Guling

FG = ΣMT/ΣMG

= 22,79/7,07

= 3,22 > 1,50 AMAN!

2. Stabilitas terhadap Geser

Tanah dasar Ø = 38 . Bila dasar pondasi dianggap sangat kasar, maka δb = Ø = 38.

Fs = ΣV.tan δb/ΣH

= 10,50.tan 38/6,643

= 1,25 > 1,20 AMAN!

3. Stabilitas terhadap Daya Dukung

Jumlah Momen

ΣM = ΣMT - ΣMG

= 22,79 – 7,07

= 15,72 t.m

Jumlah Gaya Vertikal yang bekerja

ΣV = ΣVB - ΣVA

= 16,04 – 5,53

= 10,50 ton

Titik kerja resultan Gaya

x = ΣM/ΣV

= 15,717 / 10,503

= 1,496 m dari X (titik refrensi)

Eksentrisitas

e = I x - (B/2) I

= I 1,496 - (1,700/2) I

= 0,646

Daya dukung pada dasar Sub Sabo Dam untuk :

σmax = (∑V/B) x [1+(6.e/B)]

= (10.503/1.700)x[1+(6x0.646/1.700)]

= 20,273 t/m2

= σmax < σijin

= 20,273 < 68,442 AMAN!

B. Dengan Gempa

Kontrol Stabilitas Sub Sabo Dam pada Kondisi Aliran Debris

1. Stabilitas terhadap Guling

FG = ΣMT/ΣMG

= 22.79/13.29

= 1,72 > 1,50 AMAN!

2. Stabilitas terhadap Geser

Tanah dasar Ø = 38 . Bila dasar pondasi dianggap sangat kasar, maka δb = Ø = 38.

Fs = ΣV.tan δb/ΣH

= 11,03.tan 38/6,643

= 1,31 > 1,20 AMAN!

3. Stabilitas terhadap Daya Dukung

Jumlah Momen

ΣM = ΣMT - ΣMG

= 22,79 – 13,29

= 9,51 t.m

Jumlah Gaya Vertikal yang bekerja

ΣV = ΣVB - ΣVA

= 18,04 – 7,00

= 11,03 ton

Titik kerja resultan Gaya

x = ΣM/ΣV

= 9,505 / 11,030

= 0,862 m dari X (titik refrensi)

Eksentrisitas

e = I x - (B/2) I

= I 0,862 - (1,700/2) I

= 0,012

Daya dukung pada dasar Sub Sabo Dam untuk :

σmax = (∑V/B) x [1+(6.e/B)]

= (11.030/1.700)x[1+(6x0.012/1.700)]

= 6,757 t/m^2

= σmax < σijin

= 6,757 < 73,330 AMAN!

Tabel 4.50 Rekapitulasi Hasil Analisa Stabilitas Sub Dam

NO	URAIAN	SF	NILAI	KONTROL
I	**Analisa Stabilitas Kondisi Banjir Rencana dengan dan Tanpa Gempa**			
A	**Tanpa Gempa**			
1	Stabilitas terhadap Guling	1,50	3,22	AMAN!
2	Stabilitas terhadap Geser	1,20	1,25	AMAN!
3	Stabilitas terhadap Daya Dukung			
	- σijin		68,44 t/m2	
	- ΣM		15,72 t.m	
	- ΣV		11,45 ton	
	- Eksentrisitas (e)		0,52	
	- σmax		19,16 t/m2	AMAN!
B	**Dengan Gempa**			
1	Stabilitas terhadap Guling	1,30	1,72	AMAN!
2	Stabilitas terhadap Geser	1,20	1,37	AMAN!
3	Stabilitas terhadap Daya Dukung			
	- σijin		73,33 t/m2	
	- ΣM		9,51 t.m	
	- ΣV		12,50 ton	
	- Eksentrisitas (e)		0,09	
	- σmax		9,69 t/m2	AMAN!
2	**Analisa Stabilitas Kondisi Aliran Debris dengan dan Tanpa Gempa**			
A	**Tanpa Gempa**			
1	Stabilitas terhadap Guling	1,50	3,22	AMAN!
2	Stabilitas terhadap Geser	1,20	1,25	AMAN!
3	Stabilitas terhadap Daya Dukung			
	- σijin		68,44 t/m2	
	- ΣM		15,72 t.m	
	- ΣV		10,50 ton	
	- Eksentrisitas (e)		0,65	
	- σmax		20,27 t/m2	AMAN!
B	**Dengan Gempa**			
1	Stabilitas terhadap Guling	1,30	1,72	AMAN!
2	Stabilitas terhadap Geser	1,20	1,31	AMAN!
3	Stabilitas terhadap Daya Dukung			
	- σijin		73,33 t/m2	
	- ΣM		9,51 t.m	
	- ΣV		11,03 ton	
	- Eksentrisitas (e)		0,01	
	- σmax		6,76 t/m2	AMAN!

4.6.4. Perhitungan Operasi dan Pemeliharaan Bangunan

Total Sedimen Dalam Sekali Banjir Q1,1 Tahun = 166.014,71 m^3/tahun

1 Truk Golongan C = 6 m^3

Jumlah sedimen yang harus dikeluarkan = 166.014,71 m^3/180 hari

= 922,304 m^3/hari

Jumlah truk angkutan sedimen sebanyak = 922,304 / 6

= 153,72Truk

= dibulatkan 154 Truk

Pelaksanaan pemeliharaan bangunan sabo dilakukan selama 6 bulan, pelaksanaanya dilakukan pada musim kering dengan alasan pada musim tersebut air lebih surut sehingga mempermudah dalam pelaksanaan di lapangan.

4.6.4.1. Perhitungan Usia Guna Bangunan

Usia Guna Bangunan Eksisting

Untuk mengetahui sisa usia guna bangunan pengendali maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan pendekatan volume. Untuk perhitungan menggunakan pendekatan volume dapat dilihat sebagai berikut :

1. Berdasarkan volume Sedimen oleh erosi di lahan

Usia Guna rencana Bangunan (Desain Tahun 2006) 25 Tahun.

Total volume sedimen akibat erosi lahan di DAS Nangka hasil perhitungan erosi lahan dengan menggunakan metode *USLE* adalah sebesar 2.179,36 m^3/tahun.

Volume tampungan yang telah terisi tahun 2014 adalah 107.065,52 m^3

Sisa tampungan sedimen sabo eksisting adalah 195.434,48 m^3

Sisa usia guna bangunan eksisting berdasarkan hasil erosi lahan

$$= \frac{195.434{,}48\ m^3}{2.179{,}36\ m^3/\text{tahun}}$$

= 89,68 Tahun

Hal ini disebabkan karena erosi yang terjadi di DAS Nangka sangat kecil.

2. Berdasarkan volume sedimen hasil debris

Total volume sedimen akibat sedimen sekali banjir (debris) di DAS Nangka hasil perhitungan adalah sebesar 166.014,71 m^3/tahun.

Volume tampungan yang telah terisi tahun 2014 adalah 107.065,52 m^3

Sisa tampungan sedimen sabo eksisting adalah 195.434,48 m^3.

Sisa usia guna bangunan eksisting berdasarkan hasil sedimen sekali banjir

$$= \frac{195.434{,}48\ m^3}{166.014{,}71\ m^3/\text{tahun}}$$

= 1,18 Tahun

3. Berdasarkan volume total sedimen hasil erosi lahan dengan sedimen sekali banjir (debris).

Total volume sedimen 2.179,36 m^3/tahun + 166.014,71 m^3/tahun.

= 168.194,07 m^3/tahun

Volume tampungan yang telah terisi tahun 2014 adalah 107.065,52 m^3

Sisa tampungan sedimen sabo eksisting adalah 195.434,48 m^3

Sisa usia guna bangunan eksisting berdasarkan hasil sedimen sekali banjir

$$= \frac{195.434{,}48\ m^3}{168.194{,}07\ m^3/\text{tahun}}$$

= 1,16 Tahun

4. Berdasarkan pendekatan penumpukan sedimen dibangunan eksisting.

Volume Total rencana 302.500 m^3 (Operasi Tahun 2008)

Volume tampungan yang telah terisi tahun 2014 adalah 107.065,52 m^3

Lama Beroperasi 2014 – 2008 = 6 tahun

Laju sedimen tiap tahun 107.065,52 / 6 = 17.844,25 m^3/tahun

Sisa tampungan sedimen sabo eksisting adalah 195.434,48 m^3

Sisa usia guna bangunan eksisting

$$= \frac{195.434{,}48\ m^3}{17.844{,}25\ m^3/tahun}$$

= 10,95 tahun ≈ 11 tahun.

Jadi dari perhitungan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa sisa usia guna bangunan Sabo Belanting eksisting di DAS Nangka tinggal 11 tahun lagi.

Usia Guna Bangunan Baru

Kapasitas Tampungan sabo rencana 163.464 m^3

Laju sedimen tiap tahun 17.844,25 m^3/tahun

Sisa usia guna bangunan eksisting adalah tinggal 11 tahun

(pengisian volume sedimen bangunan baru dipengaruhi oleh bangunan eksisting karena letaknya dihilir bangunan eksisting)

Sisa Usia Guna bangunan baru adalah

$$= \frac{163.464\ m^3}{17.844{,}25\ m^3/tahun}$$

= 9.1 ≈ 9 tahun.

Jadi usia guna bangunan barunya adalah

Usia guna bangunan eksisting + usia guna bangunan baru

= 11 tahun + 9 tahun

= 20 tahun.

Operasi dan pemeliharaan pertahun

Jumlah sedimen yang harus dikeluarkan = 17.844,25 m^3/180 hari

= 99 m^3/hari

Jumlah truk angkutan sedimen sebanyak = 99,14 m^3 / 6

= 16,52 Truk

= dibulatkan 17 truk.

Pelaksanaan pemeliharaan bangunan sabo dilakukan selama 6 bulan, pelaksanaanya dilakukan pada musim kering dengan alasan pada musim tersebut air lebih surut sehingga mempermudah dalam pelaksanaan di lapangan.

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB V
PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penilaian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besarnya volume sedimen yang terjadi di DAS Nangka yang dihasilkan oleh laju sedimen hasil erosi lahan menggunakan metode *Universal Soil Losses Equation* (USLE) adalah sebesar 2.179,36 m^3/th, sedangkan volume sedimen sekali banjir (Vec) yang dihasilkan oleh aliran sedimen debris yang diakibatkan oleh Q50 adalah 452.007,95 m^3 sehingga didapat volume sedimen total (Vy) yang terjadi di DAS nangka adalah 454.187,30 m^3. Sedangkan total sedimen yang melewati Sabo Dam Eksisting adalah sebesar 388.325,40 m^3 sebab sedimen dari Sub DAS Tibu Dalam tidak termasuk dalam perhitungan karena berada di luar alur Sungai Nangka.
2. Bangunan pengendali sedimen eksisting (Sabodam Belanting) pada saat ini hanya mampu menangkap sedimen sebesar 195.434,48 m^3, sehingga tingkat reduksi sedimen (*Dumping Efficiency*) saat ini adalah sebesar 50,33%, dengan demikian volume kelebihan sedimen (Ve) sebesar 192.874,42 m^3 harus dikelola oleh sabo sistem di bagian hilirnya.
3. Keseimbangan kuantitas sedimen terhadap alternatif rencana bangunan pengendali sedimen ini dilakukan dengan menghitung kapasitas alternatif lokasi titik dasar sabo (*Sabo Basic Point*) yang kemudian mengkalkulasikannya pada skema transportasi volume produksi sedimen

debris (*sediment yeild*) di DAS Nangka kondisi dengan Sabo Eksistiing menghasilkan lokasi terpilih pada BPS Seri Alternatif 3 (X_{coord} = 458,562.00, Y_{coord} = 9,081,344.00),

4. Lokasi bangunan pengendali sedimen terpilih mampu mereduksi volume kelebihan sedimen (Ve) sebesar 84,48 % dari sedimen yang yang harus dikelola dan menekan sedimen ijin (Va) sampai 7.73 %.

5.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah perlu dilakukan studi lebih lanjut tentang upaya teknis lainnya sebagai pola penanggulangan sedimen secara keseluruhan tanpa terpisah kaitannya dengan bangunan-bangunan yang ada di sebelah hilir rencana desain bangunan pengendali sedimen (sabodam desain baru) seperti :

1. Kanalisasi *(channel works)*,
2. Pelindung tebing tipe urugan batu (*dumpingstones*),
3. Ambang dasar *(groundsill),*
4. Pengarah aliran (*krib*).

.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2012. *ISBN:978-602-96989-4-7. Desain Bangunan Pengendali Sedimen (Desain Sabo)*. Kementerian Pekerjaan Umum.

Anonim. 1991. *SNI 03-2851-1991. Tata Cara Perencanaan Teknis Bendung Penahan Sedimen*. Badan Standarisasi Nasional

Anonim. 2004. Pd T-18-2004-A. Pembuatan Peta Bahaya Akibat Aliran *Debris*. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.

Anonim. 1991. *SNI 03-2851-1991. Tata Cara Perencanaan Teknis Bendung Penahan Sedimen*. Badan Standarisasi Nasional

Anonim. 2004*. Pd T-12-2004-A. Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai.* Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.

Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB. Bogor

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Pengamanan Bangunan Sabo Dari Gerusan Lokal*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Bandung

Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. *Desain Bangunan Pengendali Sedimen*. Direktorat Sungai dan Pantai. Yoktakarta

Mohammad Bisri. 2009. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. C.V. Asrori. Malang.

Priyantoro, Dwi. 1987. *Teknik Pengangkutan Sedimen*. Malang : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Jakarta. Erlangga.

Soewarno. 1991. *Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri).* Nova. Bandung

Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. 1993. *Hidrologi untuk Pengairan. Pradnya Paramita*. Jakarta.

Sosrodarsono, S dan Tominaga, M. 1994. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita

Repository Universitas Brawijaya

Suripin. 2004. *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*. Yogyakarta : ANDI.

Yayasan Air Adhi Eka. 2011. *Sabo Untuk Penanggulangan Bencana Akibat Aliran Debris. Yayasan Air Adhi Eka Bekerjasama dengan JICA*. Jakarta.

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA