

**OPTIMALISASI SABO DAM TIPE TERBUKA SEBAGAI
BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN MENGGUNAKAN
SIMLAR V 2.0 DI SUNGAI GUMBASA KABUPATEN SIGI
SULAWESI TENGAH**

THESIS



Oleh:

EKO PRASETYO

NIM. 22121021

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
PEMINATAN MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JULI 2024**

**OPTIMALISASI SABO DAM TIPE TERBUKA SEBAGAI
BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN MENGGUNAKAN
SIMLAR V 2.0 DI SUNGAI GUMBASA KABUPATEN SIGI
SULAWESI TENGAH**

THESIS

Diajukan kepada

Institut Teknologi Nasional Malang

untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam

Menyelesaikan Program Magister Teknik Sipil

Konsentrasi Manajemen Konstruksi

Oleh:

EKO PRASETYO

NIM. 22121021

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PEMINATAN MANAJEMEN KONSTRUKSI

PROGRAM PASCASARJANA

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

JULI 2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis oleh **EKO PRASETYO, 21.121.021** ini telah diperiksa dan disetujui dalam ujian.

Malang, 29 Juli 2024

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Sutanto Hidayat, MT
NIP. 196702181993031002

Pembimbing II



Dr. Erni Yulianti, MT.
NIP.P. 1032100593

Mengetahui:

Institut Teknologi Nasional
Malang Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT.
NIP. Y. 1018700153



Dr. Erni Yulianti, MT.
NIP.P. 1032100593



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malāng 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN TESIS
PROGRAM STUDI : MAGISTER TEKNIK SIPIL

Nama : EKO PRASETYO

NIM : 21.121.021

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Peminatan : Manajemen Konstruksi

Judul : OPTIMALISASI SABO DAM SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN
MENGUNAKAN SIMLAR 2.0 DI SUNGAI GUMBASA SIGI SULAWESI
TENGAH

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Tesis Jenjang Program Studi Magister Teknik Sipil
Program Pascasarjana ITN Malang

Pada hari : Senin

Tanggal : 29 Juli 2024

Dengan Nilai : A

Panitia Ujian Tesis

Ketua

Prof. Dr. Ir. Sutanto Hidayat, MT
NIP. P. 2032100593

Sekretaris

Dr. Erni Yulianti, ST, MT.
NIP.P. 1031300469

Penguji I

Prof. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT
NIP. Y. 1018700153

Penguji II

Ir. Maranatha W, ST, MMT, PhD, ASEAN Eng
NIP.P. 1031500523

PERYATAAN
ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan sebenarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam 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 kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia Tesis ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (Magister Teknik) di batalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku

Malang, 29 Juli 2024

Eko Prasetyo
NIM. 21.121.037

Eko Prasetyo, Program Studi Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana,
Institut Teknologi Nasional Malang, Juli 2024, OPTIMALISASI SABO DAM
TIPE TERBUKA SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN
MENGUNAKAN SIMLAR V 2.0 DI SUNGAI GUMBASA KABUPATEN
SIGI SULAWESI TENGAH, Tesis, Pembimbing I: Prof.Dr.Ir. Sutanto Hidayat,
MT., Pembimbing II: Dr. Erni Yulianti, ST., MT.

Abstrak

Sulawesi Tengah memiliki sungai-sungai dengan karakteristik berkelok-kelok (meandering) dan tingkat sedimentasi yang tinggi, terutama di bagian hilir. Kondisi ini menyebabkan penumpukan sedimen yang meningkatkan muka air, sehingga saat hujan deras, terjadi banjir dan penggerusan di sisi luar belokan sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bangunan sabo dalam menghadapi sedimen dan erosi di Sungai Gumbasa, menganalisis efektivitasnya menggunakan software SIMLAR V 2.0/HEC RAS 6.0, serta menilai kapasitas sabo sebagai penahan sedimen dan pemeliharannya. Data dikumpulkan melalui survei foto udara dengan drone untuk memodelkan penampang sungai, pengukuran debit dan kecepatan arus menggunakan Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), serta data material sedimen dari Laboratorium Uji Bahan Konstruksi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa bangunan sabo mampu mengendalikan sedimen secara efektif dan meminimalisir risiko banjir di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Gumbasa. Simulasi model numerik menggunakan persamaan kontinuitas dan momentum menghasilkan data kecepatan arus, debit, dan kedalaman yang mendekati kondisi lapangan. Penelitian ini juga mengidentifikasi daerah rawan bencana di sekitar sungai untuk penerapan langkah pencegahan. Temuan ini diharapkan dapat membantu dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur pengendalian sedimen di wilayah berisiko tinggi, serta memberikan panduan bagi upaya mitigasi bencana banjir di Sulawesi Tengah.

Kata kunci: sabo dam, sedimentasi, banjir, SIMLAR V 2.0, Sungai Gumbasa, pengendalian erosi, model numerik

Abstract

Central Sulawesi's rivers are characterized by meandering paths and high sedimentation levels, especially in the downstream areas. This condition causes sediment buildup, raising water levels, and leading to flooding and erosion on the outer bends of the river during heavy rainfall. This study aims to assess the capability of sabo dams in managing sediment and erosion in the Gumbasa River, analyze their effectiveness using SIMLAR V 2.0/HEC RAS 6.0 software, and evaluate the capacity of sabo dams as sediment barriers and their maintenance. Data were collected through aerial surveys using drones to model river cross-sections, discharge and flow velocity measurements using Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), and sediment material data from the Construction Material Testing Laboratory. The simulation results show that the sabo dam structures effectively control sediment and minimize flood risks around the Gumbasa River Basin. The numerical model simulation using continuity and momentum equations produced data on flow velocity, discharge, and depth that

closely match field conditions. This study also identifies disaster-prone areas around the river for implementing preventive measures. These findings are expected to aid in planning and constructing sediment control infrastructure in high-risk areas and provide guidelines for flood disaster mitigation efforts in Central Sulawesi.

Keywords: *sabo dam, sedimentation, flooding, SIMLAR V 2.0, Gumbasa River, erosion control, numerical model*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Allhamdulillah Kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul: **OPTIMALISASI SABO DAM TIPE TERBUKA SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN MENGGUNAKAN SIMLAR V 2.0 DI SUNGAI GUMBASA KABUPATEN SIGI SULAWESI TENGAH**

Laporan tesis ini selain merupakan salah satu syarat akademis yang harus ditempuh oleh mahasiswa program pasca sarjana, juga untuk menambah ilmu bagi penulis dan pembaca. Melalui kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih

kepada yang terhormat:

1. Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D., Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT., Selaku Direktur Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Dr. Dimas Indra Laksmna, ST., MT., Selaku Sekretaris Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ibu Dr Erni Yulianti, ST., MT., Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Konsentrasi Manajemen Kostruksi, Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Sutanto Hidayat, MT., Selaku Dosen Pembimbing I.
6. Ibu Dr. Erni Yulianti, ST., MT., Selaku Dosen Pembimbing II.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Pasca Sarjana, Program Studi Teknik Sipil Konsentrasi Manajemen Konstruksi, Institut Teknologi Nasional Malang.
8. Bapak dan Ibu bagian administrasi Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulis merasa bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna oleh karena itu saran dan kritik yang sifatnya membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan, guna kesempurnaan Tesis ini, dan dapat berguna bagi penelitian – penelitian selanjutnya.

Akhirnya penulis mohon maaf kepada semua pihak yang terkait jika ada kesalahan kata atau perbuatan selama penulis belajar di Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Nasional Malang. Dan semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dalam menambah pengetahuan dan wawasan kepada kita semua. Amin.

Malang, 27 Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Studi	6
1.6 Manfaat Studi	7
1.7 Lokasi Studi.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Arus Debris.....	8
2.2 Erosi dan Sedimen.....	9
2.2.1 Erosi.....	9
2.2.2 Sedimen	11
2.3 telaah Hidrologi.....	14
2.3.1 kawasan Arus Sungai.....	14
2.3.2 Curah Hujan Wilayah	17
2.3.3 Frekuensi Hujan Rancangan.....	18
2.3.4 Uji Kecocokan Sebaran Chi Kuadrat.....	25
2.3.5 Prosedur kalkulasi Uji Chi Kuadrat.....	25
2.3.6 Teknik kalkulasi Hujan Rancangan	26
2.3.7 Teknik kalkulasi Debit Banjir.....	27
2.4 Bangunan Sabo Dam	28
2.5 Digital Elevation Model (DEM).....	29
2.6 Pemodelan Banjir dengan SIMLAR V 2.0.....	30
BAB III METODOLOGI Studi	36

3.1	Lokasi Studi.....	36
3.2	Teknik Pengumpulan informasi	36
3.2.1	Survei Foto Udara/ Drone.....	36
3.2.2	Survei Pengukuran Debit dan Kecepatan Arus	37
3.3	Teknik telaah informasi	40
3.3.1	Pengolahan informasi Drone	40
3.3.2	informasi Material Sedimen	41
3.3.3	informasi Design Sabo.....	42
3.4	peragaan Komputasi Dua Dimensi.....	43
BAB IV HASIL Studi DAN penjabaran		80
4.1	Teknik Studi	80
4.2	informasi Studi	80
4.2.1	informasi Hujan	80
4.2.2	informasi Material Sedimen.....	81
4.2.3	informasi Sabo Eksisting	81
4.2.4	informasi Topografi	81
4.3	Lokasi Studi Kasus	83
4.4	level Studi.....	83
4.5	telaah informasi Hidrologi	84
4.5.1	peragaan Program SIMLAR V.2.0	85
4.5.2	Topografi Titik – Titik Sabo Dam	99
4.6	Geometri Sungai	100
4.7	Geologi Sungai	101
4.8	Mekanika Tanah	101
4.9	Hidrologi.....	103
4.9.1	Penentuan kawasan Arus Sungai (<i>Catchment Area</i>)	105
4.9.2	kalkulasi Curah Hujan Wilayah.....	105
4.9.3	telaah Frekuensi Curah Hujan	107
4.9.4	kalkulasi Hujan Rencana	116
4.9.5	kalkulasi Hidrograf Banjir	117
4.10	Modifikasi DEM.....	122
4.11	Hasil peragaan Simlar 2.0.....	

4.11.1 Tanpa Bangunan Sabo	123
4.11.2 Dengan Sabo	125
4.12 telaah Hasil peragaan.....	128
4.12.1 komparasi skor Erosi Pada Tebing dan Sedimen Tertahan	129
4.12.2 Volume dan Kecepatan Arus Debris	131
4.12.3 kawasan Rawan Bencana di Sungai Gumbasa	135
4.13 Telaah Pengontrolan dan pengaturan Sedimen	136
4.13.1 Manajemen Pengontrolan Sedimen	136
4.13.2 Manajemen pengaturan Sedimen di Sabo Dam dan DAS Gumbasa	137
4.13.3 Situasi Eksisting pengaturan & Pengontrolan Sedimentasi	139
4.13.4 Pengaturan dan Pengontrolan Sedimen yang Berkelanjutan	
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	141
5.1 Kesimpulan.....	141
5.2 Saran	142
DAFTAR PUSTAKA	143

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 skor K_T Distribusi Pearson III (Kemenangan Positif).....	23
Tabel 2. 2 skor K_T Distribusi Pearson III (Kemenangan Negatif).....	24
Tabel 2. 3 skor Chi Kuadrat Kritik.....	26
Tabel 2. 4 komparasi Studi Terdahulu	33
Tabel 4. 1 Gradasi Ukuran Butiran Sungai Putih.....	84
Tabel 4. 2 Analisa Ukuran Butiran	101
Tabel 4. 3 Gradasi Ukuran Butiran Sungai	103
Tabel 4. 4 Luas efek Stasiun atas DAS Gumbasa.....	106
Tabel 4. 5 kalkulasi Curah Hujan maks Jam - Jaman	107
Tabel 4. 6 Hasil kalkulasi pedoman Statistik	108
Tabel 4. 7 Distribusi Statistik.....	111
Tabel 4. 8 kalkulasi Uji Chi-Kuadrat	113
Tabel 4. 9 kalkulasi skor Rerata \bar{X}_y	113
Tabel 4. 10 Hyetograf Hujan Rancangan pada Periode Ulang 100 Tahun	116
Tabel 4. 11 Hasil kalkulasi Kurva Naik $0 < t < 2,5253$	118
Tabel 4. 12 Hasil kalkulasi kurva turun $2,5253 < t < 5,6820$	119
Tabel 4. 13 Hasil kalkulasi kurva turun $5,6820 < t < 10,4170$	119
Tabel 4. 14 Hasil kalkulasi kurva turun $t > 16,7303$	120
Tabel 4. 15 kalkulasi Debit Banjir Rencana Teknik Nakayasu.....	121
Tabel 4. 16 Permodelan Elevasi Sungai.....	122
Tabel 4. 17 Tinggi Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 2 peragaan situasi tanpa Sabo	122
Tabel 4. 18 Tinggi Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 3 peragaan situasi tanpa Sabo	122
Tabel 4. 19 Tinggi Sedimen dan Erosi di Titik-Titik Sabo pada jam ke 4 peragaan situasi Tanpa Sabo.....	lampiran
Tabel 4. 20 Sedimen dan Erosi di Titik-Titik Sabo pada jam ke 5 peragaan situasi tanpa Sabo	lampiran

Tabel 4. 21 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 6 peragaan situasi tanpa Sabo	lampiran
Tabel 4. 22 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 7 peragaan situasi tanpa Sabo	lampiran
Tabel 4. 23 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 8 peragaan situasi tanpa Sabo	lampiran
Tabel 4. 24 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 9 peragaan situasi tanpa Sabo	lampiran
Tabel 4. 25 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 10 peragaansituasi tanpa Sabo	lampiran
Tabel 4. 26 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 11 peragaansituasi tanpa Sabo	lampiran
Tabel 4. 27 Tinggi Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 2peragaan situasi memanfaatkan Sabo	lampiran
Tabel 4. 28 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 3 peragaansituasi memanfaatkan Sabo	lampiran
Tabel 4. 29 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 4 peragaansituasi memanfaatkan Sabo	lampiran
Tabel 4. 30 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 5 peragaan situasi memanfaatkan Sabo	lampiran
Tabel 4. 31 Sedimen dan Erosi di Titik-Titik Sabo Jam Ke 6 situasi memanfaatkan Sabo.....	lampiran
Tabel 4. 32 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 7 peragaan situasi memanfaatkan Sabo	lampiran
Tabel 4. 33 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 8 peragaansituasi memanfaatkan Sabo	lampiran
Tabel 4. 34 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 9 peragaansituasi memanfaatkan Sabo	lampiran
Tabel 4. 35 Sedimen dan Erosi di titik – titik Sabo pada jam ke 10 peragaan situasi memanfaatkan Sabo	lampiran
Tabel 4. 36 Sedimen daan Erosi di Titik-Titik Sabo pada Jam Ke 11 peragaan situasi memanfaatkan Sabo	lampiran

Tabel 4. 37 komparasi skor Sedimen dan Erosi pada jam ke 2 peragaan ... lampiran
Tabel 4. 38 komparasi skor Sedimen dan Erosi pada jam ke 3 peragaan ... lampiran
Tabel 4. 39 komparasi skor Sedimen dan Erosi pada jam ke 4 peragaan ... lampiran
Tabel 4. 40 komparasi skor Sedimen dan Erosi pada jam ke 5 peragaan ... lampiran
Tabel 4. 41 komparasi skor Sedimen dan Erosi pada jam ke 6 peragaan ... lampiran
Tabel 4. 42 komparasi skor Sedimen dan Erosi pada jam ke 7 peragaan ... lampiran
Tabel 4. 43 komparasi skor Sedimen dan Erosi pada jam ke 8 peragaan ... lampiran
Tabel 4. 44 komparasi skor Sedimen dan Erosi pada jam ke 9 peragaan ... lampiran
Tabel 4. 45 komparasi skor Sedimen dan Erosi pada jam ke 10 peragaan . lampiran
Tabel 4. 46 komparasi skor Sedimen dan Erosi pada jam ke 11 peragaan . lampiran
Tabel 4. 47 Luas Terdampak Arus Debris lampiran

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. 1 Lokasi Studi di Sungai Gumbasa	7
Gambar 2. 1 terbangunnya Arus Debris.....	9
Gambar 2. 2 prosedur Erosi dan Sedimentasi	12
Gambar 2. 3 macam Sedimen	12
Gambar 2. 4 Transportasi Sedimen.....	13
Gambar 2. 5 efek Bentuk DAS pada Arus lapisan atas.....	15
Gambar 2. 6 efek Kerapatan Parit/kanal pada Hidrograf Arus lapisan atas.....	17
Gambar 2. 7 Teknik Polygon Thiessen	18
Gambar 2. 8 Hidrograf satuan sintetis Nakayasu.....	28
Gambar 2. 9 Kemiringan Tebing yang Diperhitungkan.....	32
Gambar 3. 1 Lokasi Studi.....	36
Gambar 3. 2 Pengecekan Sebelum Pengukuran.....	38
Gambar 3. 3 Lokasi Pengukuran ADCP	39
Gambar 3. 4 Profil melintang pengukuran.....	39
Gambar 3. 5 Pelaksanaan Pengukuran	40
Gambar 3. 6 Grafik Distribusi Ukuran Butiran.....	41
Gambar 3. 7 Ilustrasi pengendapan sedimen di hulu dan teori jarak antar sabodam seri	43
Gambar 4. 1 Peta DEM Lokasi Studi.....	82
Gambar 4. 2 Peta Kawasan Rawan Bencana 2022	82
Gambar 4. 3 Peta Lokasi Objek Studi.....	83
Gambar 4. 4 Grafik Distribusi Ukuran Butiran Sungai Gumbasa	84
Gambar 4. 5 Hasil Permodelan Topografi DEM memanfaatkan ArcGIS 10.3	85
Gambar 4. 6 Tampilan program SIMLAR V 2.0	86
Gambar 4. 7 Mesh Area peragaan pada Topografi	86
Gambar 4. 8 Tampilan Opsi Projek	88
Gambar 4. 9 Tampilan Opsi telaah Hidrologi	88
Gambar 4. 10 Opsi Pilihan telaah Hidrologi	88
Gambar 4. 11 Tabel Kolom Distribusi Hujan	89
Gambar 4. 12 Tabel Isian Distribusi Hujan Manual	89

Gambar 4. 13 Tabel Kolom Hidrograf	90
Gambar 4. 14 Tabel Isian Hidrograf Manual	90
Gambar 4. 15 Halaman Menu peragaan Arus 2D	91
Gambar 4. 16 Jendela Untuk menyertakan Peta DEM	91
Gambar 4. 17 memutuskan Mesh Area	92
Gambar 4. 18 Mesh Area	92
Gambar 4. 19 memutuskan Inflow Point	93
Gambar 4. 20 Penguncian Inflow Point	93
Gambar 4. 21 Submenu Moveable Bed Thickness	94
Gambar 4. 22 memegang Area Moveable Bed Thickness	94
Gambar 4. 23 memutuskan skor Moveable Bed Thickness	95
Gambar 4. 24 Tampilan Jendela Tab Coefficient.....	96
Gambar 4. 25 Fitur Berat macam Sedimen dan Air.....	96
Gambar 4. 26 Tampilan Menu Inflow informasi	97
Gambar 4. 27 Tampilan Menu Output	97
Gambar 4. 28 Tampilan Tombol Eksekusi.....	97
Gambar 4. 29 Tampilan Progress peragaan saat Eksekusi Model 2D.....	98
Gambar 4. 30 Peta Tofografi DAS Gumbasa	100
Gambar 4. 31 Penampang Memanjang Sungai	100
Gambar 4. 32 Grafik Distribusi Butiran Material Dasat Sungai dan Sedimen Melayang	103
Gambar 4. 33 Peta Stasiun Hujan	104
Gambar 4. 34 Sketsa DAS Gumbasa cara Poligon Thiessen	106
Gambar 4. 35 Hyetograf Hujan Rancangan pada Periode Ulang 100 tahun.....	117
Gambar 4. 36 Grafik Unit Hidrograf Nakayasu Sungai Putih	120
Gambar 4. 37 Grafik Hidrograf Banjir Kala Ulang 100 Tahun	122
Gambar 4. 38 Permodelan Elevasi Dasar Sungai.....	lampiran
Gambar 4. 39 Hasil peragaan situasi Tanpa Sabo jam ke 1	lampiran
Gambar 4. 40 Hasil peragaan situasi Tanpa Sabo jam ke 2	lampiran
Gambar 4. 41 Erosi dan Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 2.....	lampiran
Gambar 4. 42 Hasil peragaan situasi Tanpa Sabo jam ke 3	lampiran
Gambar 4. 43 Hasil peragaan situasi Tanpa Sabo jam ke 4	lampiran

Gambar 4. 44 Erosi dan Sedimen Tertahan pada Titik-Titik Sabo Jam ke 4	lampiran
Gambar 4. 45 Hasil peragaan Lahar pada jam ke 4	lampiran
Gambar 4. 46 Hasil peragaan lahar pada jam ke 5 dengan debit banjir 67,0509 m ³ /det.	lampiran
Gambar 4. 47 Erosi dan Sedimen pada Titik PU-C0 Jam ke 5	lampiran
Gambar 4. 48 Hasil peragaan situasi Tanpa Sabo jam ke 6	lampiran
Gambar 4. 49 Erosi dan Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 6	lampiran
Gambar 4. 50 Hasil peragaan situasi Tanpa Sabo jam ke 7	lampiran
Gambar 4. 51 Erosi dan Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 7	lampiran
Gambar 4. 52 Hasil peragaan situasi Tanpa Sabo jam ke 8	lampiran
Gambar 4. 53 Erosi dan Sedimen pada Titik Jam Ke 8	lampiran
Gambar 4. 54 Hasil peragaan Lahar pada Jam Ke 9	lampiran
Gambar 4. 55 Erosi dan Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 9	lampiran
Gambar 4. 56 Hasil peragaan situasi Tanpa Sabo jam ke 10	lampiran
Gambar 4. 57 Erosi dan Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 10	lampiran
Gambar 4. 58 Hasil peragaan situasi Tanpa Sabo jam ke 11	lampiran
Gambar 4. 59 Erosi dan Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 11	lampiran
Gambar 4. 60 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 1	lampiran
Gambar 4. 61 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 2	lampiran
Gambar 4. 62 Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 2	lampiran
Gambar 4. 63 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 3	lampiran
Gambar 4. 64 Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 3	lampiran
Gambar 4. 65 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 4	lampiran
Gambar 4. 66 Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 4	lampiran
Gambar 4. 67 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 5	lampiran

Gambar 4. 68 Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 5	lampiran
Gambar 4. 69 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 6.....	lampiran
Gambar 4. 70 Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo Jam Ke 6.....	lampiran
Gambar 4. 71 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 7.....	lampiran
Gambar 4. 72 Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 7	lampiran
Gambar 4. 73 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 8.....	lampiran
Gambar 4. 74 Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 8	lampiran
Gambar 4. 75 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 9.....	lampiran
Gambar 4. 76 Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 9	lampiran
Gambar 4. 77 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 10.....	lampiran
Gambar 4. 78 Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo jam ke 10	lampiran
Gambar 4. 79 Hasil peragaan situasi memanfaatkan Sabo jam ke 11.....	lampiran
Gambar 4. 80 Sedimen Tertahan Pada Titik-Titik Sabo Jam Ke 11	lampiran
Gambar 4. 81 Peta Sebaran situasi Tanpa Sabo jam ke 1 s/d 2.....	lampiran
Gambar 4. 82 Peta Sebaran situasi Tanpa Sabo jam ke 3 s/d 10.....	lampiran
Gambar 4. 83 Peta Sebaran situasi Tanpa Sabo jam ke 11	lampiran
Gambar 4. 84 Peta Sebaran situasi Sabo jam ke 1 s/d 11.....	lampiran
Gambar 4. 85 komparasi Peta Sebaran 2 situasi jam ke 1, 3 dan 4.....	133
Gambar 4. 86 komparasi Peta Sebaran 2 situasi jam ke 6,8,9 dan 11	lampiran
Gambar 4. 87 Sebaran Arus Debris pada jam ke 3	lampiran
Gambar 4. 88 Sebaran Arus Debris pada jam ke 11	lampiran