



**MODEL PENGENDALIAN BANJIR DENGAN SISTEM KALI
TUMPANG**

DISERTASI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mendapat gelar

DOKTOR
Dalam Ilmu Teknik Sipil

LILIK ARIYANTO
Nomor Induk Mahasiswa: 328192002

**UNIVERSITAS TARUMANAGARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK SIPIL
JAKARTA, JANUARI 2023**



**MODEL PENGENDALIAN BANJIR DENGAN SISTEM KALI
TUMPANG**

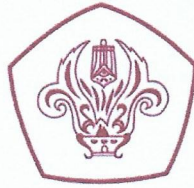
DISERTASI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mendapat gelar

**DOKTOR
Dalam Ilmu Teknik Sipil**

**LILIK ARIYANTO
Nomor Induk Mahasiswa: 328192002**

**UNIVERSITAS TARUMANAGARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK SIPIL
JAKARTA, JANUARI 2023**



Urip iku urup...

*Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Segalanya
karena atas berkat dan karuniaNya lah
akhirnya perjuangan yang dahsyat ini telah sampai pada tujuannya...*

Pencapaian ini kupersembahkan dengan tulus kepada:

Papa dan Mama (+)

Istriku Rosalia Tri Atmini

Anakku Gabriel Angelo Sabda Putra

Anakku Maria Natasya Gracia Putri

*Keluarga Besar yang senantiasa mendukung dan mendoakan
serta semua Sahabat dan Kerabat atas kobaran semangat*

*Semoga, ini adalah awal dari proses berikutnya untuk menjadikan saya lebih
baik dan lebih mewarnai dunia ini, menjadi terang dan cahaya bagi kehidupan
yang bermanfaat namun tidak menyilaukan bagi sesama...*





**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TARUMANAGARA
JAKARTA**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lilik Ariyanto

NIM : 328192002

Program Studi : Doktor Teknik Sipil

adalah mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara yang telah menyusun Disertasi dengan judul:

**MODEL PENGENDALIAN BANJIR DENGAN SISTEM KALI
TUMPANG**

Dengan ini menyatakan bahwa:

Disertasi yang saya susun merupakan hasil pemikiran sendiri secara orisinil dan saya susun sendiri secara mandiri dengan tidak melanggar kode etik karya cipta. Apabila dikemudian hari ternyata Disertasi ini terbukti melanggar kode etik karya cipta dan atau merupakan karya yang dikategorikan mengandung unsur plagiarisme, maka saya bersedia menerima sanksi administratif dan sanksi akademik dari Universitas Tarumanagara.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan benar dan tanpa tekanan dari pihak manapun.

Jakarta, Januari 2023
Yang membuat pernyataan

Lilik Ariyanto



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TARUMANAGARA
JAKARTA**

LEMBAR PERSETUJUAN DISERTASI

Nama : Lilik Ariyanto
NIM : 328192002
Program Studi : Doktor Teknik Sipil

Judul Disertasi

**MODEL PENGENDALIAN BANJIR DENGAN SISTEM KALI
TUMPANG**

Telah diuji pada sidang Terbuka/Promosi pada tanggal 17 Januari 2023 dan dinyatakan lulus, dengan Majelis Penguji terdiri dari:

Ketua : Prof. Dr. Ir. Agustinus Purna Irawan, M.T., M.M., I.P.U., ASEAN Eng
Anggota :
Dr. Any Nurhasanah, S.T., M.T.
Dr. Ir. Najid, MT.
Dr. Ir. Wati A Pranoto, MT.
Prof. Dr. Ir. Herman Parung, M.Sc.

Jakarta, 17 Januari 2023

Promotor Utama,

Prof. Dr. Ir. Agustinus Purna Irawan, M.T., M.M.,
I.P.U., ASEAN Eng

Promotor Pendamping,

Dr. Any Nurhasanah, S.T., M.T.



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TARUMANAGARA
JAKARTA**

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI

Nama : Lilik Ariyanto
NIM : 328192002
Program Studi : Doktor Teknik Sipil

Judul Disertasi

**MODEL PENGENDALIAN BANJIR DENGAN SISTEM KALI
TUMPANG**

Telah dinyatakan lulus serta telah mendapatkan persetujuan dari tim Promotor dan Dewan Penguji sehingga dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar

DOKTOR

Dalam Ilmu Teknik Sipil

Jakarta, 17 Januari 2023

Mengesahkan
Ketua Program Studi,

Dr. Ir. Najid, M.T.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala berkat dan kasih karuniaNya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Disertasi yang berjudul *"Model Pengendalian Banjir Dengan Sistem Kali Tumpang"* sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Disertasi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Doktor pada Program Pascasarjana Doktor Ilmu Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.

Penulis sungguh menyadari bahwa penelitian Disertasi ini masih jauh dari sempurna dan dapat dikembangkan secara lebih mendalam terkait konsep penelitian sejenis di seluruh wilayah Indonesia bahkan dunia sehingga pada saatnya akan menjadi konsep pengendalian banjir yang bermanfaat dan dapat diaplikasikan di sungai-sungai pada wilayah berkembang dan perkotaan.

Penulis mengucapkan terimakasih yang setulusnya kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan dan bantuan serta segala doa dan restu dalam kelancaran selama studi dan penelitian Disertasi pada Program Doktor Ilmu Teknik Sipil Universitas Tarumanagara, sebagai berikut:

- 1 Bapak Prof. Dr. Ir. Agustinus Purna Irawan, M.T., M.M., I.P.U., ASEAN Eng selaku Rektor Universitas Tarumanagara sekaligus sebagai Promotor Utama
- 2 Bapak Harto Tanujaya, S.T., M.T., PhD. selaku Dekan Fakultas Teknik beserta seluruh jajarannya;
- 3 Bapak Dr. Ir. Najid, M.T. selaku Ketua Program Studi Doktor Ilmu Teknik Sipil sekaligus sebagai Penguji Internal;
- 4 Ibu Dr. Any Nurhasanah, S.T., M.T. selaku Promotor Pendamping;
- 5 Ibu Dr. Ir. Wati A Pranoto, M.T. selaku Panguji Internal;
- 6 Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Parung, M.Sc. selaku Panguji Eksternal; dan
- 7 Para Guru Besar, Dosen dan Tenaga Kependidikan pada Program Studi Doktor Ilmu Teknik Sipil – Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara; dan
- 8 Rekan-rekan Mahasiswa Program Doktor Ilmu Teknik Sipil di Universitas Tarumanagara.

Penulis berharap hasil penelitian Disertasi ini dapat menjadi referensi bagi penelitian-penelitian berikutnya atau dapat dikembangkan lagi pada penelitian

berikutnya dengan tema yang sama tetapi mendalami topik bahasan yang lebih detail sehingga dapat lebih memperkaya referensi terkait sistem pengendalian banjir yang dapat diterapkan yang pada akhirnya dapat memberikan manfaat untuk masyarakat di sekitar sungai yang berada pada wilayah berkembang dan perkotaan.

Jakarta, Januari 2023
Penulis,



Lilik Ariyanto

ABSTRAK

Setiap wilayah di Indonesia, khususnya yang berada di sekitar sungai yang berkembang hingga perkotaan selalu dihadapkan pada persoalan banjir di setiap musim penghujan. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak banjir pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah dengan kegiatan normalisasi dalam rangka penambahan kapasitas tampung sungai (untuk bagian tengah). Kegiatan normalisasi dalam rangka penambahan kapasitas tampung sungai yang melintasi wilayah berkembang dan perkotaan akan mengalami kesulitan bahkan menimbulkan permasalahan sosial yang lebih kompleks, karena di banyak tempat wilayah perkotaan masyarakat bertempat tinggal tepat di sisi kanan dan kiri sungai. Kali Tumpang (*Overpass River*) yang terdiri dari 3 infrastruktur utama, yaitu bangkitan aliran berupa Pelimpah Samping, saluran pembawa berupa Kali Gendong dan saluran pengaliran berupa saluran terbuka di atas ruang sungai eksisting merupakan salah satu konsep penambahan kapasitas tampung sungai dengan mengalirkan debit banjir di atas ruang sungai eksisting tanpa harus menggusur sisi kanan dan kiri sungai.

Untuk memodelkan Kali Tumpang (*Overpass River*) terlebih dahulu akan dianalisis besaran debit banjir rancangan Sungai Way Pisang dan running program HECRAS untuk mengetahui besaran kapasitas tampung dan penampang basah pada setiap profil penampang sungai. Selanjutnya akan dilakukan dengan perencanaan dimensi bangunan Kali Tumpang (*Overpass River*) pada bagian akhir untuk dapat membagi debit banjir yang mengalir pada ruas sungai.

Hasil analisis dan kajian mendalam dapat diketahui bahwa Sungai Way Pisang merupakan sungai yang memiliki klasifikasi ruas sungai alami, sungai berkembang dan sungai perkotaan dimana setiap tahun mengalami kejadian banjir yang berdampak pada bagian hilir sungai yang cukup padat penduduknya dengan besaran debit banjir untuk kala ulang 2 tahun sebesar $186,8 \text{ m}^3/\text{s}$; kala ulang 5 tahun sebesar $269,7 \text{ m}^3/\text{s}$; kala ulang 10 tahun sebesar $323,1 \text{ m}^3/\text{s}$; kala ulang 20 tahun sebesar $376,4 \text{ m}^3/\text{s}$; kala ulang 25 tahun sebesar $388,1 \text{ m}^3/\text{s}$; kala ulang 50 tahun sebesar $435,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Efektifitas penambahan kapasitas tampung sungai dapat dilihat pada pemodelan debit banjir kalau ulang 10 tahun terjadi penurunan debit banjir yang mengalir dari $155,5 \text{ m}^3/\text{s}$ menjadi $124,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (berkurang $30,9 \text{ m}^3/\text{s} = 19,9 \%$), untuk kala ulang 20 tahun dari $181,2 \text{ m}^3/\text{s}$ menjadi $145,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (berkurang $36,1 \text{ m}^3/\text{s} = 19,9 \%$) dan untuk kala ulang 50 tahun dari $209,6 \text{ m}^3/\text{s}$ menjadi $167,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (berkurang $41,9 \text{ m}^3/\text{s} = 20 \%$). Efektifitas dalam mengurangi potensi genangan banjir dapat dilihat pada pemodelan debit banjir kala ulang 10 tahun luas penampang basah total mengalami penurunan dari $343,3 \text{ km}^2$ menjadi $280,9 \text{ m}^2$ (berkurang $62,3 \text{ km}^2 = 18,1 \%$), untuk debit banjir kala ulang 20 tahun luas penampang basah total mengalami penurunan dari $391,3 \text{ km}^2$ menjadi $322,9 \text{ m}^2$ (berkurang $68,4 \text{ km}^2 = 17,5 \%$), untuk debit banjir kala ulang 50 tahun luas penampang basah total mengalami penurunan dari $433,5 \text{ km}^2$ menjadi $364,7 \text{ km}^2$ (berkurang $68,7 \text{ km}^2 = 15,9 \%$).

Kata Kunci: Kali Tumpang, Banjir, HECRAS

ABSTRACT

Every region in Indonesia, especially those around rivers that develop to urban areas is always faced with the problem of flooding in every rainy season. Some efforts that can be made to reduce the impact of flooding in a watershed (DAS) are normalization activities in order to increase the river's carrying capacity (for the middle part). Normalization activities in the context of increasing the capacity of rivers that cross developing and urban areas will experience difficulties and even cause more complex social problems, because in many places in urban areas people live right on the right and left sides of the river. Kali Tumpang (Overpass River) which consists of 3 main infrastructures, namely flow intake in the form of a side spill, a carrier channel in the form of Kali Gendong and a drainage channel in the form of an open channel above the existing river space, existing river space without having to displace the right and left sides of the river.

To model the Overpass River, we will first analyze the amount of flood discharge designed by the Way Pisang River and run the HECRAS program to determine the carrying capacity and wet cross-section of each cross-sectional profile of the river. Furthermore, it will be carried out by planning the dimensions of the Kali Tumpang (Overpass River) building at the end to be able to share the flood discharge that flows on the river section.

The results of in-depth analysis and study can be seen that the Way Pisang River is a river that has a classification of natural river segments, developing rivers and urban rivers where every year it experiences flooding events that have an impact on the downstream part of the river which is quite densely populated with the amount of flood discharge for a return period of 2 years. of $186,8 \text{ m}^3/\text{s}$; 5 year return period is $269,7 \text{ m}^3/\text{s}$; 10 year return period is $323,1 \text{ m}^3/\text{s}$; the 20-year return period is $376,4 \text{ m}^3/\text{s}$; the 25 year birthday period is $388,1 \text{ m}^3/\text{s}$; the 50-year return period is $435,1 \text{ m}^3/\text{s}$. The effectiveness of the addition of the river's capacity can be seen in the modeling of the flood discharge if on a 10 year return there is a decrease in the flood discharge that flows from $155,5 \text{ m}^3/\text{s}$ to $124,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (reduced by $30,9 \text{ m}^3/\text{s} = 19,9\%$), for the 20-year return period from $181,2 \text{ m}^3/\text{s}$ to $145,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (reduced by $36,1 \text{ m}^3/\text{s} = 19,1\%$) and for the 50-year return period from $209,6 \text{ m}^3/\text{s}$ to $167,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (reduced by $41,9 \text{ m}^3/\text{s} = 20\%$). The effectiveness in reducing the potential for flood inundation can be seen in the modeling of flood discharge during the 10-year return period, the total wet cross-sectional area has decreased from $343,3 \text{ km}^2$ to $280,9 \text{ m}^2$ (reduced $62,3 \text{ km}^2 = 18,1\%$), for the return flood discharge. 20 years the total wet cross-sectional area has decreased from $391,3 \text{ km}^2$ to $322,9 \text{ m}^2$ ($68,4 \text{ km}^2 = 17,5\%$ reduction), for flood discharge during the 50-year return period, the total wet cross-sectional area has decreased from $433,5 \text{ km}^2$ to $364,7 \text{ m}^2$ (reduced by $68,7 \text{ km}^2 = 15,9\%$).

Keywords: Kali Tumpang, Flood, HECRAS

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN DISERTASI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	8
1.3 Perumusan Masalah	9
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian	9
1.5 Manfaat Penelitian	10
1.6 Pembatasan Ruang Lingkup Masalah.....	10
1.7 Kebaruan (<i>Novelty</i>).....	11
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	12
2.1 Kajian Pustaka Tentang Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS).....	12
2.2 Kajian Pustaka Tentang Infrastruktur Pengendalian Banjir.....	18
2.3 Landasan Teori Tentang Sungai.....	26
2.4 Landasan Teori Tentang Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	28
2.4.1 Pengukuran Hujan	28
2.4.2 Curah Hujan Kawasan.....	29
2.4.3 Hidrometri	31
2.4.4 Limpasan	31
2.4.5 Distribusi Hujan Jam-jaman.....	32
2.4.6 Koefisien Pengaliran	33
2.4.7 Analisa Curah hujan netto jam-jaman.....	34
2.4.8 Hujan Efektif.....	34
2.4.9 Hidrograf Sungai	36
2.5 Landasan Teori Tentang Pemodelan Hidrolika Sungai.....	42
2.5.1 Persamaan Dasar Untuk Perhitungan Profil Aliran.....	42
2.5.2 Tahapan Kegiatan Analisis Pemodelan Sungai.....	44
2.6 Konsep Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>).....	45
2.7 Hipotesis.....	46
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	57
3.1 Pendekatan	57
3.2 Metode Pelaksanaan Penelitian.....	57
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	64
BAB 4 ANALISIS DATA DAN HASIL PENELITIAN	65
4.1 Pemodelan Debit Banjir	65
4.1.1 Data Karakteristik DAS Way Pisang.....	65
4.1.2 Data Pencatatan Curah Hujan pada DAS Way Pisang	67

4.1.3	Data Morfologi Sungai Way Pisang	68
4.1.4	Perhitungan Debit Banjir Rencana	68
4.2	Pemodelan Hidrolika Sungai pada Kondisi Eksisting	91
4.3	Pengukuran Debit Sesaat Sebagai Validasi Debit Banjir Rancangan	125
4.4	Dimensi Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>).....	128
4.5	Pemodelan Hidrolika Dengan Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>)...	135
4.6	Manfaat Lain Keberadaan Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>)	192
4.7	Pemodelan Persamaan Regresi	193
4.7.1.	Pemodelan Kapasitas Tampung Sungai	194
4.7.2.	Pemodelan Potensi Genangan Banjir	210
4.8	Hasil Penelitian dan Luaran	224
BAB 5	KESIMPULAN	226
5.1	Kesimpulan	226
5.2	Implikasi Hasil Penelitian	226
5.3	Rekomendasi	227
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Rencana Kegiatan Normalisasi Sungai di Beberapa Wilayah Lampung	6
Tabel 2.1	Researchgap	47
Tabel 3.1	Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian	64
Tabel 4.1	Pos Hujan pada DAS Way Pisang	67
Tabel 4.2	Hujan Maksimum DAS Way Pisang	69
Tabel 4.3	Uji Konsistensi Data Hujan Daerah Maksimum DAS Way Pisang	73
Tabel 4.4	Uji Outlier Hujan Daerah Maksimum DAS Way Pisang	74
Tabel 4.5	Parameter Statistik Surah Hujan Daerah DAS Way Pisang	75
Tabel 4.6	Parameter Statistik Logaritmik Curah Hujan Daerah DAS Way Pisang	75
Tabel 4.7	Pemiliha Fungsi Distribusi Hujan DAS Way Pisang.....	76
Tabel 4.8	Hujan Rancangan DAS Way Pisang.....	77
Tabel 4.9	Uji Chi-Square Hujan Daerah DAS Way Pisang.....	77
Tabel 4.10	Uji Kolmogorov-Smirnov Hujan Daerah DAS Way Pisang	78
Tabel 4.11	Reduksi Hujan Rencana DAS Way Pisang.....	78
Tabel 4.12	Nilai Koefisien Pengaliran (C) Rata-Rata DAS Way Pisang	79
Tabel 4.13	Nilai Koefisien Pengaliran Rata-Rata (Berdasarkan Intensitas Curah Hujan & Tata Guna Lahan) pada DAS Way Pisang	79
Tabel 4.14	Curah Hujan Efektif DAS Way Pisang.....	79
Tabel 4.15	Hidrograf Satuan Sintetis DAS Way Pisang dengan Metode Nakayasu.....	81
Tabel 4.16	Banjir Rencana DAS Way Pisang kala Ulang 2 Tahun.....	83
Tabel 4.17	Banjir Rencana DAS Way Pisang kala Ulang 5 Tahun.....	84
Tabel 4.18	Banjir Rencana DAS Way Pisang kala Ulang 10 Tahun.....	85
Tabel 4.19	Banjir Rencana DAS Way Pisang kala Ulang 20 Tahun.....	86
Tabel 4.20	Banjir Rencana DAS Way Pisang kala Ulang 25 Tahun.....	87
Tabel 4.21	Banjir Rencana DAS Way Pisang kala Ulang 50 Tahun.....	88
Tabel 4.22	Banjir Rencana DAS Way Pisang kala Ulang 100 Tahun.....	89
Tabel 4.23	Rekapitulasi Debit Banjir Rencana DAS Way Pisang.....	90
Tabel 4.24	Rekapitulasi Debit Banjir Rencana DAS Way Pisang Metode Nakayasu.....	90
Tabel 4.25	Hasil Running Pemodelan Banjir Sungai Way Pisang Dengan Debit Banjir Rencana Q10 Tahun.....	100
Tabel 4.26	Hasil Running Pemodelan Banjir Sungai Way Pisang Dengan Debit Banjir Rencana Q20 Tahun.....	111
Tabel 4.27	Hasil Pengamatan dan Pengukuran Debit Sesaat	127
Tabel 4.28	Harga Biaya Konstruksi Kali Tumpang Setiap Model Pembagi Debit.....	133
Tabel 4.29	Hasil Pemodelan Kali Tumpang (Q10).....	140
Tabel 4.30	Hasil Pemodelan Kali Tumpang (Q20).....	155
Tabel 4.31	Hasil Pemodelan Kali Tumpang (Q50).....	172
Tabel 4.32	Rekapitulasi Hasil Pemodelan Kali Tumpang	186

Tabel 4.33 Data Dasar Analisis Korelasi dan Regresi Model Kali Tumpang ...	194
Tabel 4.34 Deskripsi Statistik Hasil Analisis Data	202
Tabel 4.35 Tabel Korelasi Model Statistik	203
Tabel 4.36 Tabel Output Model Statistik.....	203
Tabel 4.37 Analisis Varian (Anova) Model Statistik.....	203
Tabel 4.38 Data Dasar Sungai Way Ketibung Untuk Uji Validasi Persamaan ..	205
Tabel 4.39 Hasil Uji Validasi Model Persamaan Kapasitas Tampung Sungai ..	207
Tabel 4.40 Data Dasar Analisis Korelasi dan Regresi Model Kali Tumpang ...	210
Tabel 4.41 Deskripsi Statistik Hasil Analisis Data	218
Tabel 4.42 Tabel Korelasi Model Statistik	218
Tabel 4.43 Tabel Output Model Statistik.....	218
Tabel 4.44 Analisis Varian (Anova) Model Statistik.....	218
Tabel 4.45 Data Sungai Way Ketibung Untuk Uji Validasi Model Persamaan	219
Tabel 4.46 Hasil Uji Validasi Model Persamaan Potensi Banjir	221

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Daerah Rawan Banjir DAS Pisang di Provinsi Lampung ..	3
Gambar 1.2	Kegiatan Normalisasi Sungai Dengan Pengerukan dan Pelebaran.....	5
Gambar 1.3	Beberapa Kondisi Sungai di Wilayah Perkotaan.....	8
Gambar 2.1	Hidrograf (Sumber: Sri Harto 1993).....	37
Gambar 2.2	Prinsip Hidrograf Satuan (Sumber: Triatmodjo 2006)	37
Gambar 2.3	Ilustrasi Konsep Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>).....	46
Gambar 2.4	<i>Fish Bond Diagram</i> Penelitian.....	55
Gambar 3.1	Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian.....	58
Gambar 3.2	Tahapan Kegiatan Studi Literatur dan Kajian Pustaka.....	60
Gambar 3.3	Tahapan Kegiatan Pemodelan Hidrologi.....	61
Gambar 3.4	Tahapan Kegiatan Pemodelan Kapasitas Tampung Sungai	62
Gambar 3.5	Tahapan Kegiatan Pemodelan Statistik	63
Gambar 4.1	Peta Penggunaan Lahan DAS Way Pisang.....	66
Gambar 4.2	Peta Kelerengan DAS Way Pisang	66
Gambar 4.3	Peta Poligon <i>Thiesen</i> DAS Way Pisang.....	67
Gambar 4.4	HSS Nakayasu DAS Way Pisang	82
Gambar 4.5	Hidrograf Banjir Rencana DAS Way Pisang Metode Nakayasu.....	91
Gambar 4.6	Tampilan dalam Membuat <i>Project</i> Pemodelan Way Pisang	92
Gambar 4.7	Pengaturan Awal <i>Select Unit System</i> Sungai Way Pisang	93
Gambar 4.8	Peniruan Geometri Sungai Way Pisang	94
Gambar 4.9	Input Data Penampang Melintang Sungai Way Pisang	95
Gambar 4.10	Pemodelan Hidrolika Debit Banjir Rancangan Sungai Way Pisang	96
Gambar 4.11	<i>Running</i> Pemodelan Aliran Banjir Sungai Way Pisang.....	97
Gambar 4.12	Model Penampang Memanjang Sungai Way Pisang	98
Gambar 4.13	Model Penampang Melintang Sungai Way Pisang.....	99
Gambar 4.14	Kegiatan Pengamatan dan Pengukuran Debit Sesaat.....	126
Gambar 4.15	Hasil Pengamatan dan Pengukuran Debit Sesaat.....	127
Gambar 4.16	Bentuk Dimensi Kali Tumpang Pembagi Debit Banjir	129
Gambar 4.17	Penampang Sungai Kondisi Eksisting dan Kondisi Terdapat Kali Tumpang	129
Gambar 4.18	Desain Pelimpah Samping dan Saluran Pembawa.....	130
Gambar 4.19	Desain Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>).....	131
Gambar 4.20	Gambar Situasi pada Infrastruktur Pelimpah Samping dan Saluran Pembawa.....	132
Gambar 4.21	Tingkat Efektifitas Dimensi dan Biaya Konstruksi Model Pembagi Debit pada Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>)	134
Gambar 4.22	Proses Pemodelan Hidrolika Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>)	136
Gambar 4.23	Penampang Memanjang Hasil Pemodelan Kali	

	Tumpang (<i>Overpass River</i>) Debit Banjir 10 Tahun - Q10.....	138
Gambar 4.24	Penampang Melintang Hasil Pemodelan Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>) pada Debit Banjir 10 Tahun - Q10	139
Gambar 4.25	Penampang Memanjang Hasil Pemodelan Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>) Debit Banjir Kala Ulang 20 Tahun – Q20	153
Gambar 4.26	Hasil Pemodelan Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>) pada Debit Banjir Kala Ulang 20 tahun - Q20	154
Gambar 4.27	Penampang Memanjang Hasil Pemodelan Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>) pada Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun – Q50	170
Gambar 4.28	Penampang Melintang Hasil Pemodelan Kali Tumpang (<i>Overpass River</i>) pada Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun - Q50	171
Gambar 4.29	Perubahan Elevasi Muka Air Banjir Hasil Pemodelan pada Kondisi Debit Banjir Q10	187
Gambar 4.30	Perubahan Elevasi Muka Air Banjir Hasil Pemodelan pada Kondisi Debit Banjir Q20	188
Gambar 4.31	Perubahan Elevasi Muka Air Banjir Hasil Pemodelan pada Kondisi Debit Banjir Q50	188
Gambar 4.32	Perubahan Debit Rata-Rata per Profil Hasil Pemodelan pada Kondisi Debit Banjir Q10.....	189
Gambar 4.33	Perubahan Debit Rata-Rata per Profil Hasil Pemodelan pada Kondisi Debit Banjir Q20.....	189
Gambar 4.34	Perubahan Debit Rata-Rata per Profil Hasil Pemodelan pada Kondisi Debit Banjir Q50.....	190
Gambar 4.35	Perubahan Luas Penampang Basah Rata-Rata per Profil Hasil Pemodelan pada Kondisi Debit Banjir Q10	191
Gambar 4.36	Perubahan Luas Penampang Basah Rata-Rata per Profil Hasil Pemodelan pada Kondisi Debit Banjir Q20	191
Gambar 4.37	Perubahan Luas Penampang Basah Rata-Rata per Profil Hasil Pemodelan pada Kondisi Debit Banjir Q50	191