

**EVALUASI SISTEM JARINGAN DRAINASE
DAERAH ENTROP KOTA JAYAPURA
PAPUA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



Disusun oleh:

**ISTUTI MUHADDAH ODE
NIM 0210640039**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN PENGAIRAN
MALANG
2008**

ABSTRAKSI

Istuti Muhaddah Ode, 0210640039, Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Daerah Entrop Kota Jayapura Papua, Tugas akhir Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur. Dosen Pembimbing : Ir. Ussy Andawayanti, M.S. dan Very Dermawan, S.T, M.T.

Pesatnya perkembangan suatu daerah perkotaan, dengan didukung meluasnya lapangan-lapangan pekerjaan dan fasilitas umum menimbulkan dampak adanya pemusatan penduduk di daerah tersebut. Konsekuensinya kebutuhan akan perumahan merupakan kebutuhan pokok bagi masyarakat yang terus meningkat. Salah satunya adalah Kota Jayapura yang merupakan ibukota Propinsi Papua. Hal ini terlihat dari bermunculan perumahan-perumahan baru, fasilitas umum, dan tempat perbelanjaan. Seperti halnya pada wilayah Entrop, yang pada saat ini terus diadakan pengembangan dengan mereklamasi daerah rawa dan membuka lahan baru di daerah perbukitan sekitar Sungai Entrop 1 dan Entrop 2.

Berdasarkan pada kondisi tersebut, studi ini mengkaji dampak perubahan tataguna lahan kawasan pengembangan Entrop terhadap debit limpasan, besar erosi lahan dan pengaruh pasang surut air laut di hilir sungai Entrop 1 dan Entrop 2. Dan mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting dengan mempertimbangkan aspek-aspek diatas.

Dengan adanya perubahan tataguna lahan pada kawasan pengembangan Entrop, menjadikan dampak peningkatan jumlah debit limpasan yang terjadi, yaitu meningkat sebesar $6.34 \text{ m}^3/\text{dt}$. Selain mengalirkan debit limpasan, saluran S.Wa.Ka dan S.Wa.Ki juga menangkap sedimen yang masuk bersama limpasan sebesar 1290.784 ton/tahun.

Adanya pengaruh pasang surut di badan sungai mengakibatkan naiknya muka air sungai saat pasang hingga mencapai hilir saluran drainase. Muka air sungai bertambah 0.6 m di hilir saluran P.Kd.Ka dan P.Kd.Ki dan 0.39 m di hilir saluran SS2. Naiknya muka air sungai tidak menghambat keluarnya air di saluran SS2. Untuk hilir saluran P.Kd.Ki dan P.Kd.Ka perlu dilakukan peninggian tinggi tanggul setinggi 0.4 m. Agar air sungai tidak masuk ke dalam saluran, maka pada hilir saluran direncanakan pemasangan pintu klep.

Kondisi lokasi pengembangan perumahan yang terletak pada daerah yang berbukit dengan kemiringan yang curam, adalah menjadi salah satu pertimbangan dalam perencanaan saluran drainasenya. Dengan kondisi tersebut pada perencanaan saluran dibutuhkan adanya bangunan terjunan, sebab saluran dalam perencanaannya harus menggunakan slope yang landai. Namun demikian dari melihat hasil perencanaan saluran, tidak terdapat pengendapan sedimen di sepanjang saluran drainase.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **"Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Daerah Entrop Kota Jayapura Papua"** ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Untuk Bapak dan Ibuku yang telah memberikan segalanya.
2. Dinas Pendidikan Jayapura yang membantu dalam pendanaan selama kuliah.
3. Bu Ir. Ussy Andawayanti, MS dan Bapak Very Dermawan, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga dan pikiran guna terselesaikannya laporan ini.
4. Staf Jurusan Pengairan dan Fakultas Teknik yang telah membantu segala kelancaran laporan ini.
5. Bapak Birendrajana yang sangat membantu dalam pencarian data.
6. Saudara Elroy ST, Firman ST, Aji Widyatmoko ST yang membantu memberikan ide dan pencarian data di lapangan.
7. Semua pihak yang membantu mulai awal hingga akhir penyelesaian laporan ini, dari sekedar perhatian sampai bantuan teknisnya.

Semoga informasi yang terdapat dalam laporan ini bermanfaat bagi semua yang membacanya.

Malang, July 2008

Istuti Muhaddah Ode

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah.....	3
1.5 Tujuan dan Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisa Hidrologi	5
2.1.1 Hujan Rerata Daerah	5
2.2.1 Curah Hujan Rancangan	6
2.1.3 Uji Kesesuaian Distribusi	9
2.1.3.1 Tes Uji Smirnov-Kolmogorov	9
2.1.3.2 Tes Uji Chi-Square	10
2.1.4 Intensitas Hujan	11
2.2 Erosi dan Sedimentasi Lahan.....	12
2.2.1 Penyebab Erosi	13
2.2.2 Proses Erosi Air Hujan	13
2.2.3 Pendugaan Besar Erosi	15
2.2.3.1 Faktor Erosivitas Hujan	16
2.2.3.2 Faktor Erodibilitas Tanah	17
2.2.3.3 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng	20
2.2.3.4 Faktor Tanaman dan Pengelolaan Lahan (CP)	20
2.2.4 Pendugaan Besar Sedimen.....	22
2.3 Limpasan Permukaan	24
2.4 Evaluasi dan Perencanaan Saluran	26
2.4.1 Kapasitas Saluran.....	27
2.4.2 Geometri Saluran.....	27

2.4.3 Tinggi Jagaan (Free Board)	28
2.4.4 Kemiringan Dinding Tebing Saluran.....	28
2.4.5 Kecepatan Maksimum Yang Diijinkan.....	29
2.4.6 Gorong-gorong.....	29
2.5 Analisa Transportasi Sedimen	30
2.5.1 Pengetahuan Dasar Transportasi Sedimen.....	30
2.5.2 Proses Trjadinya Transpportasi Sedimen	30
2.5.3 Perhitungan Transportasi Sedimen	33
2.5.3.1 Muatan Layang (<i>Suspended Load</i>)	33
2.5.3.2 Muatan Dasar (<i>Bed Load</i>).....	34
2.6 Perhitungan Oleh Paket Program HEC-6	35
2.6.1 Umum	35
2.6.2 Teori Dasar Perhitungan Hidraulik.....	36
2.6.2.1 Persamaan Energi Satu Dimensi.....	36
2.6.2.2 Kehilangan Hidraulik.....	37
2.6.2.3 Perhitungan Elemen Hidraulik.....	38
2.6.2.4 Koefisien Kekasaran	40
2.6.3 Teori Dasar Perhitungan Hidraulik.....	40
2.6.3.1 Persamaan Kontinuitas Material Sedimen.....	40
2.6.3.2 Pergerakan Sedimen	44
2.7 Masukkan Data Pada Program Hec-6.....	45
2.8 Teori Pasang Surut.....	46
BAB III METODE KAJIAN	
3.1 Diskripsi Daerah Kajian	48
3.1.1 Lokasi Kajian	48
3.1.2 Kondisi Daerah Kajian.....	48
3.2 Pendekatan Masalah	48
3.3 Rancangan Hasil Studi.....	49
3.4 Data Yang Diperlukan	49
3.5 Langkah-langkah Pengerjaan Studi	50
BAB IV DATA DAN ANALISA DATA	
4.1 Analisa Hidrologi	56
4.1.1 Perhitungan Curah Hujan Harian Tahunan.....	56
4.1.2 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Person Type III	57

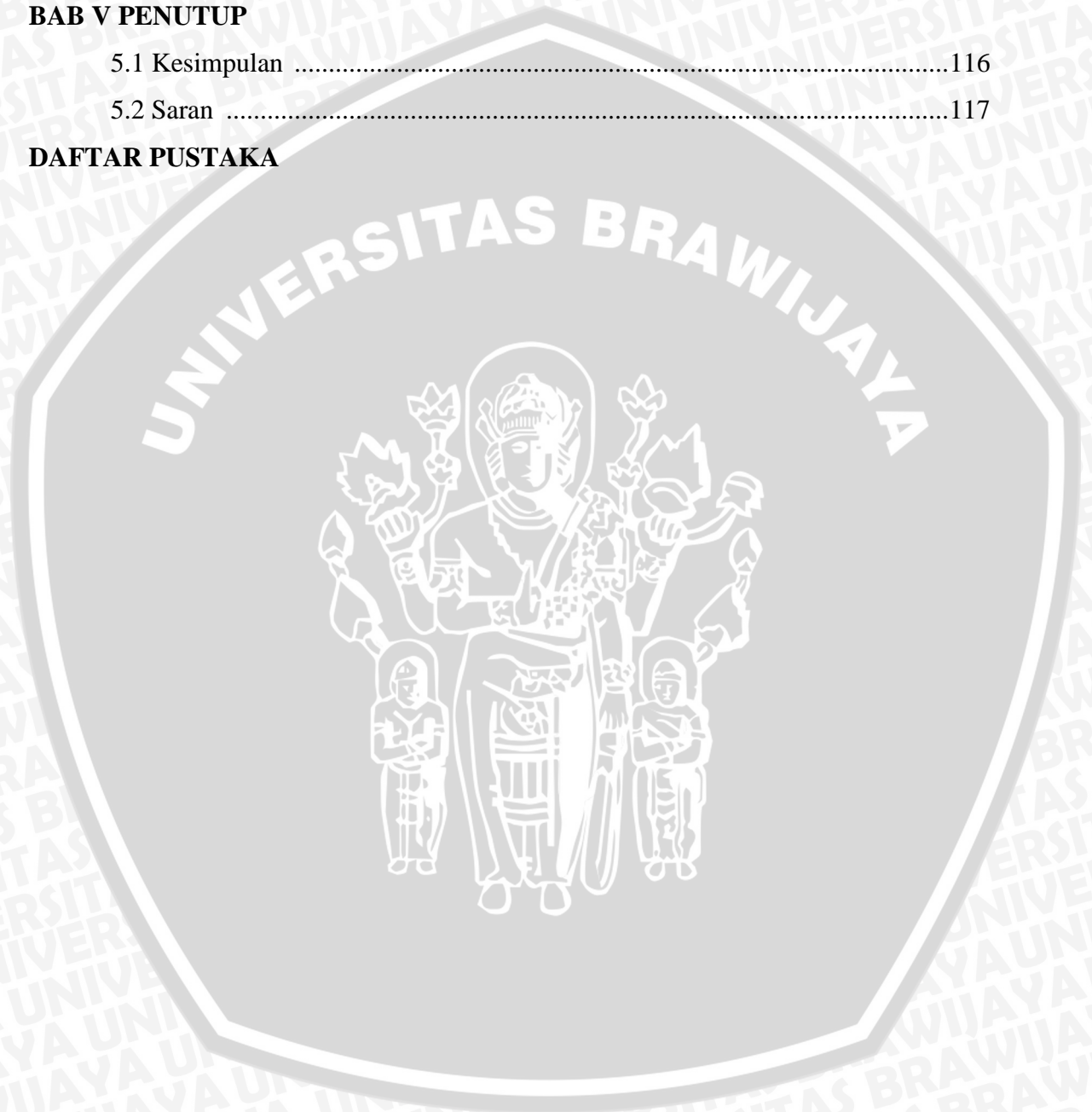
4.1.3 Uji Distribusi Frekuensi.....	59
4.1.3.1 Uji Smirnov Kolmogorov	59
4.1.3.2 Uji Chi-Square	60
4.1.4 Intensitas Hujan	61
4.1.5 Perhitungan Indeks Erosivitas Hujan.....	64
4.2 Pendugaan Besar Erosi	67
4.2.1 Penggambaran Peta DEM.....	67
4.2.2 Penggambaran Daerah Tangkapan	67
4.2.3 Penggambaran dan Perhitungan Faktor LS	67
4.2.4 Penggambaran Peta Jenis Tanah.....	69
4.2.5 Penggambaran Peta Tataguna Lahan.....	69
4.2.6 Penggambaran dan Perhitungan Erosi Lahan	69
4.3 Limpasan Permukaan.....	78
4.3.1 Penggambaran Peta Ketinggian	78
4.3.2 Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc).....	78
4.3.3 Perhitungan Besar Intensitas Hujan	78
4.3.4 Perhitungan Nilai Koefisien Pengaliran (C)	79
4.3.5 Perhitungan Debit Limpasan Metode Rasional	81
4.4 Evaluasi Dimensi Saluran Drainase.....	83
4.5 Rencana Perbaikan Saluran Drainase Utama.....	85
4.5.1 Analisa Kondisi Hidraulik Pada Terjunan	86
4.5.2 Perhitungan Gorong-gorong	100
4.6 Pengaruh Pasang Surut Air Laut.....	104
4.6.1 Pengaruh Pasang Surut Air Laut Pada Badan Sungai.....	105
4.7 Pengendalian Genangan.....	107
4.7.1 Menaikkan Hilir Saluran P.Kd.Ka dan P.Kd.Ki	107
4.7.2 Perencanaan Pintu Klep	107
4.8 Analisa Transport Sedimen Pada Saluran	110
4.8.1 Analisa Transport Sedimen Pada Saluran S.Wa.Ki.....	110
4.8.1.1 Masukkan Data Geometri Saluran pada Hec-6.....	110
4.8.1.2 Masukkan Data Sedimen Saluran pada Hec-6.....	110
4.8.1.3 Kondisi Batas pada Hec-6.....	111
4.8.1.4 Hasil Keluaran pada Hec-6.....	111

4.8.2 Analisa Transport Sedimen Pada Saluran S.Wa.Ka	113
4.8.2.1 Masukkan Data Geometri Saluran pada Hec-6.....	113
4.8.2.2 Masukkan Data Sedimen Saluran pada Hec-6.....	113
4.8.2.3 Kondisi Batas pada Hec-6.....	113
4.8.2.4 Hasil Keluaran pada Hec-6	115

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	116
5.2 Saran	117

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Syarat Pemilihan Metode Frekuensi	7
Tabel 2.2	Nilai G untuk Distribusi Log Person Type III	8
Tabel 2.3	Nilai Kritis untuk Uji Smirnov Kolmogorof.....	10
Tabel 2.4	Nilai Percentile X_p^2 terhadap derajat bebas v untuk uji Chi Square	11
Tabel 2.5	Klasifikasi Struktur Tanah	18
Tabel 2.6	Klasifikasi Permeabilitas	18
Tabel 2.7	Nilai Erodibilitas Tanah.....	19
Tabel 2.8	Nilai Faktor CP beberapa jenis lahan	21
Tabel 2.9	Nilai SDR menurut SCS USDA	24
Tabel 2.10	Harga Koefisien Pengaliran (C).....	26
Tabel 2.11	Angka Kekasaran Manning (n).....	26
Tabel 2.12	Nilai Tinggi Jagaan (Free Board)	28
Tabel 2.13	Kemiringan dinding tebing saluran sesuai dengan	28
Tabel 2.14	Kecepatan Maksimum yang Diiijinkan Menurut Fortier dan Scobey	29
Tabel 2.15	Proses Transpor Sedimen di Dasar Saluran.....	32
Tabel 2.16	Klasifikasi Ukuran Butiran Pada Material Sedimen.....	45
Tabel 2.17	Tidal Constituents Utama	46
Tabel 3.1	Rancangan hasil Studi.....	49
Tabel 4.1	Data Hujan Maksimum Harian Tahunan	56
Tabel 4.2	Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum Rerata Tahunan	56
Tabel 4.3	Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person III	58
Tabel 4.4	Besarnya Curah Hujan Rancangan Log Person Type III.....	59
Tabel 4.5	Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorof	60
Tabel 4.6	Perhitungan Chi-Square	61
Tabel 4.7	Perhitungan Kurva Intensitas Curah Hujan	62
Tabel 4.8	Curah Hujan Rerata Bulanan Stasiun Entrop dan Polimak	65
Tabel 4.9	Perhitungan Indeks Erosivitas	65
Tabel 4.10	Nilai CP untuk Tataguna Lahan Daerah Tangkapan	69
Tabel 4.11	Perhitungan Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng.....	70

Tabel 4.12	Overlay dan Perhitungan Duga Erosi pada lahan Kajian	71
Tabel 4.13	Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)	79
Tabel 4.14	Persentase Luasan Pengisi Lahan Untuk daerah Erosi	80
Tabel 4.15	Perhitungan Koefisien C untuk daerah Tererosi.....	80
Tabel 4.16	Perhitungan Debit Limpasan Metode Rasional	81
Tabel 4.17	Perhitungan Debit Limpasan Metode Rasional Untuk daerah Erosi	81
Tabel 4.18	Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Utama	83
Tabel 4.19	Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase.....	84
Tabel 4.20	Perencanaan Dimensi Saluran P.En.Ka	88
Tabel 4.21	Perencanaan Dimensi Saluran P.En.Ki.....	88
Tabel 4.22	Perencanaan Dimensi Saluran P.Kd.Ki	90
Tabel 4.23	Perencanaan Dimensi Saluran P.Kd.Ka.....	90
Tabel 4.24	Perencanaan Dimensi Saluran P.Ra.Ka	91
Tabel 4.25	Perencanaan Dimensi Saluran P.Ra.Ki.....	91
Tabel 4.26	Perencanaan Dimensi Saluran S.Ja.Ka	92
Tabel 4.27	Perencanaan Dimensi Saluran S.Ja.Ki.....	92
Tabel 4.28	Perencanaan Dimensi Saluran S.Wa.Ka	93
Tabel 4.29	Perencanaan Dimensi Saluran S.Wa.Ki.....	93
Tabel 4.30	Perencanaan Dimensi Saluran SS1	94
Tabel 4.31	Perencanaan Dimensi Saluran SS2.....	94
Tabel 4.32	Terjunan Saluran P.En.Ka	96
Tabel 4.33	Terjunan Saluran P.En.Ki	96
Tabel 4.34	Terjunan Saluran P.Kd.Ki.....	96
Tabel 4.35	Terjunan Saluran P.Kd.Ka	97
Tabel 4.36	Terjunan Saluran P.Ra.Ka	97
Tabel 4.37	Terjunan Saluran P.Ra.Ki	97
Tabel 4.38	Terjunan Saluran S.Ja.Ka.....	98
Tabel 4.39	Terjunan Saluran S.Ja.Ki	98
Tabel 4.40	Terjunan Saluran S.Wa.Ka	99
Tabel 4.41	Terjunan Saluran S.Wa.Ki	99
Tabel 4.42	Terjunan Saluran SS1	99
Tabel 4.43	Data Pasang Surut Hasil Pengamatan.....	104
Tabel 4.44	Konstanta Utama Pasang Surut di Muara Sungai Entrop	104
Tabel 4.45	Besaran Pasang Surut Muara Sungai Entrop	104

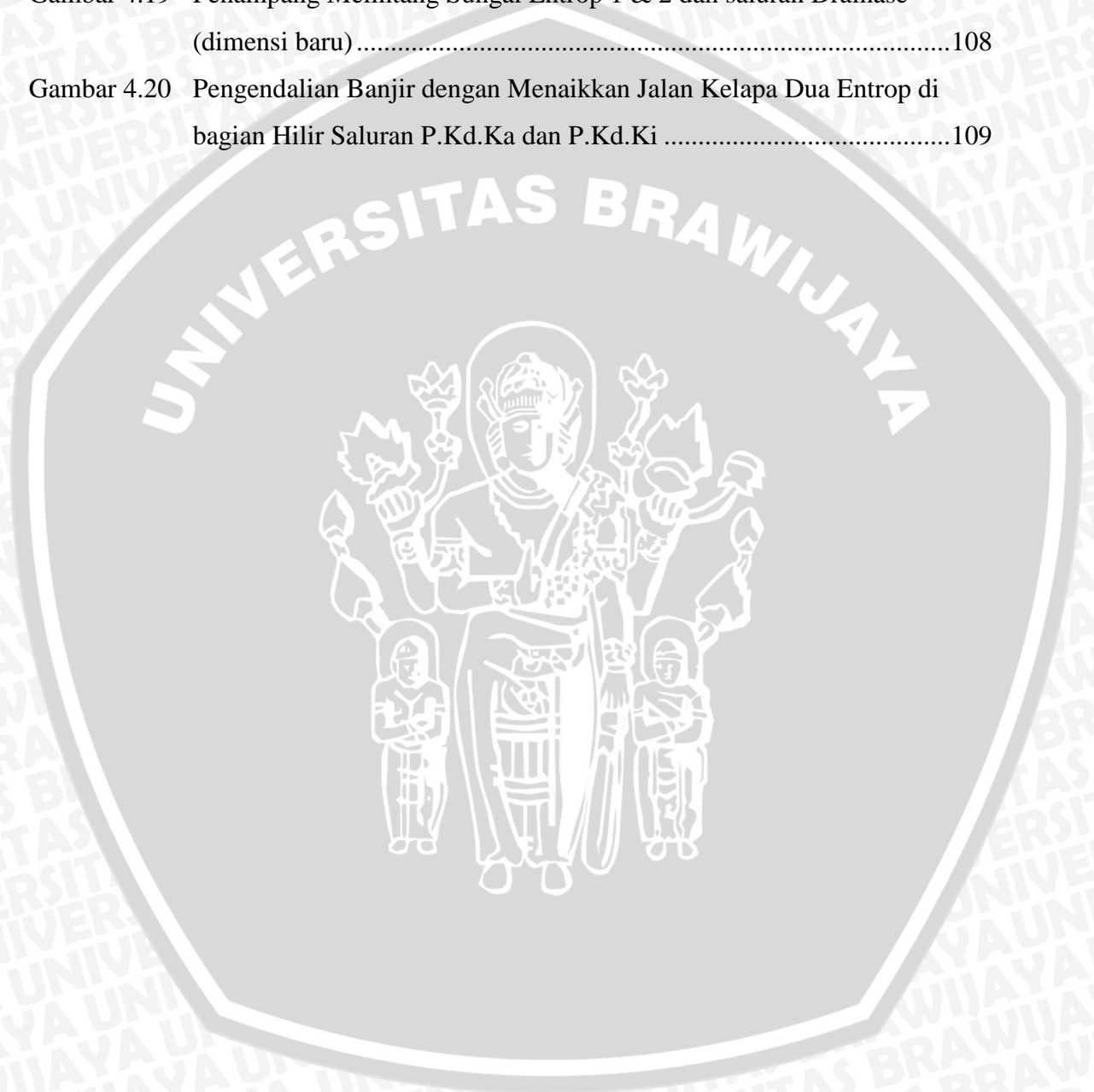
Tabel 4.46	Tinggi Muka Air dan Elevasi Tanggul Sungai	106
Tabel 4.47	TMA dan Elevasi Tanggul Sungai yang dipengaruhi Pasang	106
Tabel 4.48	Dimensi Pintu Klep	107
Tabel 4.49	Hasil Perhitungan Program Hec-6 Saluran S.Wa.Ki	111
Tabel 4.50	Hasil Perhitungan Program Hec-6 Saluran S.Wa.Ka	114



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Lengkung Massa Ganda.....	17
Gambar 2.2	Nomograf untuk Pendugaan Erodibilitas Tanah (K).....	19
Gambar 2.3	Topographic LS Factor	22
Gambar 2.4	Penampang trapesium saluran	28
Gambar 2.5	Kondisi aliran gorong-gorong untuk kontrol pemasukan.....	30
Gambar 2.6	Kondisi aliran gorong-gorong untuk kontrol pengeluaran	31
Gambar 2.7	Transpor Sedimen Pada Dasar Granular.....	32
Gambar 2.8	Lapisan Erodible Granular Medium	33
Gambar 2.9	Profil muka air	37
Gambar 2.10	Material sedimen pada dasar penampang	41
Gambar 3.1	Gaftar Alir Pengerjaan Skripsi.....	51
Gambar 3.2.1	Gaftar Alir Perhitungan Duga Erosi Lahan	52
Gambar 3.2.2	Gaftar Alir Perhitungan Run Off	53
Gambar 3.3	Gaftar Alir Pengerjaan Program Hec-6	54
Gambar 3.4	Peta Wilayah Administrasi Studi.....	55
Gambar 4.1	Intensitas Hujan	63
Gambar 4.2	Curah Hujan Rerata Stasiun Entrop dan Polimak.....	66
Gambar 4.3	Pelaksanaan Penggambaran dan Perhitungan Faktor LS.....	68
Gambar 4.4	Jaringan Sungai Sintetis.....	73
Gambar 4.5	Peta DEM Daerah Pengaliran	73
Gambar 4.6	Peta Luasan Daerah Tangkapan.....	74
Gambar 4.7	Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng.....	74
Gambar 4.8	Peta Jenis Tanah.....	75
Gambar 4.9	Peta Tataguna Lahan.....	75
Gambar 4.10	Nilai C Rerata Masing-masing Luasan Daerah Tangkapan.....	76
Gambar 4.11	Nilai tc untuk Masing-masing Luasan	76
Gambar 4.12	Intensitas Hujan untuk Masing-masing Luasan.....	77
Gambar 4.13	Peta Hasil Duga Erosi Lahan	77

Gambar 4.14	Peta Batas Daerah Pengaliran Saluran Drainase Entrop	82
Gambar 4.15	Kondisi Hidraulik Terjunan Tegak	87
Gambar 4.16	Perencanaan Gorong-gorong 1	102
Gambar 4.17	Perencanaan Gorong-gorong 2	103
Gambar 4.18	Penampang Melintang Sungai	105
Gambar 4.19	Penampang Melintang Sungai Entrop 1 & 2 dan saluran Drainase (dimensi baru)	108
Gambar 4.20	Pengendalian Banjir dengan Menaikkan Jalan Kelapa Dua Entrop di bagian Hilir Saluran P.Kd.Ka dan P.Kd.Ki	109



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. *Kota Jayapura Dalam Angka*. Jayapura : BPS Kota Jayapura.
- Anonim. 2004. *Master Plan Pengendalian Banjir Kota Jayapura*, Jayapura : Cakra Buana Konsultan.
- Chow, Ven Te. 1985. *Hidrolika saluran Terbuka*. Jakarta : Erlangga.
- Harto, Sri. 1993. *Analisa Hidrologi*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Usaha Nasional Surabaya.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi.
- Subarkah, Imam. 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Utomo W.H. 1987, *Konservasi Tanah dan Air*. Malang: Unibraw.
- Utomo W.H. 1994, *Erosi dan Konservasi Tanah dan Air*. Malang: Ikip.
- User's Manual. 1991. *HEC-6 Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs*. US Army Corps of Engineers.
- User's Manual. 2008. *HEC-Ras 4.0 River Analysis System*. US Army Corps of Engineers.
- V.P. Singh and M.Fiorentino (eds). 1996. *Geographical Information Systems In Hydrology*, Dordrecht/Boston/London : KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan fenomena alam yang sering dan biasa terjadi di kawasan pemukiman. Banjir menjadi masalah jika aktifitas manusia mulai terganggu dan selama aktifitas tidak terusik, maka banjir bukanlah masalah yang serius. Terganggunya aktifitas manusia akibat genangan sifatnya sangatlah relatif, baik dari sudut ruang maupun waktu. Manusia dapat menolelir jika genangan terjadi hanya beberapa saat dan tidak terlalu tinggi. Akan tetapi sangatlah bermasalah jika genangan yang terjadi cukup tinggi serta dalam kurun waktu yang lama.

Pada dasarnya banjir adalah genangan air yang terjadi pada daerah yang mana genangan air itu tidak diinginkan. Genangan air yang terjadi di suatu tempat merupakan proses alami dan menjadi konsekuensi logis dari perubahan tata guna dan geometri lahan. Disamping itu genangan terjadi juga dikarenakan meningkatnya limpasan air permukaan, hal ini lebih diakibatkan oleh makin berkurangnya vegetasi penutup dan tingginya intensitas hujan.

Terjadinya perubahan debit limpasan permukaan, kadang kala tidak dibarengi dengan penataan sistem drainase yang memadai, atau sebaliknya berubahnya tata guna lahan tidak memperhatikan sistem drainase yang ada. Hal ini penyebab utama terjadinya banjir di kawasan perkotaan atau kawasan yang sedang berkembang. Untuk itu kawasan perkotaan dan daerah yang sedang berkembang hendaknya dari awal sudah dicanangkan suatu sistem drainase yang dapat memenuhi kebutuhan limpasan air permukaan diwaktu yang akan datang.

Kota Jayapura merupakan kawasan perkotaan yang sedang mengalami pengembangan yang pesat. Salah satu aspek yang berkembang pesat yakni kawasan permukiman, di beberapa sudut kota Jayapura sedang bermunculan kawasan perumahan. Kawasan tersebut tumbuh di beberapa tempat, baik itu daerah perbukitan maupun di daerah rawa yang telah direklamasi.

Berubahnya tataguna lahan di beberapa titik kota Jayapura dibutuhkan usaha yang mengacu pada prinsip-prinsip konservasi karena perubahan tersebut mengurangi luas daerah resapan air yang menciptakan ketidakseimbangan daur hidrologi. Konsekuensi dari perubahan dan perkembangan ini adalah telah nampak berkurangnya kapasitas infiltrasi yang memungkinkan untuk terjadinya banjir dan sedimentasi yang



dapat diindikasikan dari besarnya limpasan permukaan dan tingginya laju erosi akibat tidak terpenuhinya pengisian kembali air tanah (*recharge*) dan tingginya nilai erodibilitas tanah (K).

Dengan adanya kejadian-kejadian banjir di beberapa wilayah di Kota Jayapura, maka diperlukan pemikiran untuk menyelesaikan masalah banjir tersebut.

1.2 Identifikasi Masalah

Daerah studi adalah Kelurahan Entrop yang berada dalam wilayah Propinsi Papua Kota Jayapura Kecamatan Jayapura. Kelurahan Entrop dilewati oleh empat sungai yaitu Sungai Hanyan, Sungai Entrop 1, Sungai Entrop 2 dan Sungai Entrop 3, keempat sungai ini bermuara di Teluk Youtefa. Sebagian Kelurahan Entrop dulunya adalah rawa yang kemudian telah direklamasi dan dibangun perumahan, pusat perbelanjaan, perkantoran dan terminal.

Permasalahan yang terdapat pada daerah studi adalah sering terjadinya genangan dan terkadang banjir lumpur di sebagian daerah Entrop yang terjadi pada saat musim hujan dan disertai naiknya permukaan air laut. Beberapa tempat di lokasi studi yang sering mengalami genangan adalah di pertigaan jalan Entrop dan di sepanjang jalan Kelapa dua Entrop. Genangan ini mengakibatkan macetnya arus lalu lintas, rusaknya jalan dan ketidak nyamanan penduduk yang tinggal di daerah sekitar jalan utama Entrop setiap musim hujan.

Genangan yang disertai banjir lumpur diidentifikasi terjadi karena lambatnya air masuk ke dalam saluran dan adanya sedimen yang berasal dari besarnya kemampuan tanah untuk tererosi (*erodibilitas tanah*) akibat perubahan lahan di sebagian wilayah perbukitan Entrop dan juga terdapat beberapa saluran drainase yang tersumbat oleh sampah dan endapan sedimen.

Secara umum permasalahan banjir yang terjadi di daerah studi diidentifikasi sebagai berikut:

1. Tingginya curah hujan yang turun sehingga menimbulkan genangan cukup lama pada beberapa titik rawan di daerah studi.
2. Adanya pengaruh pasang surut air laut di hilir saluran pada badan sungai..
3. Meningkatnya harga koefisien run off (limpasan permukaan) akibat berkurangnya media resapan air dan media pengaliran air.
4. Pendangkalan pada outlet dan saluran drainase utama yang disebabkan oleh endapan lumpur sebagai akibat adanya erosi lahan di sekitar lokasi studi.

1.3 Batasan Masalah

Pokok-pokok yang menjadi batasan pada studi ini adalah:

1. Daerah studi hanya mencakup perencanaan saluran drainase di Kelurahan Entrop Kecamatan Jayapura Selatan Kota Jayapura Papua yang dibatasi oleh Sungai Entrop 1 dan Sungai Entrop 2.
2. Kajian erosi lahan hanya pada lahan yang cenderung arah alirannya menuju saluran drainase utama.
3. Studi dilaksanakan dengan mengevaluasi kapasitas dimensi saluran drainase utama terhadap hasil debit limpasan dan faktor erosi lahan kajian.
4. Studi dilaksanakan dengan menganalisa titik rawan pengendapan pada saluran drainasi utama.
5. Analisa transportasi sedimen pada saluran menggunakan alat bantu paket program Hec-6
6. Tidak membahas analisa ekonomi.
7. Rumus empiris yang digunakan dalam perhitungan program dianggap universal dan sudah teruji kebenarannya.

1.4 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi sistem saluran drainase existing?
2. Berapa besar debit limpasan di lokasi studi?
3. Bagaimana perencanaan dimensi saluran yang mampu mengalirkan debit limpasan?
4. Berapa besar sedimen yang dihasilkan akibat erosi lahan di lokasi studi?
5. Bagaimana keadaan transportasi sedimen yang terjadi pada saluran drainase di lokasi studi?
6. Bagaimanakah rancangan sistem saluran drainase agar terbebas dari pengendapan dan genangan?

1.5 Tujuan dan Manfaat

Tujuan skripsi ini adalah

1. Untuk mengevaluasi sistem saluran drainase existing.
2. Untuk mengetahui besarnya sedimen yang masuk ke dalam saluran drainase akibat erosi lahan.
3. Untuk mengetahui titik-titik rawan pengendapan pada saluran drainase.
4. Perencanaan perbaikan sistem saluran drainase ini terdiri dari perhitungan dan gambar.

Manfaat dari kajian ini adalah sebagai masukan kepada pemerintah kota jayapura untuk mengurangi terjadinya genangan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Hidrologi

2.1.1 Hujan Rerata Daerah (*Average Basin Rainfall*)

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rencana pemanfaatan air dengan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan rata-rata daerah dan dinyatakan dalam satuan mm (Sosrodarsono, 1993:27).

Curah hujan daerah dapat diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan pada daerah yang ditinjau. Cara-cara yang biasa digunakan antara lain adalah:

a. Metode rata-rata aljabar

Cara ini adalah perhitungan rata-rata aljabar curah hujan didalam dan sekitar daerah yang bersangkutan. Metode ini dipakai untuk daerah dengan topografi datar serta mempunyai stasiun pengamatan yang banyak dan tersebar merata di seluruh daerah.

b. Metode Thiessen

Perhitungan curah hujan rata-rata dengan menggunakan metode Thiessen dilakukan jika pada daerah kajian memiliki titik pengamatan yang tersebar tidak merata, sehingga perhitungan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Cara ini memberikan hasil yang teliti, akan tetapi jika penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian yang tidak tepat dapat mempengaruhi hasil perhitungan.

c. Metode Isohyet

Metode ini menggunakan peta isohyet yaitu peta dengan garis-garis yang menghubungkan tempat yang mempunyai curah hujan bervariasi yang sama besar. Penggambaran peta isohyet biasanya memiliki interval 10 – 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan di sekitar daerah yang dimaksud. Metode ini biasanya digunakan pada daerah yang bergunung.

Perhitungan curah hujan selain berdasarkan titik pengamatan dapat juga dihitung berdasarkan luas daerah tinjauan (Sosrodarsono, 1993:51) :

- Daerah dengan luasan kurang dari 250 ha yang mempunyai variasi topografi kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.
- Untuk daerah antara 250 – 50000 ha dengan 2 atau 3 titik pengamatan dapat digunakan cara Rerata Aljabar.

- c. Untuk daerah antara 150.000 – 500.000 ha yang mempunyai titik pengamatan tersebar cukup merata dan dimana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi, dapat digunakan cara rerata aljabar. Jika titik-titik pengamatannya tidak tersebar merata maka digunakan cara polygon thiesen.
- d. Untuk daerah yang lebih besar dari 500.000 ha dapat digunakan cara isohyet.

Berdasarkan luas daerah kajian antara 250 – 50.000 ha (luas daerah studi adalah 545 ha), maka perhitungan curah hujan rerata dengan menggunakan metode rata-rata aljabar. Persamaan sebagai berikut (Sosrodarsono, 1983:27) :

$$R_{rerata} = R_1.P_1 + R_2.P_2 + \dots + R_n.P_n$$

$$R_{rerata} = \frac{R_1.A_1 + R_2.A_2 + \dots + R_n.A_n}{\sum A} \quad (2-1)$$

dengan :

R : tinggi curah hujan rata-rata daerah (mm)

R₁, R₂, R_n : tinggi curah hujan pada titik pengamatan (mm)

A₁, A₂, ... A_n : luas daerah tiap titik pengamatan (km²)

$P_1 = \frac{A_1}{\sum A}$, $P_2 = \frac{A_2}{\sum A}$, $P_n = \frac{A_n}{\sum A}$: koefisien Theissen pada titik pengamatan (mm)

2.1.2 Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan tersebar yang mungkin terjadi pada suatu daerah pada periode ulang tertentu, yang dipakai sebagai dasar perhitungan perencanaan suatu dimensi bangunan.

Pemilihannya ditentukan oleh pertimbangan hidroekonomis yang didasarkan pada (Subarkah, 1980:4):

1. Besarnya kerugian yang akan diterima kalau bangunan-bangunan dirusak oleh hujan dan sering tidaknya kerusakan itu terjadi.
2. Umur ekonomis bangunan dan biaya bangunan.

Berbagai metode yang dapat dipakai dalam menganalisa curah hujan rancangan antara lain distribusi Gumbel, Log Normal, Log Person tipe III, dan lain-lain.

Untuk menentukan macam analisa frekuensi, perlu dihitung parameter-parameter statistik seperti koefisien Cs, Cv, Ck.

Tabel 2.1 Syarat Pemilihan Metode Frekuensi

Jenis Metode	Ck	Cs
Gumbel	5.4002	1.1396
Normal	3.0000	0.0000
Log Person Type III	bebas	bebas

(Sumber : Harto, 1993:245)

Dalam perencanaan ini, perhitungan hujan rancangan maksimum dipilih cara Log Pearson III dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data (Pilgrim, 1991:207). Untuk perhitungan dengan metode Log Person Type III, parameter statistiknya yaitu Cs dan Ck bebas (tidak ditentukan) sehingga lebih mudah disesuaikan dengan keadaan data yang ada.

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Person Type III adalah:

- Harga rata-rata (*mean*)
- Simpangan Baku (*deviation standart*)
- Koefisien kepengcengan (*skewness*)

Langkah-langkah perhitungan hujan rancangan adalah sebagai berikut (Soemarto, 1987:243) :

1. Hujan harian maksimum diubah dalam bentuk logaritma (Log Xi).
2. Menghitung harga logaritma rata-rata dengan persamaan :

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \tag{2-2}$$

3. Hitung Simpangan Baku (*standar deviasi*) dengan persamaan :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \tag{2-3}$$

4. Hitung koefisien kepengcengan (Cs) dengan persamaan :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S^3)} \tag{2-4}$$

dengan :

Xi : data hujan (mm).



- X : rerata hujan (mm)
- Cs : koefisien kepengcangan.
- S : simpangan baku (standar deviasi).
- n : jumlah data.

5. Hitung harga logaritma X_T sesuai persamaan :

$$\log Q = \log \bar{X} + G.S \tag{2-5}$$

dengan :

S : simpangan baku (standar deviasi).

G : koefisien frekuensi

$\log X$: rata-rata logaritma hujan rata-rata maksimum daerah.

Log Q : nilai logaritma dari curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu.

6. Besarnya curah hujan rancangan Q_T adalah antilog dari log Q.

Tabel 2.2 Nilai G untuk Distribusi Log Person Type III

Kepengcangan (CS)	Periode Ulang											
	1.01	1.053	1.111	1.25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.000	-0.687	-0.863	-0.660	-0.636	-0.360	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.500	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.200	-0.906	-0.882	-0.844	-0.739	-0.330	0.547	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.000	-0.990	-0.949	-0.896	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.800	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.600	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.400	-1.318	-1.163	-1.041	-0.825	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.200	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.000	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.900	-1.860	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.800	-1.733	-1.388	-1.168	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.700	-1.808	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.600	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.500	-1.955	-1.491	-1.216	-0.857	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.400	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.300	-2.104	-1.555	-1.245	-0.855	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.200	-2.175	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.100	-2.252	-1.616	-1.270	0.000	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.000	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.100	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	0.017	0.836	1.270	1.761	2.000	2.252	2.482	3.950
-0.200	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.300	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.400	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.500	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.600	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.700	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.800	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.900	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.000	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.200	-3.149	-1.910	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.400	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.600	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.800	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.000	-3.605	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	1.995	1.000
-2.200	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.500	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.000	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Sumber : Soemarto, CD, 1987:246

2.1.3 Uji Kesesuaian Distribusi

Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi bertujuan untuk mengetahui kesesuaian data yang tersedia dengan distribusi yang dipakai. Dalam studi ini digunakan dua macam uji yaitu Uji smirnov Kolmogorov dan uji Chi-Square. Uji tersebut dijabarkan sebagai berikut:

2.1.3.1 Tes Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui simpangan secara horisontal, yaitu merupakan selisih/simpangan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris (Δ_{\max}).

Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan diurutkan dari kecil ke besar
2. Menghitung persamaan empiris dengan persamaan Weibul (Sri Harto, 1981:179):

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-6)$$

dengan :

P : Peluang (%)

m : nomor urut data

n : jumlah data

3. Mencari nilai G

$$G = \frac{\left(\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X} \right)}{S} \quad (2-7)$$

dengan :

G : koefisien frekuensi

S : simpangan baku

4. Mencari harga Praya melalui tabel Distribusi Person III
5. Menghitung nilai P(x)

$$P(x) = 100 - \text{Pr} \quad (2-8)$$

6. Menghitung selisih $S_n(x) - P(x)$

$$\Delta_{\max} = | S_n(x) - P(x) | \quad (2-9)$$

7. Bandingkan perbedaan terbesar dari perhitungan selisih terbesar (Δ_{\max}) dengan Δ_{Cr} dari tabel Smirnov Kolmogorof. Jika harga $\Delta_{\max} < \Delta_{Cr}$, maka penyimpangan masih dalam batas ijin, yang berarti distribusi hujan pengamatan sesuai dengan model distribusi teoritis.

2.1.3.2. Tes Uji Chi-Square (vertical)

Uji Chi Square didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis dan empiris pada sumbu vertikal yang merupakan data curah hujan rancangan. Tahapan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung selisih nilai data curah hujan hasil perhitungan (X_t) dengan nilai data curah hujan hasil pengamatan (X_c).
2. Selisih tersebut dikuadratkan lalu dibagi nilai tiap tahunnya kemudian dijumlahkan untuk berapa tahun. Nilai ini disebut X^2 hitung.
3. Harga X^2 hitung dibandingkan dengan harga X^2 hitung < X^2 kritis, maka hipotesa distribusi dapat diterima.

Tabel 2.3 Nilai kritis untuk uji Smirnov Kolmogorof

Ukuran Sample	Level of significance α (persen)				
	20	15	10	5	1
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.648	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.703	0.829
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.734
5	0.446	0.474	0.510	0.563	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.468	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.409	0.486
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.391
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.380
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.370
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.361
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.352
Rumus asimtotik	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

Sumber : Sutopo, 1995:A-7

Tabel 2.4 Nilai percentile X_p^2 terhadap derajat bebas v untuk uji Chi Square

v	Percentile P							
	0.995	0.990	0.975	0.95	0.90	0.75	50	0.25
1	7.88	6.63	5.02	3.94	2.71	1.32	0.455	0.102
2	10.6	9.21	7.38	5.99	4.61	2.77	1.39	0.575
3	12.8	11.3	9.35	7.81	6.25	4.11	2.37	1.21
4	14.9	13.3	11.1	9.49	7.78	5.39	3.36	1.92
5	16.7	15.1	12.8	11.1	9.24	6.63	4.35	2.67
6	18.5	16.8	14.4	12.6	10.6	7.84	5.35	3.45
7	20.3	18.5	16	14.1	12	9.04	6.35	4.25
8	22	20.1	17.5	15.5	13.4	10.2	7.34	5.07
9	23.6	21.7	19	16.9	14.7	11.4	8.34	5.9
10	25.2	23.2	20.5	18.3	16	12.5	9.34	6.74
11	26.8	24.7	21.9	19.7	17.3	10.7	10.3	7.58
12	28.3	26.2	23.3	21	18.5	14.8	11.3	8.44
13	29.8	27.7	24.7	22.4	19.8	16	12.3	9.3
14	31.3	29.1	26.1	23.7	21.1	17.1	13.3	10.2
15	32.8	30.6	27.5	25	22.3	18.2	14.2	11
16	34.3	32	28.8	26.3	23.5	19.4	15.3	11.9
17	35.7	33.4	30.2	27.6	24.8	20.5	16.3	12.8
18	37.2	34.8	31.5	28.9	26	21.6	17.3	13.7
19	38.6	36.2	32.9	30.1	27.2	22.7	18.3	14.6
20	40	37.6	34.2	31.4	28.4	23.8	19.3	15.5
21	41.4	38.9	35.5	32.7	29.6	24.9	20.3	16.3
22	42.8	40.3	36.8	33.9	30.8	26	21.3	17.2
23	44.2	41.6	38.1	35.2	32	27.1	22.3	18.1
24	45.6	43	39.4	36.4	33.2	28.2	23.3	19
25	46.9	44.3	40.6	37.7	34.3	29.3	24.3	15.5
26	48.3	45.6	41.9	38.9	35.6	30.4	25.3	16.3
27	49.6	47	43.2	40.1	36.7	31.5	26.3	17.2
28	51	48.3	44.5	41.3	37.8	32.6	27.3	18.1
29	52.3	49.6	45.7	42.6	39.1	33.7	28.3	19
30	53.7	50.9	47	43.8	40.3	34.8	29.3	24.5
40	66.8	63.7	59.3	55.8	51.8	45.6	39.3	33.7
50	79.5	76.2	71.4	67.5	63.2	56.3	49.3	42.9
60	92	88.4	83.3	79.1	74.4	67	59.3	52.3
70	104.2	100.4	95	90.5	85.5	77.6	69.3	61.7
80	116.3	112.3	106.6	101.9	96.6	88.1	79.3	71.1
90	128.3	124.1	118.1	113.1	107.6	98.6	89.3	80.6
100	140.2	135.8	129.6	124.3	118.5	109.1	99.3	90.1

Sumber : Sutopo, 1995:A-7

2.1.4 Intensitas Hujan

Intensitas hujan didefinisikan sebagai tinggi curah hujan per satuan waktu, misalnya mm/menit atau mm/jam untuk berbagai rentan waktu (*duration*) curah hujan tertentu. Perkiraan mengenai frekuensi hujan juga merupakan faktor penting untuk dipertimbangkan. Jika tidak ada waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau

karena disebabkan tidak adanya alat untuk mengamati, maka dapat ditempuh cara empiris dengan menggunakan rumus-rumus yakni: Talbot, Sherman, Ishiguro dan mononobe.

Dalam studi ini untuk mendapatkan intensitas hujan selama waktu konsentrasi berdasarkan data curah hujan harian digunakan rumus Mononobe (Soemarto CD, 1995:14)

$$I = \frac{d_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (2-10)$$

dengan:

I : intensita curah hujan

d_{24} : curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

t : waktu konsentrasi (jam)

2.2 Erosi dan Sedimentasi Lahan

Erosi adalah suatu peristiwa hilang atau terkikisnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat yang terangkut ke tempat lain, baik disebabkan oleh pergerakan air suatu tempat yang terangkut ke tempat lain, ataupun angin (Arsyad, 1983).

Menurut kejadian erosi terdiri dari erosi geologi (*geological erosion*) dan erosi dipercepat (*accelerated erosion*). Erosi geologi merupakan erosi yang berlangsung secara alamiah, terjadi secara normal di lapangan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Pemecahan agregat-agregat tanah atau bongkah-bongkah tanah ke dalam partikel partikel tanah yaitu butiran-butiran tanah terkecil.
2. Pemindahan partikel-partikel tanah tersebut terjadi dengan melalui penghanyutan ataupun karena kekuatan angin.
3. Pengendapan partikel-partikel tanah yang terpindahkan atau terangkut di tempat tempat yang lebih rendah atau di dasar-dasar sungai.

Pada keadaan ini, tidak dikhawatirkan oleh proses erosi karena peristiwa tersebut masih merupakan proses keseimbangan alam, artinya kecepatan kehilangan tanah masih sama atau lebih kecil dari proses pembentukan tanah.

Erosi dipercepat merupakan erosi yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia, misalnya kesalahan dalam pengelolaan tanah dalam pelaksanaan pertanian. Erosi yang demikian merupakan proses erosi yang kecepatannya sudah melebihi kecepatan proses pembentukan tanah. Erosi dipercepat ini sering menimbulkan malapetaka karena lingkungan telah mengalami kerusakan atau bahkan disebut mengalami perusakan. Sehingga dapat menimbulkan kerugian besar seperti banjir, turunnya produktivitas

tanah. Penipisan tanah yang berlangsung terus-menerus dan tidak ditindak lanjuti penanggulangannya maka yang akan tertinggal hanyalah lapisan bawah tanah (*sub soil*) saja.

2.2.1 Penyebab Erosi

Erosi pada dasarnya adalah proses pertaan kulit bumi. Proses ini terjadi dengan penghancuran, pengangkutan, dan pengendapan. Di alam terdapat dua penyebab utama yang aktif dalam proses ini yaitu angin dan air. Di daerah-daerah tropis yang lembab seperti di Indonesia dengan rata-rata hujan melebihi 1500 mm per tahun, maka air merupakan faktor penyebab utama terjadinya erosi, proses erosinya disebut erosi air. Air yang menyebabkan erosi adalah air hujan/pukulan air hujan, air limpasan permukaan, air sungai, air danau, air laut. Sedangkan di daerah-daerah panas yang kering (*arid*) maka angin merupakan faktor penyebab utamanya.

Secara garis besar terdapat lima faktor yang menyebabkan dan mempengaruhi besarnya laju erosi, yaitu: (Syarif, 1985:10),

1. Iklim
2. Tanah
3. Topografi
4. Vegetasi
5. Manusia

Artinya yaitu erosi akan dipengaruhi atau ditentukan oleh iklim, sifat tanah, kemiringan, dan panjang lereng, adanya penutup tanah yang berupa vegetasi dan aktivitas manusia dalam hubungannya dengan penggunaan tanah.

Faktor-faktor tersebut di atas telah diperhitungkan oleh *Soil Conservation Service, USDA*, dalam menentukan besar pendugaan besar erosi tanah dengan rumus yang disebut *Universal Soil Loss Equation (USLE)* atau Persamaan Umum Kehilangan Tanah (PUKT), yang dikemukakan pertama kali oleh Wischmeier dan Smith (1985).

2.2.2 Proses Erosi Air Hujan

Begitu air hujan jatuh mengenai kulit bumi, maka secara langsung hal ini akan menyebabkan hancurnya agregat tanah. Pada keadaan ini, penghancuran agregat tanah dipercepat dengan adanya daya penghancur dan daya urai dari air itu sendiri. Hancuran dari agregat tanah ini akan menyumbat pori-pori tanah, sehingga kapasitas infiltrasi akan berkurang. Sebagai akibat lebih lanjut, akan mengalir dipermukaan tanah, yang biasa disebut sebagai limpasan permukaan tanah (*run off*). Air yang mengalir pada permukaan kulit bumi ini mempunyai energi untuk mengikis dan mengangkut partikel-

partikel yang telah hancur, baik oleh air hujan atau oleh adanya limpasan permukaan itu sendiri.

Selanjutnya jika tenaga aliran permukaan sudah tidak mampu lagi untuk mengangkut bahan-bahan hancuran tersebut, maka bahan yang terangkut akan diendapkan. Hal ini dapat mengartikan bahwa proses erosi terdapat 3 proses yang bekerja secara berurutan, yaitu penghancuran, pengangkutan dan pengendapan.

Para pakar konservasi tanah pada mulanya mengklasifikasikan erosi berdasarkan bentuknya, yaitu :

- a. Erosi lembar (*sheet erosion*)
- b. Erosi alur (*rill erosion*)
- c. Erosi selokan (*gully erosion*)

Erosi lembar di tandai dengan pengikisan permukaan kulit bumi secara merata, dan gejala ini sukar dikenal sehingga baru diketahui dalam waktu yang lama. Jika air yang mengalir pada permukaan terkumpul dalam jumlah yang cukup banyak pada suatu tempat akan menyebabkan tanah tererosi dari tempat terkumpulnya air tersebut lebih besar dari pada erosi tempat lain, sehingga akhirnya membentuk selokan-selokan kecil, gejala ini sering disebut erosi alur. Perbedaan erosi alur dan erosi selokan hanya terletak pada ukuran dan kelanjutannya.

Klasifikasi tersebut saat sekarang sudah dirasa kurang sesuai, karena dalam klasifikasi tersebut tidak memperhitungkan kerusakan agregat yang terjadi akibat pukulan air hujan, yaitu sebagai fase pertama dan terpenting dari erosi (Hudson, 1976). Lebih lanjut sebenarnya hampir tidak ada kenyataan yang menunjukkan bahwa limpasan permukaan mempunyai kedalaman dan kekuatan yang sama pada semua tempat sehingga mengikis permukaan bumi secara merata. Oleh karena itu Morgan, 1979, membedakan bentuk erosi menjadi :

- a. Erosi percikan (*splash*)
- b. Erosi limpasan permukaan (*everland flow/surface run off erosion*)
- c. Erosi alur (*rill erosion*)
- d. Erosi selokan (*gully erosion*)

Pengamatan di Indonesia, disamping ke empat bentuk erosi tersebut, ternyata seringkali terjadi perpindahan massa tanah yang lapisan tanahnya sangat dangkal, atau terletak di atas lapisan tanah yang tidak tembus oleh air, juga pada teras yang baru dibangun. Proses ini oleh Carson dan Utomo (1986) disebut erosi massa (*mass wasting*), untuk membedakan dengan tanah longsor.

2.2.3 Pendugaan Besar Erosi

Pengukuran dan pendugaan erosi sulit dilakukan dengan tepat karena proses kejadian dan factor yang mempengaruhinya sangat kompleks. Tetapi dengan beberapa asumsi dan penyederhanaan, pengukuran dan pendugaan erosi dapat dilakukan dengan tingkat pendekatan yang bisa diterima.

Hal dasar pentingnya mengetahui besarnya tingkat erosi yang terjadi dan mungkin akan terjadi, yaitu pengukuran erosi diperlukan untuk perencanaan pembuatan bangunan yang dipengaruhi oleh erosi. Seperti halnya pada kajian studi ini adalah pada perencanaan saluran drainase. Dengan mengetahui besarnya erosi yang terjadi maka dapat dilakukan pendekatan terhadap kapasitas tampungan yang dibutuhkan dan juga sebagai bahan evaluasi titik-titik rawan pengendapan pada bangunan tersebut. Hal ini adalah untuk perencanaan penggunaan tanah seperti telah disebutkan bahwa erosi yang telah terjadi dan kemungkinan terjadinya erosi merupakan salah satu factor pembatas kemampuan lahan. Sehingga dengan mengetahui tingkat erosi yang telah terjadi, kita merencanakan tindakan atau metode pengendalian erosi yang diperlukan.

Ada berbagai macam cara pengamatan atau pengukuran erosi yang terjadi, antara lain dengan pengamatan langsung di lapangan, interpretasi peta topografi dan foto udara dan pengukuran langsung dengan percobaan. Namun dalam pendekatan secara umum dapat digunakan satu metode kuantitatif yaitu Persamaan Umum Kehilangan Tanah (PUKT) yang diperoleh berdasarkan pengamatan atau pengukuran yang didasari pada factor-faktor yang mempengaruhi erosi tersebut.

PUKT dikembangkan oleh Wischmeir dan Smith (1978) dimana pengukuran atau pengamatan dilakukan pada faktor-faktor yang mempengaruhi erosi, kemudian erosi dihitung dari faktor-faktor tersebut.

Adapun persamaan untuk kehilangan tanah (PUKT/USLE) menurut Wischmeir dan Smith adalah sebagai berikut :

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (2-11)$$

dengan :

A : jumlah tanah yang hilang (ton/ha)

R : indeks erosivitas hujan (mm)

K : faktor erodibilitas tanah

L : faktor panjang lereng

S : faktor kemiringan

C : faktor tanaman

P : faktor pengendalian erosi

Persamaan diatas menunjukkan bahwa erosi ditinjau dari dua segi yaitu faktor penyebab, yang dinyatakan dalam erosivitas dan faktor tanah yang dinyatakan dalam erodibilitas (Hudson, 1976).

2.2.3.1 Faktor Erosivitas Hujan

Erosivitas merupakan kemampuan hujan untuk menyebabkan terjadinya erosi. Untuk menghitung indeks erosivitas membutuhkan data curah hujan yang diperoleh dari stasiun pencatat curah hujan. Indeks erosivitas untuk pendugaan besarnya laju erosi dapat dihitung dengan :

1. indeks erosivitas yang dikemukakan oleh Wischmeir dan Smith, 1958 (Utomo, 1994:36) adalah merupakan hasil kali energi kinetik hujan (E) dengan intensitas maksimum dalam 30. adapun persamaannya adalah sebagai berikut (Harjowigeno, 1987:138):

$$R = E I_{30} \cdot 0.01 \quad (2-12)$$

dengan :

R : indeks erosivitas

E : energi kinetik ($\text{joule/m}^2/\text{mm}$)

$$E = 13.32 + 9.78 \log I \quad (2-13)$$

I_{30} : intensitas hujan dalam 30 menit (mm/jam)

2. metode yang dikemukakan oleh Arnoldus, 1978 yang menggunakan indeks Fournier (Utomo, 1994:43) :

$$F = \Sigma p^2 \cdot P^{-1} \quad (2-14)$$

dengan :

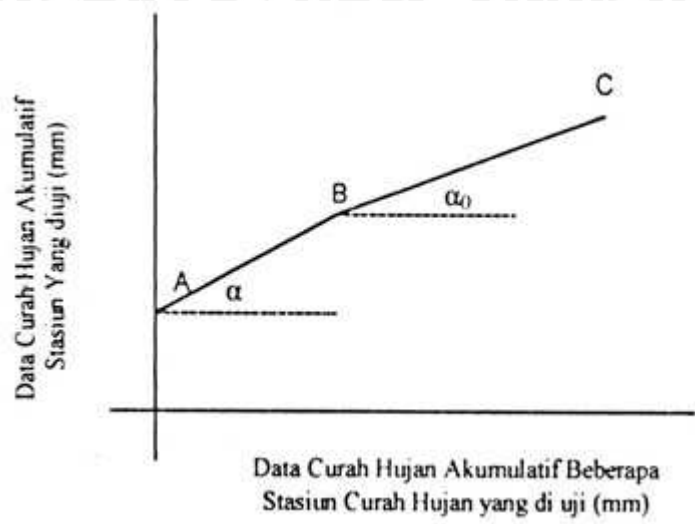
F : indeks erosivitas Fournier

p : jumlah rerata hujan bulanan (mm)

P : jumlah rerata hujan tahunan

Data curah hujan yang diperoleh dari stasiun-stasiun hujan tidak dapat langsung digunakan karena data yang didapat relatif tidak konsisten. Hal ini bisa disebabkan adanya perubahan atau terganggunya lingkungan di sekitar tempat stasiun hujan tersebut berada, misalnya terletak dekat dengan gedung tinggi, terlindung pepohonan seolah-olah terjadi penyimpangan terhadap kecenderungan semula (Soemarto, 1987:38).

Penyimpangan tersebut dapat diselidiki dan diperbaiki dengan lengkung massa ganda seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 2.1 Lengkung Massa Ganda

Sumber : Soemarto, 1987:38

Data asli dikoreksi yaitu dengan mengalikan H_0 dengan faktor koreksi. Rumus yang digunakan :

$$H_z = (\text{tga} \cdot \text{tga}_0^{-1}) \cdot H_0 \quad (2-15)$$

dengan :

H_z : data hujan yang diperbaiki

H_0 : data hujan hasil pengamatan

tga : kemiringan sebelum ada perubahan

tga_0 : kemiringan sesudah ada perubahan

Setelah dilakukan analisis hidrologi sehingga didapatkan angka curah hujan rerata bulanan dan tahunan yang akan digunakan untuk menghitung erosivitas pada daerah yang di kaji.

2.2.3.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah adalah kemudahan tanah untuk tererosi. Dimana masing-masing tanah mempunyai ketahanan yang berbeda terhadap erosi. Jadi tanah yang mempunyai nilai erodibilitas (K) yang tinggi dengan curah hujan yang sama, akan lebih mudah tererosi daripada tanah dengan tingkat erodibilitas (K) rendah.

Kepekaan suatu tanah terhadap erosi atau nilai erodibilitas suatu tanah ditentukan oleh:

1. ketahanan tanah terhadap gaya rusak dari luar
2. kemampuan tanah untuk menyerap (infiltrasi dan perkolasi)

Tanah dengan partikel tanah yang berukuran besar akan tahan terhadap erosi karena sukar diangkut, demikian juga tanah yang didominasi oleh partikel yang

berukuran halus, sebab adanya pengikatan oleh bahan semen. Sedangkan tanah yang mudah tererosi adalah tanah berdebu dan pasir halus.

Kemampuan tanah untuk menyerap air dipengaruhi oleh kapasitas infiltrasi, permeabilitas tanah dan ruang pori tanah. Apabila kapasitas infiltrasi, permeabilitas tanah dan ruang pori tanah besar, maka tanah mampu menyerap air dalam jumlah besar.

Penentuan besarnya indeks erodibilitas dapat menggunakan metode:

1. wischmeir et al, 1971 (Utomo, 1994:50) mengembangkan nomograf erodibilitas nilai K berdasarkan atas kepekaan tanah terhadap erosi dipengaruhi oleh tekstur tanah (terutama kadar debu + pasir halus), bahan organik, struktur, dan permeabilitas tanah. Struktur tanah yang diamati di lapangan berdasarkan bentuk dan ukurannya. Selanjutnya dibedakan menjadi 4 kelas (Tabel 2.5). sifat tanah yang lain, dalam hal ini % debu, % pasir halus, % pasir kasar, kandungan bahan-bahan organik dan permeabilitas ditentukan di laboratorium. Selanjutnya permeabilitas digolongkan menjadi 6 kelas seperti pada tabel 2.6. Oleh karena itu pendugaan besarnya nilai indeks erodibilitas tanah dapat menggunakan data-data tersebut dengan nomograf Wischmeier seperti pada gambar 2.2.
2. Metode lainnya adalah dengan menggunakan pendugaan nilai erodibilitas dengan tabel nilai erodibilitas berdasarkan jenis tanah.

Tabel 2.5 Klasifikasi Struktur Tanah.

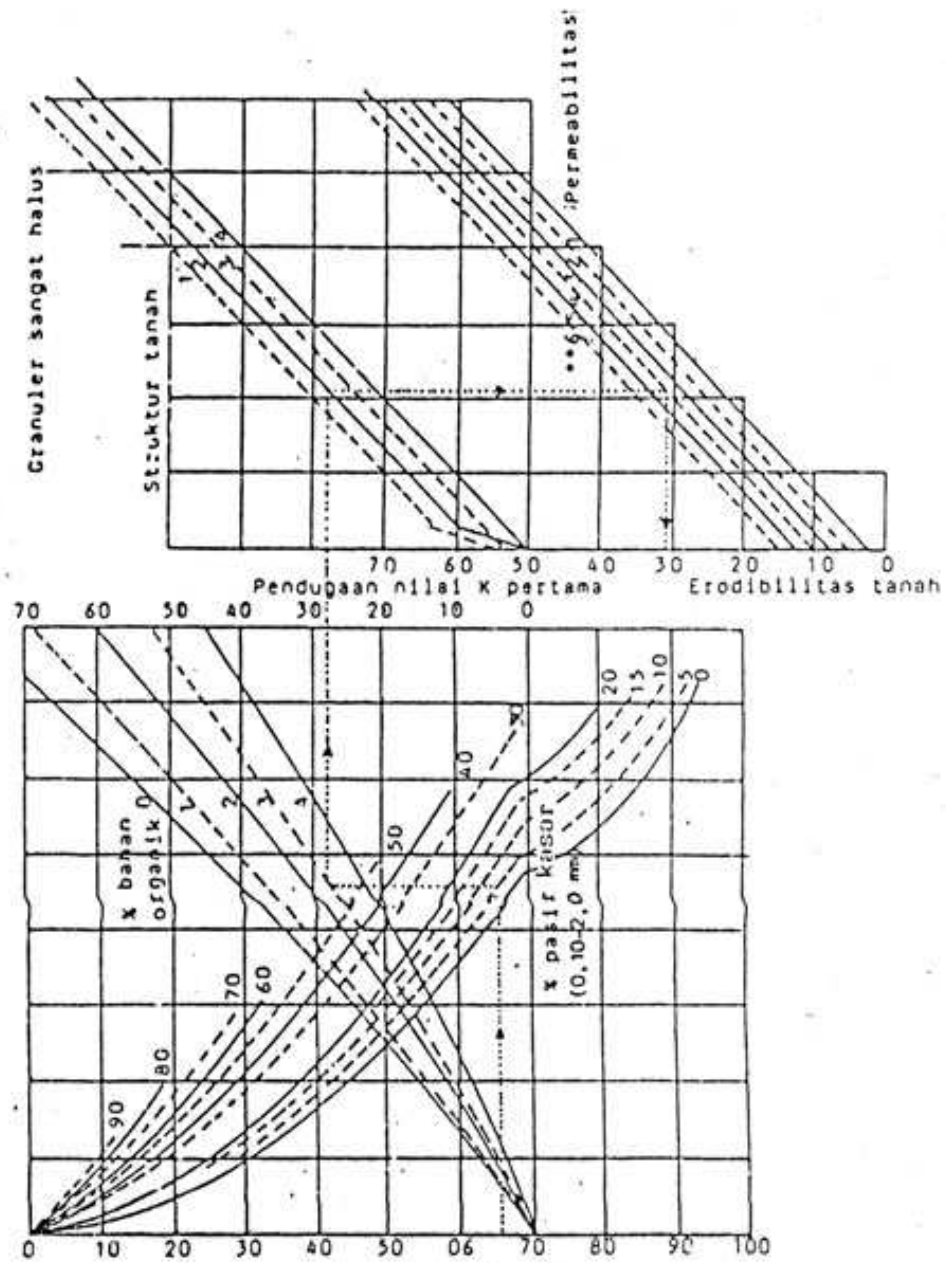
Kelas	Keterangan
1	Granuler sangat halus
2	Granuler halus
3	Granuler sedang kasar
4	Mafis kubus, lempeng

Sumber : Utomo, 1994:50

Tabel 2.6 Klasifikasi Permeabilitas

Kelas	Keterangan	Permeabilitas (cm/jam)
1	Cepat	> 12.5
2	Agak cepat	6.25 – 12.5
3	Sedang	2.00 – 6.25
4	Agak lambat	0.50 – 2.00
5	Lambat	0.125 – 0.50
6	Sangat lambat	< 0.125

Sumber : Utomo, 1994:51



Gambar 2.2 Nomograf untuk Pendugaan Erodibilitas Tanah (K)

Sumber : Utomo, 1987:75

Tabel 2.7 Nilai Erodibilitas Tanah

Jenis Tanah	K
Aluvial, planosol, grey hydromorf, lateric	0.20
Latosol	0.23
Mediteran	0.24
Andosol, grumosol, podsol, podsolik	0.26
Regosol, litosol, organosol, renzina	0.31

Sumber : Spatial Modeling of Sediment Transport.pdf, 2006:15

2.2.3.3 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Sifat lereng yang mempengaruhi energi penyebab erosi adalah kemiringan (slope), panjang lereng dan bentuk lereng (Utomo, 1987:83). Kemiringan lereng mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Semakin curah suatu lereng, maka laju limpasan permukaan akan semakin cepat, dan juga laju untuk infiltrasi juga akan berkurang, sehingga volume limpasan permukaan semakin besar.

Panjang lereng ini mempengaruhi energi untuk erosi, terutama karena panjang lereng mempengaruhi volume limpasan sehingga juga mempengaruhi kemampuan untuk mengerosi tanah.

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh bentuk lereng yang sama, erosi dari lereng berbentuk cembung akan lebih besar apabila dibandingkan dengan erosi dari lereng berbentuk cekung (Utomo, 1987:87).

Untuk menghitung nilai LS, Morgan, 1979 menggunakan persamaan sebagai berikut (Utomo, 1987:231):

$$LS = \sqrt{\frac{L}{100} (0.136 + 0.0975S + 0.0139S^2)} \quad (2-16)$$

dengan :

LS : faktor panjang dan kemiringan lereng

L : panjang lereng (m)

S : kemiringan lereng (%)

Dalam perhitungan LS ini dapat juga dengan nomograf, yaitu jika sudah diketahui kemiringan lereng dan panjang lereng. Sehingga pendekatan faktor LS dapat diturunkan dengan nomograf, Gambar 2.3.

2.2.3.4 Faktor Tanaman dan Pengelolaan Lahan (CP)

Faktor tanaman adalah angka perbandingan erosi dari lahan yang ditanami sesuatu jenis tanaman dengan erosi. Besarnya angka ini ditentukan oleh kemampuan tanaman untuk menutup lahan (Utomo, 1987:231).

Adanya tanaman akan menyebabkan air hujan yang jatuh tidak langsung memukul massa tanah, tetapi terlebih dahulu ditangkap oleh tajuk daun tanaman. Sehingga dengan adanya tanaman, dapat menekan laju limpasan permukaan erosi karena:

1. Adanya intersepsi air hujan oleh tajuk daun.
2. Mempengaruhi limpasan permukaan.

3. Mempengaruhi sifat fisik tanah.
4. Meningkatkan kehilangan air karena transpirasi.

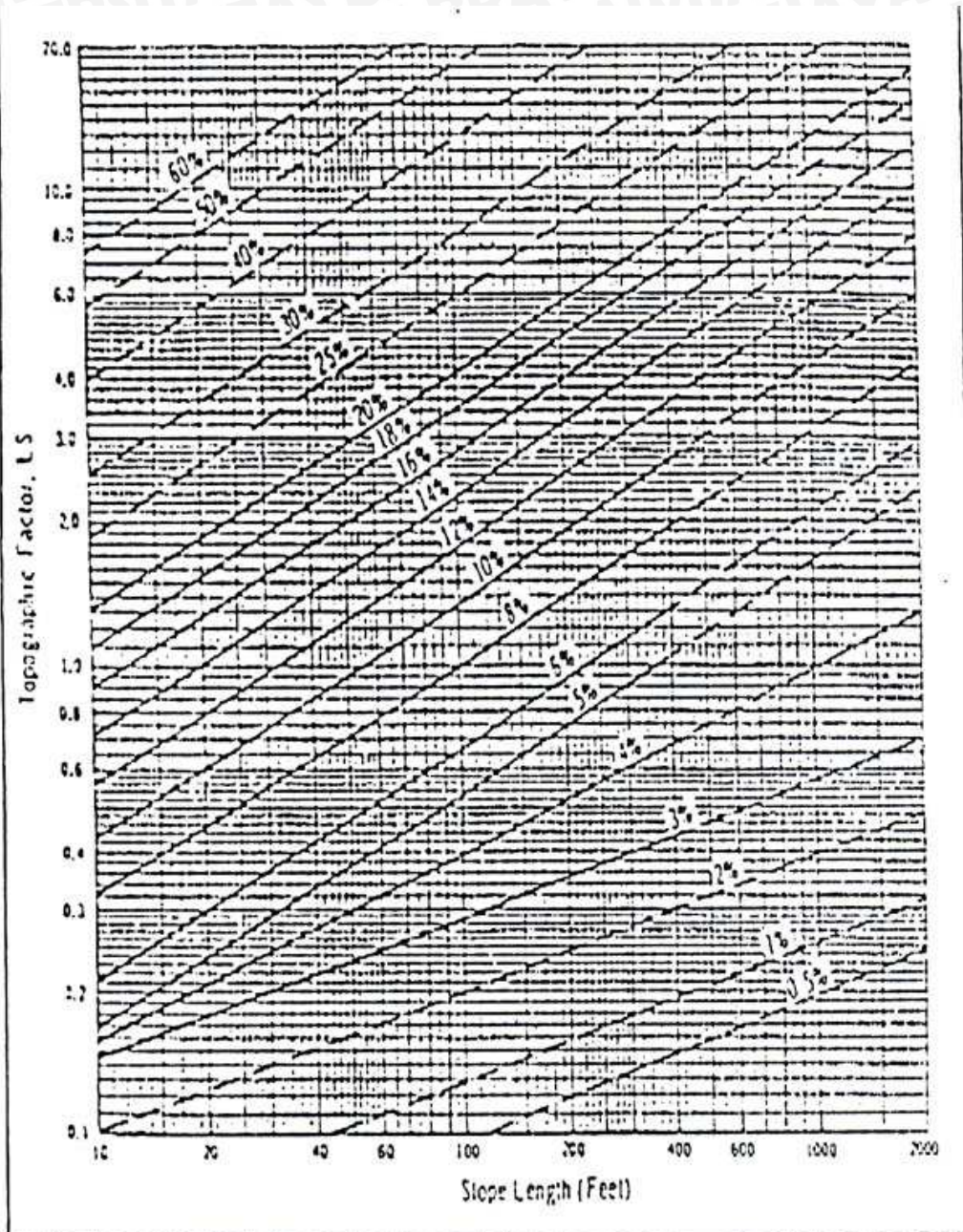
Tabel 2.8 Nilai Faktor CP berbagai jenis lahan

No	Jenis Tanaman	Nilai CP
1	Lahan Tanpa Tanaman	1.00
2	Hutan	
	- Tak terganggu	0.001
	- Tanpa tanaman bawah	0.030
	-Tanpa tanaman bawah dan serasah	0.500
3	Semak	
	-Tak terganggu	0.010
	-Sebagian rumput	0.100
4	Kebun	
	-Campuran asli	0.020
	-Kebun	0.070
	-Pekarangan	0.200
5	Perkebunan	
	- Penutupan tanah sempurna	0.100
	- Ditumbuhi alang-alang	0.020
	- Pekarangan alang-alang setahun sekali	0.060
	- Jenis serai (Citronella grass)	0.650
	- Savana dan padang rumput	0.010
	- Rumput Brochioria	0.002
6	Tanaman Pertanian	
	- Umbaian akar	0.630
	- Biji-bijian	0.510
	- Kacang-kacangan	0.360
	- Tembakau	0.580
	- Kapas, tembakau	0.500
	- Campuran	0.430
	- Padi irigasi	0.020
7	Peladangan	
	- satu tahun tanam, satu tahun bera	0.280
	- satu tahun tanam, dua tahun bera	0.190
8	Pertanian dengan pencagaran tanah	
	- Mulsa jerami	0.06 – 0.20
	- Mulsa kacang tanah	0.20 – 0.40
	- Strip	0.10 – 0.30
	- Strip Crotalaria	0.640
	- Teras	0.040
	- Teras Guludan	0.140

Sumber Utomo, 1994: 85

No	Jenis Lahan	Nilai CP
1	Sungai / kolam / danau	0.0001
2	Daerah Industri	0.0005
3	Daerah Pemukiman	0.0007
4	Hutan	0.002
5	Semak, padang rumput, taman	0.003
6	Tanah terbuka	0.4
7	Daerah Tambang	0.7

Sumber : Spatial Modeling of Sediment Transport.pdf, 2006:15



Gambar 2.3 Topographic LS Factor

Sumber : Utomo, 1987:232

2.2.4 Pendugaan Besar Sedimen

Proses erosi pada tanah selanjutnya diikuti oleh proses pengangkutan dan pengendapan. Pengangkutan terjadi selama aliran permukaan masih mempunyai kemampuan untuk mengangkut kikisan tanah tersebut. Sumber endapan adalah lahan pertanian, tempat pembangunan, penimbunan tanah, lahan hutan terbuka, lahan kritis, tempat pertambangan, saluran dan sungai. Sedangkan penampungan endapan termasuk lereng cekung, kaki bukit yang datar dan tempat-tempat penampungan air dimana

endapan terjadi. Endapan juga bisa terjadi pada saluran dan sungai dengan kemiringan yang landai. Bahan erosi yang dapat mencapai sungai atau saluran drainase hanyalah sebagian disebabkan karena adanya pengendapan di daerah-daerah rendah, daerah yang terdapat tumbuhan, di dataran banjir atau pada perubahan tiba-tiba di lereng lahan. Sejumlah bahan erosi yang dapat menjalani secara penuh dari sumbernya hingga mencapai sungai atau saluran dinamakan hasil sedimen (*sediment production rate*) yang dinyatakan dalam ton/km² atau acre-feet/sq.mi.

Sedimentasi dapat didefinisikan sebagai pengangkutan, melayangnya (*suspensi*) atau mengendapnya material fragmental oleh air. Sedimentasi adalah merupakan akibat dari adanya erosi, dan memberi dampak banyak, salah satunya adalah di saluran dialiri air yang penuh sedimen akan terjadi pengendapan sedimen di saluran.

Pada umumnya sedimen berasal dari erosi di bagian hulu. Namun pada kenyataannya besar sedimen yang terjadi tidak sama dengan erosi terlebih pada aliran yang cukup luas. Perbedaan disebabkan karena saat erosi terjadi proses pengendapan. Perbedaan antara sedimen yang dihasilkan (*sediment yield*) dengan erosi disebut Nisbah Pengiriman Endapan (NPE) atau *Sediment Delivery Ratio* (SDR).

Untuk menduga besarnya sedimentasi yang ada di sungai atau saluran, dapat dicari dengan mengalikan total erosi yang terjadi dengan Nisbah Pelepasan Sedimen, *Sediment Delivery Ratio* (SDR).

Persamaan SDR menurut Wischmeier dan Smith (1965) yang didasarkan pada faktor kemiringan lereng, luas daerah tangkapan dan faktor kekasaran permukaan sebagai berikut:

$$SDR = \frac{S(1 - \alpha.A^\beta)}{2(S + 50.n)} \quad (2-17)$$

dimana:

- SDR : nisbah Pelepasan Sedimen
- A : luas daerah aliran (ha)
- S : kemiringan rerata (%)
- n : koefisien kekasaran manning
- α : 0.8683216132
- β : -0.2018621338

Dalam penyederhanaannya dalam penentuan SDR yang disusun oleh *Soil Conservation Service* USDA berdasarkan luas daerah pengaliran seperti pada tabel 2.9 dibawah ini:

Tabel 2.9 Nilai SDR menurut SCS USDA

Luas		Nilai SDR
(km ²)	Ha	
0.05	5	0.58
0.1	10	0.52
0.5	50	0.39
1	100	0.35
5	500	0.25
10	1000	0.22
50	5000	0.153
100	10000	0.127
500	50000	0.079
1000	100000	0.059

Sumber : Morgan, 1979:54

2.3 Limpasan Permukaan

Untuk menghitung debit air hujan yang melimpas pada suatu permukaan lahan digunakan rumus Metode Rasional (Subarkah, 1980:48):

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A \tag{2-18}$$

dengan :

- Q : debit banjir maksimum (m³/dt)
- C : koefisien pengaliran
- I : intensitas hujan rerata selama waktu tiba banjir (mm/jam) pada waktu konsentrasi hujan
- A : luas daerah pengaliran (km²)
- 0.278 : faktor konversi

Adapun arti dari rumus ini adalah jika terjadi curah hujan selama 1 jam dengan intensitas I mm/jam dalam daerah seluas 1 km², maka besarnya debit banjir adalah 0.278 m³/det. Dimana debit banjir tersebut akan melimpas merata selama 1 jam.

Sedangkan untuk menghitung waktu konsentrasi dipakai persamaan Kirpich (Subarkah, 1980:77):

$$t_c = \frac{0.0195}{60} \left(\frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0.77} \tag{2-19}$$

dengan :

- t_c : waktu konsentrasi (jam)



- L : panjang aliran
- i : kemiringan rata-rata saluran

◆ **Koefisien Pengaliran**

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunya hujan dengan jumlah hujan yang turun di daerah tersebut.

Besarnya koefisien pengaliran anntara lain dipengaruhi oleh (Subarkah, 1980:51) :

- a. Kemiringan tanah
- b. Jenis permukaan tanah yang dilalui air hujan
- c. Iklim
- d. Faktor-faktor meteorologi

Harga koefisien pengaliran C untuk berbagai kondisi permukaan tanah dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.10

Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa tataguna lahan dilakukan dengan mengambil angka rata-rata koefisien pengaliran dari setiap tataguna lahan dengan menghitung bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya. Adapun cara perhitungannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suhardjono, 1984:32):

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \tag{2-20}$$

dengan:

- C_m : koefisien pengaliran rata-rata
- C₁, C₂,..., C_n : koefisien pengaliran yang sesuai kondisi permukaan
- A₁, A₂,..., A_n : luas daerah pengaliran yang disesuaikan kondisi permukaan

Tabel 2.10 Harga Koefisien Pengaliran (C)

Jenis Permukaan/Tata Guna Tanah	Koefisien Pengaliran
1. Rerumputan	
- Tanah pasir, slope 2 %	0.05 - 0.1
- Tanah pasir, slope 2 - 7 %	0.10 - 0.15
- Tanah Pasir, slope 7 %	0.15 - 0.32
- Tanah gemuk, slope 2 %	0.13 - 0.17
- Tanah gemuk, slope 2 - 7 %	0.17 - 0.22
- Tanah gemuk, slope 7 %	0.25 - 0.35
2. Perkantoran	
- Pusat kota	0.75 - 0.95
- Daerah pinggiran	0.50 - 0.7
3. Perumahan	
- Kepadatan 20 rumah/ha	0.50 - 0.60
- Kepadatan 20 - 60 rumah/ha	0.60 - 0.80
- Kepadatan 60 - 160 rumah/ha	0.70 - 0.90
4. Perindustrian	
- Industri ringan	0.50 - 0.60
- Industri berat	0.60 - 0.90
5. Pertanian	0.45 - 0.55
6. Perkebunan	0.20 - 0.30
7. Pertamanan, kuburan	0.10 - 0.25
8. Tempat bermain	0.20 - 0.35
9. Jalan	
- Beraspal	0.70 - 0.95
- Beton	0.80 - 0.95
- Batu	0.70 - 0.85
10. Daerah yang dikerjakan	0.10 - 0.30

Sumber : Imam Subarkah, 1980: 553

2.4 Evaluasi dan Perencanaan Saluran

Evaluasi saluran drainase yang ada digunakan untuk mengetahui apakah kapasitas saluran yang ada mampu atau tidak untuk menampung dan membuang debit banjir rancangan dengan kala ulang 20 tahun dan debit sedimen yang dihasilkan akibat adanya erosi lahan daerah layanan.

Perencanaan dan perbaikan pada saluran pembuang adalah sebagai salah satu usaha peningkatan fungsi dari saluran pembuang yang sudah ada sehingga diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang dihadapi. Perencanaan dan perbaikan saluran pembuang meliputi perencanaan dimensi saluran.

2.4.1 Kapasitas Saluran

Perhitungan yang dipakai dalam menghitung kapasitas saluran drainasi adalah dengan menggunakan rumus Manning sebagai berikut (Chow, 1992: 89)

$$Q_s = V \cdot A \quad (2-21)$$

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2-22)$$

dengan :

Q_s = kapasitas saluran existing (m^3/dt)

V = kecepatan aliran di saluran (m/dt)

A = luas penampang basah (m^2)

n = koefisien kekasaran Manning

S = kemiringan dasar saluran

R = jari-jari hidrolis (m)

Harga koefisien kekasaran (n) dalam rumus Manning, ditetapkan berdasarkan pada bahan yang membentuk tubuh saluran.

Harga koefisien kekasaran manning untuk berbagai bahan material saluran dan tipe saluran dapat dilihat pada tabel 2.11.

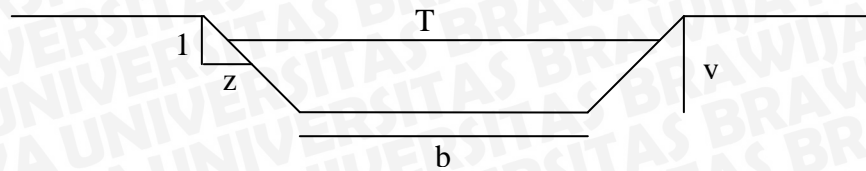
Tabel 2.11 Angka Kekasaran Manning (n)

Tipe Saluran	n
A. Saluran Tertutup Terisi Sebagian	
1. Gorong-gorong dari beton lurus dan bebas kikisan	0,010 – 0,013
2. Gorong-gorong dengan belokan dan sambungan	0,011 – 0,015
3. Saluran pembuang lurus dari beton	0,013 – 0,017
4. Pasangan bata dilapisi dengan semen	0,012 – 0,017
5. Pasangan batu kali di semen	0,015 – 0,030
B. Saluran dilapis atau disemen	
1. Pasangan bata disemen	0,012 – 0,018
2. Beton dipoles	0,013 – 0,016
3. Pasangan batu kali disemen	0,014 – 0,035
4. Pasangan batu kosong	0,020 – 0,035

Sumber : Chow, 1992:99

2.4.2 Geometri Saluran

Bentuk yang paling umum digunakan untuk saluran buatan adalah bentuk trapesium, sebab stabilitas kemiringan dindingnya dapat disesuaikan (Chow, 1997:18)



Gambar 2.4 Penampang trapesium saluran

dengan :

- luas penampang (A) = $(b + zy) y$
- keliling basah (P) = $b + 2y (1 + z^2)^{1/2}$
- jari-jari hidrolik (R) = A/P
- lebar atas (T) = $b + 2zy$
- kedalaman hidrolik (D) = A/T
- faktor penampang (z) = $A^{1.5} / T^{0.5}$

2.4.3 Tinggi Jagaan (*Free Board*)

Tinggi jagaan (*free board*) adalah jarak vertikal antara puncak tanggul saluran dan tinggi muka air debit maksimal (Chow, 1997;103). Pada umumnya semakin besar debit yang diangkut, semakin besar yang harus disesuaikan. Tinggi jagaan yang disarankan dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.12 Nilai Tinggi Jagaan (*Free Board*)

Q (m ³ /dt)	< 0.75	0.75 – 1.5	1.5 – 85.0	> 85.0
Free Board m)	0.45	0.60	0.75	0.90

Sumber : R.Raju, 1986:104

2.4.4 Kemiringan Dinding Tebing Saluran

Kemiringan dinding tebing saluran tergantung pada macam bahan yang membentuk tebing saluran seperti yang tertera pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Kemiringan dinding tebing saluran sesuai dengan bahan yang dipergunakan

No	Bahan Saluran	Kemiringan dinding tebing saluran
1	Batuan / cadas	0.25 : 1
2	Tanah lempung keras atau tanah dengan lapisan beton	(0.5 – 1) : 1
3	Tanah dengan pasangan batu atau tanah untuk saluran yang lebar	1 : 1
4	Lempung atau tanah untuk saluran kecil atau parit	1.5 : 1
5	Tanah berpasir lepas	2 : 1
6	Lumpur berpasir / lempung berpori	3 : 1

Sumber : Suhardjono, 1994:27

2.4.5 Kecepatan Maksimum yang Diijinkan

Kecepatan maksimum yang diijinkan atau kecepatan tahan erosi (*nonerodible velocity*) adalah kecepatan rata-rata terbesar yang tidak menimbulkan erosi pada tubuh saluran (Chow, 1997:150). Kecepatan ini sangat tidak menentu dan bervariasi dan hanya dapat ditetapkan berdasarkan pengalaman dan penyimpulan. Nilai kecepatan maksimum yang diijinkan dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2.14 Kecepatan maksimum yang Diijinkan Menurut Fortier dan Scobey

Bahan	n	Air Jernih		Air mengandung koloida lanau	
		V ₁ (fps)	γ _o (lbs/ft ²)	V ₁ (fps)	γ _o (lbs/ft ²)
Pasir halus, Koloida	0.020	1.50	0.027	2.5	0.75
Lanau berpasir, bukan koloida	0.020	1.75	0.037	2.5	0.75
Lanau bukan koloida	0.020	2.00	0.048	3.0	0.11
Lanau aluvial, bukan koloida	0.020	2.00	0.048	3.5	0.15
Lanau kaku biasa	0.020	2.50	0.075	3.5	0.15
Debu vulkanis	0.020	2.50	0.075	3.5	0.15
Lempung teguh, koloida kuat	0.025	3.75	0.260	5.0	0.46
Lanau aluvial, koloida kuat	0.025	3.75	0.260	5.0	0.46
Serpilh dan diulangkan keras	0.025	6.00	0.670	6.0	0.67
kerikil halus	0.020	2.50	0.075	5.0	0.32
Lanau bergradasi sampai kerakal, bukan koloida	0.030	3.75	0.380	5.0	0.66
Lanau bergradasi sampai kerakal, koloida	0.030	4.00	0.430	5.0	0.80
kerikil kasar, bukan koloida	0.025	4.00	0.300	6.0	0.67
kerakal dan batuan bulat	0.035	5.00	0.910	5.0	1.10

Sumber : Chow, 1997:150

Keterangan :

- V : kecepatan ijin (feet/detik)
n : koefisien kekasaran manning
1 ft : 0.305 m
1 lbs/ft² : 4.4 kg/m²

2.4.6 Gorong-Gorong (Culvert)

Gorong-gorong adalah saluran tertutup (pendek) yang mengalirkan air melewati jalan raya, jala kereta api, atau timbunan lainnya.

Berdasarkan lokasi, dikenal ada dua macam pengontrol yang dapat digunakan pada gorong-gorong, yaitu pengontrol didepan (inlet) dan di belakang (outlet). Kontrol di depan (pemasukan) terjadi jika kapasitas gorong-gorong lebih besar daripada kapasitas pemasukan (inlet). Kedalaman aliran kritis terletak pada pemasukan dan didalam gorong-gorong terjadi aliran superkritis. Kontrol dibelakang (outlet) terjadi jika kapasitas gorong-gorong lebih kecil daripada kapasitas pemasukan. Dalam kondisi ini,

dapat terjadi aliran subkritis ataupun tertekan di dalam gorong-gorong. Hal ini tergantung pada tinggi tekan dan elevasi air buritan. Pengontrol dapat bergeser dari inlet ke outlet dan sebaliknya. Hal ini sesuai dengan perubahan elevasi air di inlet dan outlet.

a. Kontrol Pemasukan (Inlet Control)

Pada kontrol pemasukan, aliran yang melewati gorong-gorong terutama tergantung pada kondisi pemasukan, yaitu luas penampang, bentuk dan konfigurasi pada pemasukan. Aliran dalam gorong-gorong adalah superkritis dan aliran tidak bergantung pada kondisi didalam gorong-gorong atau penampang air buritan.

1. Pemasukan tidak tenggelam atau $H < 1.2D$

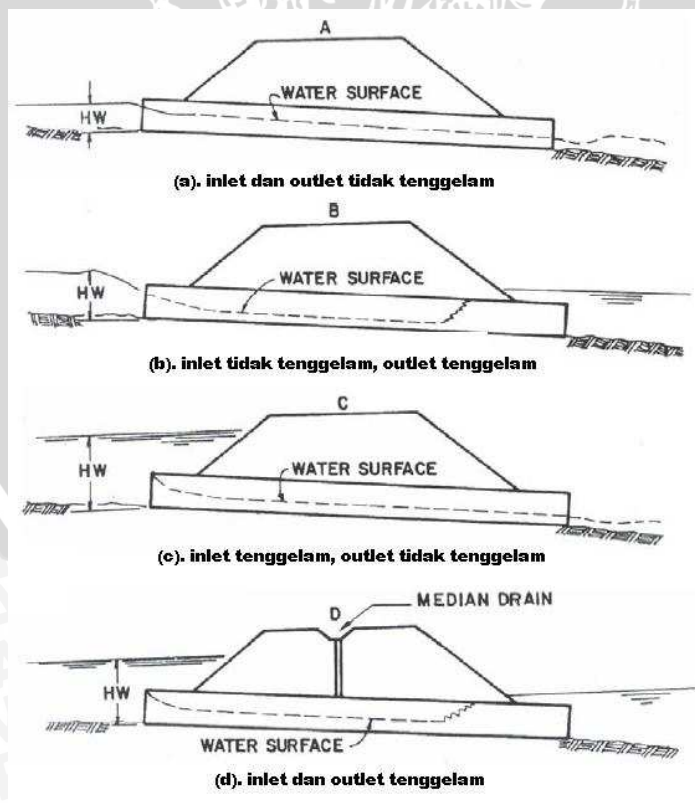
$$Q = \frac{2}{3} CBH \sqrt{\frac{2}{3} gH} \tag{2-23}$$

2. Pemasukan tenggelam atau $H > 1.2D$

$$Q = CBD \sqrt{2g(H - CD)} \tag{2-24}$$

dimana :

- B = lebar gorong-gorong (m)
- C = koefisien kontraksi pada sisi pemasukan
- D = diameter gorong-gorong (m)



Gambar 2.5 Kondisi aliran pada gorong-gorong untuk kontrol pemasukan

b. Kontrol Pengeluaran (outlet Control)

Pada kontrol pengeluaran, aliran gorong-gorong dapat berupa aliran penuh atau aliran tidak penuh. Apabila aliran tidak penuh, maka aliran bersifat subkritis. Besarnya aliran sangat tergantung pada luas penampang, bentuk, dan panjang gorong-gorong, dan tinggi air di hulu dan hilir gorong-gorong.

Kehilangan energi pada gorong-gorong terdiri dari:

1. kehilangan energi pada pemasukan (entrance)

$$H_e = k_e \frac{V^2}{2g} \quad (2-25)$$

2. Kehilangan energi sepanjang gorong-gorong

$$H_f = \left[\frac{29n^2L}{R^{1.33}} \right] \frac{V^2}{2g} \quad (2-26)$$

3. kehilangan energi pada pengeluaran (exit)

$$H_v = \frac{V^2}{2g} \quad (2-27)$$

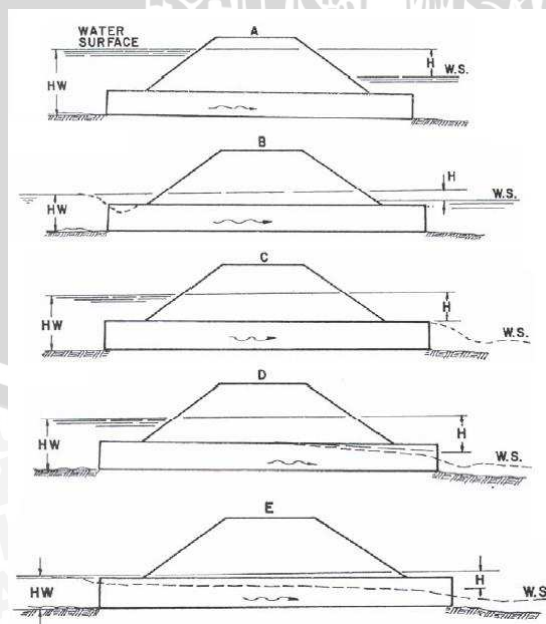
dimana :

V = Kecepatan aliran dalam gorong-gorong (m/dt)

R = Jari-jari Hidrolik (m)

n = koefisien gesek manning

L = Panjang gorong-gorong

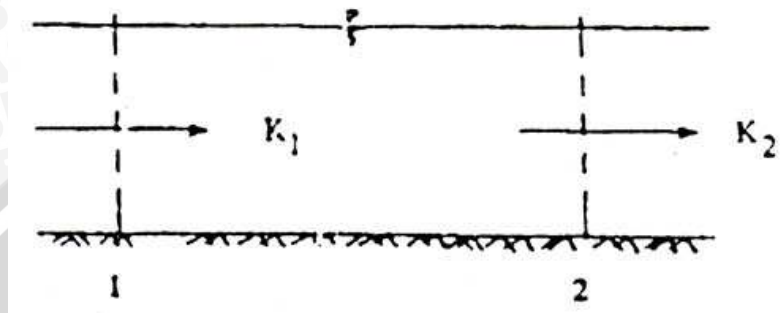


Gambar 2.6 Kondisi aliran pada gorong-gorong untuk kontrol pengeluaran

2.5 Analisa Transportasi Sedimen

2.5.1 Pengetahuan dasar Transportasi Sedimen

Pengetahuan dasar yang utama tentang transpor sedimen adalah untuk mengetahui sungai dalam kondisi tertentu apakah terjadi penggerusan (*degradation*), pengendapan (*aggradation*), transpor sedimen yang seimbang (*equilibrium transport*). Juga untuk memperkirakan kuantitas yang terangkut dalam proses kurun waktu tertentu.



Gambar 2.7 Transportasi Sedimen Pada Dasar Granular
Sumber : Priyantoro, 1987:1

Tabel 2.15 Proses Transportasi Sedimen di Dasar Saluran

Perbandingan K	Proses	
	Sedimen	Dasar
$K_1 < K_2$	Erosi	Degradasi
$K_1 = K_2$	Seimbang	Stabil
$K_1 > K_2$	Pengendapan	Agradasi

Sumber : Priyantoro, 1987:1

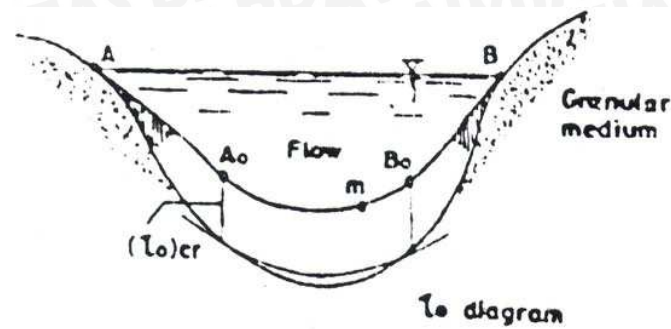
dengan K = kapasitas pengendapan

Keadaan-keadaan yang menentukan transpor:

1. sifat-sifat aliran air
2. sifat-sifat sedimen
3. pengaruh timbal balik / interaksi

2.5.2 Proses Terjadinya Transportasi Sedimen

Pemahaman proses terjadinya transpor sedimen yang diikuti dengan tinjauan aliran yang melalui suatu lapisan *Erodible Granular Medium*, seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.8 Lapisan Erodible Granular Medium

Sumber : Priyantoro, 1987:2

Gambar tersebut memperlihatkan bahwa pada titik m (daerah perimeter basah aliran AB), bekerja tegangan geser (*shear stress*). Pada titik A dan B, besarnya $\tau_0 = 0$. τ_0 mencapai nilai maksimum pada titik terbawah dari perimeter basah. Selama gaya gesek (*tractive force*) $\tau_0 < (\tau_0)_{cr}$, maka belum terjadi gerakan pada butiran. Apabila $\tau_0 > (\tau_0)_{cr}$ maka akan terjadi gerakan pada butiran yang selanjutnya disebut sebagai transpor sedimen. Dalam hal ini $(\tau_0)_{cr}$ adalah tegangan geser kritis (*critical shear stress*). Dari gambar diatas tampak bahwa pada daerah A_0B_0 di bagian dasar saluran akan terjadi transpor sedimen.

2.5.3 Perhitungan Transportasi Sedimen

Yang dimaksud bed material adalah bed load dan suspended load. Kedua macam transpor sedimen ini mempengaruhi proses erosi dan sedimentasi.

Intensitas transpor sedimen pada suatu penampang sungai adalah banyaknya sedimen yang melewati penampang tersebut persatuan waktu (dapat dinyatakan dalam berat newton/detik atau volume/satuan waktu : $m^3/detik$)

Intensitas total dari suatu transpor dianggap sebagai penjumlahan antara *transport bed load* dan *transport suspended load* (Priyantoro, 1987:49) :

$$T_{total} = T_b + T_s \quad (2-28)$$

dimana :

T_b : *transport bed load*

T_a : *transport suspended load*

2.5.3.1 Muatan layang (*Suspended Load*)

Debit *suspended load* dapat dihitung dengan persamaan (Asdak, 2002:400):

$$Q_s = 0.0864 \cdot Q_w \cdot C \quad (2-29)$$

dimana :

- C : konsentrasi sedimen (mg/l)
 Q_w : debit aliran (m³/dtk)
 Q_s : debit sedimen (ton/hr)
 K : 0.0864 = faktor perubahan satuan

2.5.3.2 Muatan Dasar (*Bed Load*)

Suatu formulasi yang lengkap tentang gerak *bed load* harus mencakup sebanyak mungkin variable aliran dan sedimen, yaitu:

- Parameter aliran : rapat massa air (ρ_w), kecepatan aliran (v), kedalaman aliran (h), radius hidraulis (R), kemiringan dasar saluran (I), K_s (kekasaran dasar), $uz = f(z)$ atau pembagian kecepatan dan lain-lain.
- Parameter sedimen : rapat massa sedimen (ρ_s), diameter butiran (d), faktor bentuk (sf), sifat kohesi, konfigurasi dasar, dan lain-lain.

Sebagian besar rumus-rumus menggunakan parameter yang menentukan keadaan batas (kritis) dimana belum terjadi transpor, misalnya mengkaitkan hubungan:

- $\tau_0 - \tau_c$ (tegangan geser kritis)
- $Q_0 - Q_c$ (debit kritis)
- $U_0 - U_c$ (kecepatan kritis)

Salah satu dari sekian banyak rumus akan digunakan pada kajian ini. Rumus ini adalah untuk kondisi aliran permanen yang seragam dan tidak termasuk *wash load*. Untuk mengaplikasikan rumus tersebut, maka kedalaman, kemiringan dan kecepatan rerata aliran harus diketahui. Rumus tersebut adalah dari:

Meyer-Peter dan Muller (1948)

Pertimbangan penggunaan rumus MPM adalah disesuaikan dengan data yang tersedia dengan parameter yang digunakan dalam persamaan tersebut. Meyer-Peter dan Muller melakukan beberapa kali percobaan pada flume dengan *coarse sand* dan menghasilkan hubungan empiris antara ϕ dan ψ adalah (Priyantoro, 1987:52):

$$S = (4\Psi' - 0.188)^{3/2} (g \cdot \Delta \cdot D_m^3)^{1/2} \quad (2-30)$$

$$\Psi' = \left(\frac{C}{C'} \right)^{3/2} \cdot \frac{R \cdot I}{\Delta \cdot D_m} \quad (2-31)$$

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \quad (2-32)$$

$$C' = 18 \log \frac{12R}{D_{90}} \quad (2-28)$$

$$C = \frac{\bar{U}}{(R.I)^{1/2}} \quad (2-33)$$

$$\bar{U} = 5.75.U^* \cdot \log \frac{12h}{k_s} \quad (2-34)$$

$$U^* = (g.h.I)^{1/2} \quad (2-35)$$

dimana :

S : volume angkutan sedimen per satuan waktu per meter lebar ($m^3/dtk/m$)

D_{50} D_{90} : diameter butiran (m)

R : diasumsi = kedalaman air (h), untuk sungai yang lebar (m)

ρ_s , ρ_w : rapat massa sediment dan rapat massa air (kg/m^3)

: kecepatan rata-rata (m/dtk)

U^* : kecepatan geser (m/dtk)

k_s : ukuran kekasaran butiran (cm)

h : kedalaman aliran (m)

I : kemiringan dasar saluran (sloope)

2.6 Perhitungan Oleh Paket Program HEC-6

2.6.1 Umum

HEC-6 merupakan model salah satu dimensi yang terus menerus dengan menggunakan serangkaian aliran tetap (*steady flow*) untuk mewakili hidrograf aliran, program ini tidak menyediakan simulasi perkembangan *meander*. Berdasarkan kontinuitas sedimen, maka perubahan-perubahan total muatan sedimen, volume dan gradasi sedimen yang digerus atau diendapkan, *armouring* permukaan dasar saluran, perubahan permukaan dasar saluran dihitung berdasarkan waktu dan jarak daerah studi.

Geometri sistem sungai ditunjukkan oleh penampang melintang sungai dimana ditentukan oleh titik koordinat (stasiun; elevasi) pada masukkan data dan jarak antar penampang melintang HEC-6 menaikkan atau menurunkan elevasi penampang melintang untuk menggambarkan gerusan atau endapan yang terjadi. Tepi saluran (*channel banks*) ke arah horisontal dianggap tetap dan dataran banjir (*floodplains*) di

tepi saluran dianggap tetap, tetapi dapat berpindah ke arah vertikal apabila berada dalam batas bergerak (*movable bed*).

Perhitungan muka air dihitung menggunakan metode tahapan standar untuk menyelesaikan persamaan energi dan kontinuitas. Kehilangan akibat kekasaran dihitung dengan persamaan manning dan kehilangan akibat ekspansi dan kontraksi dihitung dengan menetapkan koefisien kehilangan yang ditentukan. Kekasaran hidrolis ditunjukkan dengan nilai kekasaran manning dan dapat berubah-ubah dari penampang melintang satu ke penampang melintang yang lain.

Muatan sedimen yang masuk dihubungkan dengan debit air oleh kurva Q_s - Q_w pada ujung hulu dari sungai utama, anak sungai dan titik masukan lokal. Bila diperlukan perhitungan gerusan dan kondisi keseimbangan, maka gradasi material yang membentuk dasar aliran harus diukur. Tetapi bila hanya endapan yang diperlukan, maka gradasi material tidak penting dan dapat dihitung oleh program berdasarkan gradasi muatan seimen yang masuk. Kapasitas angkutan ditentukan pada tiap penampang melintang dengan informasi hidraulik dari perhitungan profil muka air (lebar efektif, kedalaman, kemiringan energi dan kecepatan aliran) dan gradasi material dasar.

2.6.2 Teori dasar Perhitungan Hidraulik

2.6.2.1 Persamaan Energi Satu Dimensi

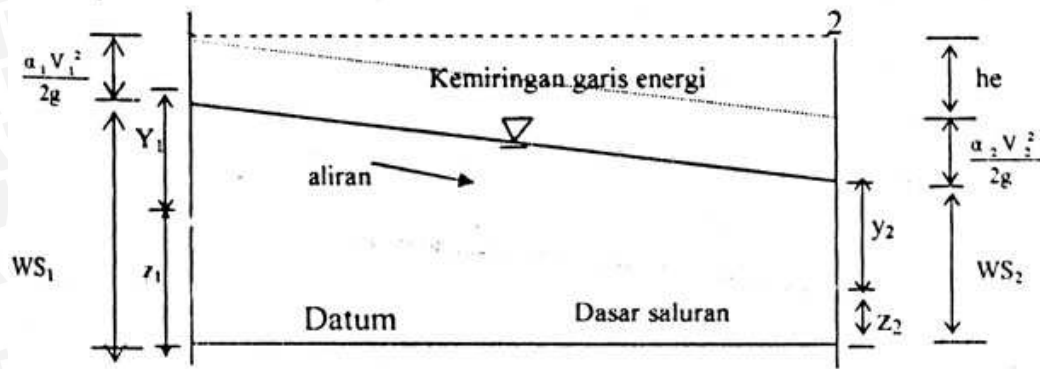
Persamaan energi satu dimensi diselesaikan dengan menggunakan metode tahapan standar bertahap dan parameter-parameter hidrauliknya dihitung untuk masing-masing penampang melintang (*Anonim: 1991:8*)

$$WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_e \quad (2-36)$$

$$h_e = h_f + h_o \quad (2-37)$$

dengan :

- g : percepatan gravitasi (feet/dt^2)
- h_e : kehilangan tinggi total (feet)
- V : kecepatan rerata (feet/dt)
- α : koefisien distribusi kecepatan
- WS : elevasi muka air (feet)
- WS_1 : $z_1 + y_1$
- WS_2 : $z_2 + y_2$
- h_f : kehilangan tinggi akibat kekasaran (feet)
- h_o : kehilangan tinggi akibat perubahan penampang (feet)



Gambar 2.9 Profil Muka Air

Sumber : Anonim, 1993:16

2.6.2.2 Kehilangan Hidraulik

Kehilangan Tinggi Akibat Kekasaran

Geometri sungai ditentukan oleh panjang melintang dan panjang jangkauan. Pendekatan yang digunakan untuk menghitung distribusi aliran pada penampang melintang sungai adalah sungai dibagi menjadi potongan-potongan yang memiliki persamaan hidraulik pada aliran langsung. Tiap potongan dibagi menjadi beberapa sub bagian. Kehilangan akibat gesekan dihitung dengan menggunakan persamaan : (Anonim, 1993:9)

$$h_f = \left[\frac{Q}{K_t} \right]^2 \quad (2-38)$$

dengan :

$$K_t = \sum_{j=1}^j \left[\frac{1.49}{n_j} \right] \frac{(A_2 + A_1) \left[\frac{R_2 + R_1}{2} \right]^{2/3}}{L_j^{1/2}} \quad (2-39)$$

dimana :

- A_1, A_2 : luas penampang hulu dan hilir (m^2)
- j : total jumlah sub bagian setiap penampang melintang
- K_t : panjang pengangkutan aliran dari tiap sub bagian
- L_j : jarak antar sub bagian (m)
- n : koefisien kekasaran manning
- Q : debit air (m^3/dt)
- R_1, R_2 : jarak hidrolis hulu dan hilir berturut-turut (m)



Kehilangan Tinggi Akibat Perubahan Penampang

Kehilangan tinggi akibat perubahan penampang ini terdiri dari dua yaitu akibat kontraksi dan ekspansi. Kontraksi dan ekspansi terjadi akibat *back water* yang disebabkan perubahan misalnya pelebaran atau penyempitan penampang, perubahan bentuk penampang atau perubahan kemiringan dasar saluran yang sangat curam sekali. Koefisien kontraksi dan ekspansi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut: (Anonim, 1993:9)

$$h_o = C_L \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2-40)$$

dimana :

C_L : koefisien kehilangan tinggi akibat kontraksi dan ekspansi

V : kecepatan rerata (feet/dt)

α : koefisien distribusi kecepatan

Jika nilai dalam tanda kurung absolut adalah negatif, berarti aliran mengalami kontraksi. Dan C_L merupakan koefisien kontraksi. Jika nilainya positif maka aliran mengalami ekspansi dan C_L merupakan koefisien ekspansi.

2.6.2.3 Perhitungan Elemen Hidraulik

Pengangkutan Aliran

Untuk perhitungan aliran K_j dihitung untuk tiap-tiap sub bagian j , dan nilai K_j dirumuskan sebagai berikut: (Anonim, 1993:11)

$$K_j = \frac{1,49}{n_j} A_j R_j^{2/3} \quad (2-41)$$

$$K_j = \frac{1}{n_j} A_j R_j^{2/3} \quad (2-42)$$

dengan :

j : total jumlah sub bagian setiap penampang melintang

K_j : panjang pengangkutan aliran dari tiap sub bagian

n : koefisien kekasaran manning

A : luas penampang (m²)

R : jarak hidrolis (m)

Total pengangkutan aliran pada suatu penampang melintang dirumuskan sebagai berikut:

$$K_t = \sum_{j=1}^{nss} K_j \tag{2-43}$$

Dengan n_{ss} adalah jumlah sub bagian pada suatu penampang melintang sungai.

Faktor Distribusi Kecepatan ($\alpha =$ alfa)

Alfa ($\alpha =$ alfa) adalah faktor koreksi energi untuk menghitung potongan distribusi kecepatan yang melewati dataran banjir (*flood plains*) dan saluran. Nilai α besar (jika $\alpha > 2$) terjadi bila kedalaman aliran pada talud yang rendah, pengangkutan kecil dan arealnya luas. Nilai α dihitung dari rumus sebagai berikut: (Anonim, 1993:11)

$$\alpha = \frac{\sum_{j=1}^{nss} \left[\frac{K_j}{A_j^2} \right]^3}{\left[\frac{K_t^3}{A_t^2} \right]} \tag{2-44}$$

dengan:

- α : faktor distribusi kecepatan
- K : panjang pengangkutan aliran dari tiap subsection
- j : sub bagian setiap penampang melintang
- t : total ruas pada penampang melintang
- A : luas penampang (m^2)

Perhitungan Kedalaman Kritis

Perhitungan kedalaman kritis dilakukan dengan faktor penampang kritis (CRT) dan faktor penampang hasil hitungan (ZSQ). Persamaan yang digunakan adalah (Anonim, 1993:12) :

$$CRT = \frac{Q}{\left(\frac{g}{\alpha} \right)^{1/2}} \tag{2-45}$$

$$ZSQ = A_t \left(\frac{A_t}{W_t} \right)^{1/2} \tag{2-46}$$

dimana :

- A_t : luas total penampang melintang
- W_t : lebar muka air total

Jika CRT lebih kecil dari ZSQ, berarti terjadi aliran subkritis dan perhitungan tetap dilanjutkan. Tetapi bila terjadi sebaliknya yaitu aliran super kritis maka perhitungan yang dipergunakan adalah dengan menggunakan kedalaman dan lebar efektif.



2.6.2.4 Koefisien Kekasaran

Kekasaran untuk aliran alluvial dipengaruhi oleh aktivitas transpor sedimen dan gerakan material dasar. Kehilangan energi untuk perhitungan profil muka aliran harus mencakup semua hal yang menyebabkannya, yaitu: kekasaran butiran yang menyusun dasar bergerak, vegetasi, kontraksi, dan ekspansi. Semua itu cukup diwakili oleh satu nilai koefisien kekasaran (n) manning.

Untuk aliran pada sungai alam nilai kekasaran manning tidaklah konstan. Hal ini selain disebabkan oleh banyaknya belokan pada saluran (*channel curvature*) dan ketidak-seragaman dari potongan melintang saluran, juga karena perubahan sand bed channel yang mengakibatkan perubahan bentuk kekasaran dasar.

Oada studi ini digunakan hubungan Limerinos untuk mendeterminasi nilai kekasaran manning dengan rumus:

$$n = \frac{0.0926 \cdot xR^{1/6}}{1.16 + 2 \log_{10} \left(\frac{R}{d_{84}} \right)} \quad (2-47)$$

Dimana R adalah radius hidraulis dan d_{84} adalah diameter butiran dasar sungai yang lebih besar dari 84% lolos.

2.6.3 Teori Dasar Perhitungan Sedimen

2.6.3.1 Persamaan Kontinuitas Material Sedimen

Kontrol Volume

Tiap-tiap potongan melintang menunjukkan sebuah kontrol volume besarnya sama dengan lebar dasar yang berubah-ubah dan kedalamannya diberikan dari muka air ke bagian atas *bed rock*. Persamaan kontinuitas sedimen diambil sebagai kontrol volume tersebut, sedangkan persamaan energi diambil antara penampang melintang memakai konsep rerata luasan akhir.

Volume sedimen pada dasar aliran berdasarkan perkiraan rerata luasan akhir adalah (Anonim, 1993:16) :

$$V_{sed} = Bo \cdot Y_s \cdot \frac{L_u + L_d}{2} \quad (2-48)$$

dimana :

Bo : lebar dasar yang berubah-ubah (m)

L_u, L_d : panjang bagian hulu dan hilir yang digunakan pada perhitungan volume kontrol (m)

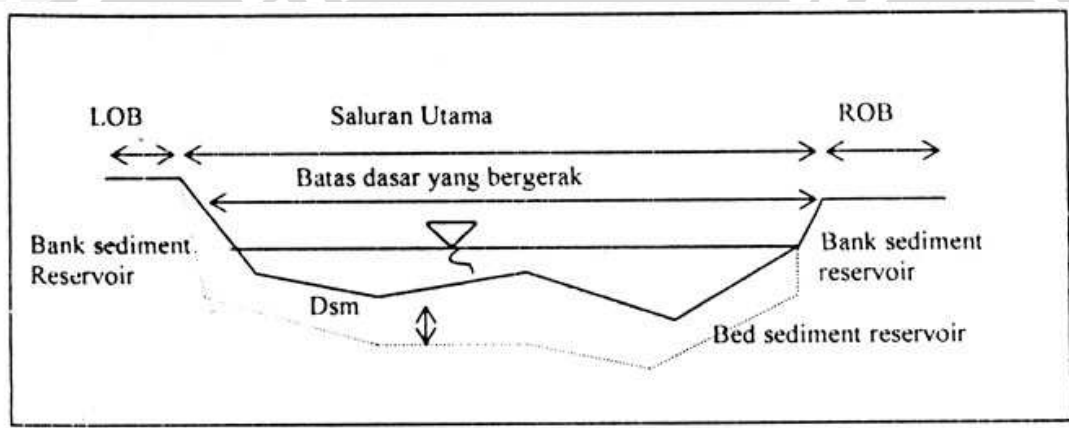
V_{sed} : volume sedimen pada kontrol volume (m³)

Y_s : kedalaman sedimen pada kontrol volume (m)

Parameter hidraulika, gradasi material dasar dan perhitungan kapasitas angkutan diasumsi seragam pada seluruh kontrol volume.

Konsep Tampungan Sedimen Dasar

Endapan alluvium di atas aliran air disebut tampungan sedimen (*sediment reservoir*). Bagian alluvium yang secara langsung dibawah saluran disebut dengan tampungan sedimen dasar (*the bed sediment reservoir*) seperti terlihat pada gambar dibawah ini. HEC-6 akan menghitung untuk dua sumber sedimen, yaitu konsentrasi sedimen yang masuk dalam air dan tampungan dasar (*bed sediment reservoir*) pada dasar saluran.



Gambar 2.10 Material Sedimen Pada Dasar Penampang

Sumber : US Army, 1991:35

Hubungan koordinat dengan garis tebal pada gambar diatas menunjukkan bentuk penampang melintang pada awal permulaan simulasi. Pada kondisi gerusan, perbedaan antara sedimen dasar yang masuk jangkauan kapasitas angkutan diubah menjadi volume gerusan. Setiap tahap waktu, koordinat dasar bergerak (*movable bed*) diturunkan sebesar D_{sm} , setelah dikalikan dengan lebar dasar bergerak dan panjang jangkauan sama dengan volume gerusan.

Persamaan Exner

Pengetahuan dasar yang dipergunakan dalam simulasi lapisan dasar saluran yang bergerak adalah persamaan exner, yang merupakan penyelesaian dari persamaan kontinuitas untuk material sedimen. Bentuk persamaan itu adalah sebagai berikut (Anonim, 1993:17) :

$$\frac{\partial G}{\partial X} + B_o \frac{\partial Y_s}{\partial (DD)} = 0 \quad (2-49)$$

dimana :

- G : angkutan sedimen (m³/dt)
- B : lebarnya dari dasar saluran yang bergerak (m³)
- DD : lamanya tiap tahap waktu (detik)
- Ys : kedalaman endapan sedimen pada kontrol volume (m)

Perhitungan Kembali Gradasi dasar

Program akan menyelesaikan dengan menggunakan persamaan exner untuk kontinuitas material. Jika kapasitas angkutan lebih besar dari pada debit sedimen, sedimen yang ada dipindah dari dasar secara kontinyu. Selama kapasitas angkutan untuk suatu ukuran butiran sedimen masih tergantung pada bagian dasar yang terdiri dari ukuran butiran tersebut. Banyaknya perhitungan kembali tersebut adalah berhubungan dengan durasi aliran, kecepatan aliran dan panjang jarak untuk masing-masing jangkauan yang dinyatakan dengan rumus berikut : (Anonim, 1993:19)

$$LTI = \frac{Durasi \times Kecepatan}{PanjangJarakJangkauan} \quad (2-50)$$

Penetapan Lapisan Aktif dan Tidak Aktif

Lapisan aktif diasumsi sebagai lapisan yang material dasarnya secara kontinyu akan bercampur dengan aliran. Tetapi lapisan ini juga memiliki permukaan dengan partikel yang bergerak lambat, yang berfungsi untuk melindungi partikel yang bergerak lebih kecil dari pengaruh aliran. Proses pencampuran ini akan dibedakan menjadi dua yaitu:

1. percampuran yang terjadi antara partikel sedimen dasar dan air yang terjadi akibat energi gerakan aliran.
2. Percampuran yang terjadi antara lapisan aktif dan lapisan tidak aktif akibat distorsi pada permukaan dasar sungai.

Kedalaman Stabil

Kondisi hidraulis minimum dimana ukuran butiran partikel tidak bergerak pada permukaan dasar dapat dihitung dengan kombinasi persamaan Manning, Strickler dan Einstein menjadi : (Anonim, 1993:19)

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) R^{2/3} . S_f^{1/2} \quad (2-51)$$

$$n = \frac{d^{1/6}}{29.3} \quad (2-52)$$

$$\Psi = \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} \cdot \frac{d}{DS_f} \quad (2-53)$$

dimana :

d : diameter butiran (m)

D : kedalaman aliran (m)

V : kecepatan aliran (m/dtk)

ρ_s : densitas butiran pasir (kg/m³)

ρ_f : densitas air (kg/m³)

ψ : intensitas transport, fungsi muatan dari Einstein

Sr : slope friksi

Untuk kondisi tidak terjadi transpor, $\psi \geq 30$. penyelesaian persamaan 2.36 untuk menentukan Sf, pada pasir menggunakan GS = 2.65 dan $\psi = 30$. sehingga Sf menjadi :

$$Sf = \frac{d}{18 \times 18D} \quad (2-54)$$

Kombinasi antara persamaan Manning dan Strickler dimana R diganti menjadi D, dan mengalikan kecepatan dengan kedalaman untuk mendapatkan unit debit:

$$q = \frac{(29.3)D^{5/8}}{d^{1/6}} \left[\frac{d}{18.18D} \right]^{1/2} \quad (2-55)$$

$$q = 10.21 \times D^{7/6} \times d^{1/3} \quad (2-56)$$

dimana :

q : debit air per unit lebar aliran (m³/det/m)

d : diameter butiran (m)

D : kedalaman aliran (m)

Kedalaman seimbang untuk ukuran butiran dengan debit yang ada menjadi:

$$De = D = \left[\frac{q}{10.21 \times d^{1/3}} \right]^{6/7} \quad (2-57)$$

dimana :

De : kedalaman minimum air saat tidak terjadi transpor (kedalaman seimbang) untuk diameter butiran d

q : debit air per unit lebar aliran (m³/det/m)

d : diameter butiran (m)

2.6.3.2 Pergerakan Sedimen

Karakteristik Laju Pengangkutan Sedimen

Karakteristik laju pengangkutan sedimen berhubungan dengan aliran turbulen. Pemakaian karakteristik jarak tersebut akan memerlukan contoh konsentrasi keseimbangan dalam saluran air sebagai pedoman, karakteristik jarak pada pemasukan dikumpulkan 30 kali kedalaman aliran. Perbandingan pemasukan, ENTRLR dihubungkan dengan nilai dimana aliran mendekati keseimbangan, dihitung dengan membagi panjang jangkauan dengan karakteristik jarak pada masukan, dapat dirumuskan sebagai berikut (Anonim, 1993:28) :

$$ENTRLR = \frac{\text{Panjang Jangkauan}}{30 \times \text{Kedalaman}} \quad (2-58)$$

Karakteristik Perhitungan Laju Endapan

Endapan terjadi bila debit sedimen yang masuk lebih besar dari kapasitas angkutan. Tidak semua klasifikasi kelas butiran dalam suatu campuran endapan, karena itu proses ini dihitung dengan klasifikasi ukuran butiran. Laju endapan dimana sedimen berasal dari aliran yang dikontrol dengan kecepatan pengendapan partikel adalah sebagai berikut (Anonim, 1993:28) :

$$DECAY(i) = \frac{Vs(i).DD}{Ds(i)} \quad (2-59)$$

dimana :

- Ds(i) : kedalaman efektif yang terisi oleh sedimen berukuran i
- DD : durasi tiap tahap waktu
- Vs(i) : kecepatan pengendapan pada partikel ukuran i

Saluran dengan Dasar Yang Keras

Kondisi khusus pada saluran dengan dasar yang keras (seperti saluran beton) diperkirakan dengan menentukan kedalaman sedimen pada tampungan sedimen dasar. Hal ini diselesaikan dengan menentukan model dasar sama dengan elevasi awal lembah. Tidak ada sedimen yang ditambahkan pada aliran sedimen pada penampang melintang.

2.7 Masukkan Data Pada Program HEC-6

Masukkan data dalam program HEC-6 untuk kajian studi ini dibagi dalam tiga kelompok data, yaitu:

1. Data Geometri

Data ini Meliputi penampang melintang, jarak antar penampang melintang dan nilai koefisien kekasaran, penentuan dasar bergerak pada tiap potongan melintang dan kedalaman material sedimen pada dasar model.

2. Data Sedimen

Data ini meliputi data muatan sedimen yang masuk, gradasi material dasar pada dasar saluran, sifat sedimen, hubungan kapasitas angkutan sedimen dan berat satuan material endapan.

Perhitungan oleh HEC-6, maka material sedimen diklasifikasikan menjadi kelompok-kelompok sesuai dengan skala klasifikasi yang ditentukan oleh *American Geophysical Union (AGU)* seperti ditunjukkan pada tabel 2.16

3. Data Hidrologi

Data hidrologi meliputi debit, suhu, elevasi muka air dan durasi aliran. Tahap akhir dari perhitungan ini adalah mensimulasi data-data geometri, data sedimen terhadap data hidrologi.

Tabel 2.16 Klasifikasi Ukuran Butiran Pada Material Sedimen

Class Size Number Used in HEC-6	Sediment Material	Grain Diameter (mm)
	Clay	
1	Clay	0.002 - 0.004
	Silt	
1	Very Fine Silt	0.004 - 0.008
2	Fine Silt	0.008 - 0.016
3	Medium Silt	0.016 - 0.032
4	Coarse Silt	0.032 - 0.0625
	Sands - Boulders	
1	Very Fine Sand (VFS)	0.0625 - 0.125
2	Fine Sand (FS)	0.125 - 0.250
3	Medium Sand (MS)	0.25 - 0.50
4	Coarse Sand (CS)	0.5 - 1.0
5	Very Coarse Sand (VCS)	1 - 2
6	Very Fine Gravel (VFG)	2 - 4
7	Fine Gravel (FG)	4 - 8
8	Medium Gravel (MG)	8 - 16
9	Coarse Gravel (CG)	16 - 32
10	Very Coarse Gravel (VCG)	32 - 64
11	Small Cobbles (SC)	64 - 128
12	Large Cobbles (LC)	128 - 256
13	Small Boulders (SB)	256 - 512
14	Medium Boulders (MB)	512 - 1024
15	Large Boulders (LB)	1024 - 2048

Sumber : Anonim, 1993:39

2.8 Teori Pasang Surut

Pasang surut adalah gerakan naik-turunnya muka air laut, dimana amplitudo dan fasenya berhubungan langsung terhadap gaya geofisika yang periodik, yakni gaya yang ditimbulkan oleh gerak reguler benda-benda angkasa, terutama bulan, bumi, dan matahari. Naik turunnya muka air laut akibat gaya geofisika ini disebut pasang surut gravitasi. Disamping itu, gerak muka laut juga dipengaruhi oleh adanya variasi tekanan atmosfer dan angin. Sistem gerak ini disebut pasang surut meteorologi. Doodson (1920) telah mengidentifikasi sebanyak 390 faktor konstan yang biasa disebut tidal constituents.

Tabel 2.17 Tidal Constituents Utama

No	Nama Constituents	Simbol	Periode (jam matahari)	Perbandingan (relatif)
1	Tengah harian (semi-diurnal)			
	Prinsipal Lunar	M ₂	12.42	100
	Prinsipal Solar	S ₂	12.00	46.6
	Lunar Monthly	N ₂	12.66	19.2
	Soli-lunar declinational	K ₂	11.97	12.7
2	Harian (diurnal)			
	Soli-lunar Diurnal	K ₁	23.93	58.4
	Principal Lunar Diurnal	O ₁	25.82	41.5
	Principal Solar Diurnal	P ₁	24.07	19.4
	Larger lunar elliptic	Q ₁	26.90	8.0
3	Periode panjang (long period)			
	Lunar fortnightly	M ₁	327.66	17.2
	Lunar monthly	M _m	6610.30	9.1
	Solar semi-annual	S _{sa}	2191.0	8.0

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yan Berkelanjutan, 2004:106

Tipe pasang surut dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) bentuk dasar berdasarkan pada nilai Farmzahl, F yang diperoleh dari persamaan

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

dimana :

F = nilai Farmzahl,

K₁ dan O₁ = konstanta pasang surut harian utama,

M₂ dan S₂ = konstanta pasang surut ganda utama.

Berdasarkan nilai Farmzahl, F tersebut, maka pasang surut dapat dibedakan menjadi:

1. Pasang surut ganda (semidiurnal tides) : F < 0.25

Dalam satu hari pasang surut (24 jam 52 menit) terjadi dua kali pasang (air tinggi) dan dua kali surut (air rendah)

2. Pasang surut campuran : $0.25 < F < 3$

Dalam satu hari pasang surut kadang-kadang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut tidak sama tinggi, kadang-kadang terjadi hanya satu air pasang satu air rendah. Lebih lanjut, tipe campuran ini dapat dibedakan lagi menjadi pasang surut campuran dominan ganda untuk $0,25 < F < 0.5$ dan pasang surut campuran dominan tunggal untuk $0.5 < F < 3$.

3. Pasang surut diurnal : $F > 3$

Dalam satu hari pasang surut terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut.

Akibat adanya pasang surut, maka permukaan air laut selalu berubah setiap saat seirama dengan pergerakan pasang surut. Oleh karena itu, diperlukan suatu elevasi permukaan laut tertentu yang dapat digunakan sebagai referensi. Sampai saat ini ada berbagai macam permukaan laut yang dapat dipakai sebagai referensi, diantaranya:

MHHWL : *Mean Highest High Water Level*, tinggi rata-rata air dari air tinggi yang terjadi pada pasang surut purnama atau bulan mati (*spring tides*).

MLLWL : *Mean Lowest Low Water Level*, tinggi rata-rata dari air rendah yang terjadi pada pasang surut purnama atau bulan mati (*spring tides*).

MHWL : *Mean High Water Level*, tinggi rata-rata dari air tinggi selama periode 19.6 tahun.

MLWL : *Mean Low Water Level*, tinggi air rata-rata dari air rendah selama 18.6 tahun.

MSL : *Mean Sea Level*, tinggi rata-rata dari muka air laut pada setiap tahap pasang surut selama periode 18.6 tahun, biasanya ditentukan dari pembacaan jam-jaman.

HWL : *High Water Level (High Tide)*, elevasi maksimum yang dicapai oleh tiap air pasang.

HHWL : *Highest High Water Level*, air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati (*spring tides*)

LWL : *Low Water Level (Low Tide)*, elevasi minimum yang dicapai oleh tiap air surut.

LLWL : *Lowest Low Water Level*, air terendah pada saat pasang surut bulan purnama atau bulan mati (*spring tides*).



BAB III METODE KAJIAN

1.6 Diskripsi Daerah Kajian

1.6.1 Lokasi Kajian

Daerah kajian adalah wilayah Kelurahan Entrop Kecamatan Jayapura Selatan yang termasuk dalam wilayah administrasi Kota Jayapura yang terletak dibagian Utara Propinsi Papua pada $1^{\circ}28'17''$ - $3^{\circ}58'0,82''$ Lintang Selatan dan $137^{\circ}34'10,6''$ - $141^{\circ}0'8,22''$ Bujur Timur. Batas wilayah kelurahan Entrop secara administratif adalah :

Sebelah Utara : Kelurahan Hamadi dan Kelurahan Ardipura

Sebelah Barat : Kelurahan Waena (Kecamatan Abepura)

Sebelah Selatan : Kelurahan Vim

Sebelah Timur : Teluk Youtefa dan Samudra Pasifik

Luas Kelurahan Entrop adalah 1694 Ha yang terbagi menjadi 3 daerah yang dibatasi oleh 4 sungai. Lokasi kajian adalah daerah yang terletak diantara Sungai Entrop 1 dan Sungai Entrop 2. Luas daerah pengaliran saluran drainase Entrop yang berada diantara sungai Entrop 1 dan Entrop 2 adalah 89.9 ha..

1.6.2 Kondisi Daerah Kajian

Bentuk topografi daerah kajian yang berbukit-bukit dengan kemiringan jalan raya yang cukup besar yaitu 0.01 sampai 0.1. Slope saluran drainase juga cukup besar karena mengikuti slope jalan raya. Kemiringan saluran drainase yang curam menyebabkan kecepatan saluran semakin besar sehingga terjadi gerusan pada dasar saluran. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengurangi kecepatan aliran dengan melandaikan slope saluran dan ditambah terjunan tegak. Bahan konstruksi saluran direncanakan tahan erosi seperti lapisan beton.

Adanya perubahan lahan pada beberapa wilayah di daerah kajian mempengaruhi besarnya tingkat erosi dan memberikan dampak pada saluran drainase terutama di daerah yang curam. Saluran yang akan menerima sedimen dari erosi tersebut adalah saluran di Jalan Entrop daerah Walikota (S.Wa.Ka dan S.Wa.Ki).

1.7 Pendekatan Masalah

Dengan menggunakan cara pendekatan interpretasi peta topografi dan foto udara untuk menganalisa tingkat erosi daerah kajian. Yaitu dengan memperhatikan

data sekunder seperti data hidrologi, ruang lahan dan tanah. Perhitungannya menggunakan Persamaan Umum Kehilangan Tanah (PUKT/USLE).

Fenomena *hydraulic* pada dimensi saluran drainase, akibat adanya kontribusi tambahan berupa *sediment yield* hasil erosi lahan, pendekatan hitungannya digunakan persamaan energi dan kontinuitas dengan menggunakan alat bantu, program HEC-6.

1.8 Rancangan Hasil Studi

Rancangan hasil studi adalah berupa hasil perhitungan dimensi baru untuk tiap saluran sebagai tindak lanjut evaluasi saluran drainase..

Dan berupa hasil perhitungan PUKT dengan pendekatannya untuk memperoleh besarnya erosi pada lahan studi dan besarnya sedimen yang masuk saluran drainase utama. Hasil analisa transport sedimen pada saluran , dengan tujuan untuk mengetahui titik-titik rawan pengendapan sepanjang saluran drainase. Sebagai tindak lanjutnya adalah memberikan perlakuan atau pendimensian saluran yang merupakan titik rawan pengendapan.

Tabel 3.1 Rancangan hasil Studi

No	Parameter	Tolak Ukur	Evaluasi
1	Evaluasi Sistem Drainase	Peta topografi, ruang lahan dan data-data hidrologi	Metode Rasional, persamaan (2.18) – (2.20)
2	Pendugaan erosi lahan	Peta topografi, ruang lahan, tanah dan data-data hidrologi	PUKT/USLE, persamaan (2.11) – persamaan (2.17)
3	Analisa sedimen transport	Dimensi dan geometri dari saluran drainase, debit sedimen pada saluran.	Running Program HEC-6
4.	Rekomendasi hasil terhadap dimensi saluran	Hasil analisa sedimen transport pada saluran.	

1.9 Data Yang Diperlukan

Untuk menyelesaikan studi evaluasi saluran drainase utama daerah Entrop, maka diperlukan beberapa data penunjang sebagai berikut:

1. Data Curah hujan

Data curah hujan didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Jayapura Sub Dinas Bina Pengairan. Data diambil dari 2 stasiun hujan yang terdekat dengan daerah kajian yaitu Pos Hujan Entrop dan Pos Hujan Polimaq. Data yang digunakan adalah data curah hujan harian selama 11 tahun.

2. Data Saluran Drainase

Data saluran drainase meliputi data dimensi saluran drainase eksisting dan peta sistem jaringan drainase daerah kajian. Data ini didapat dari pengukuran langsung di lapangan.

3. Data Sungai

Data sungai meliputi dimensi sungai, elevasi sungai dan peta sungai. Data ini didapat dari *Summary Report* Pengendalian Banjir Kota Jayapura, 2004.

4. Peta topografi kota jayapura skala 1 : 30.000

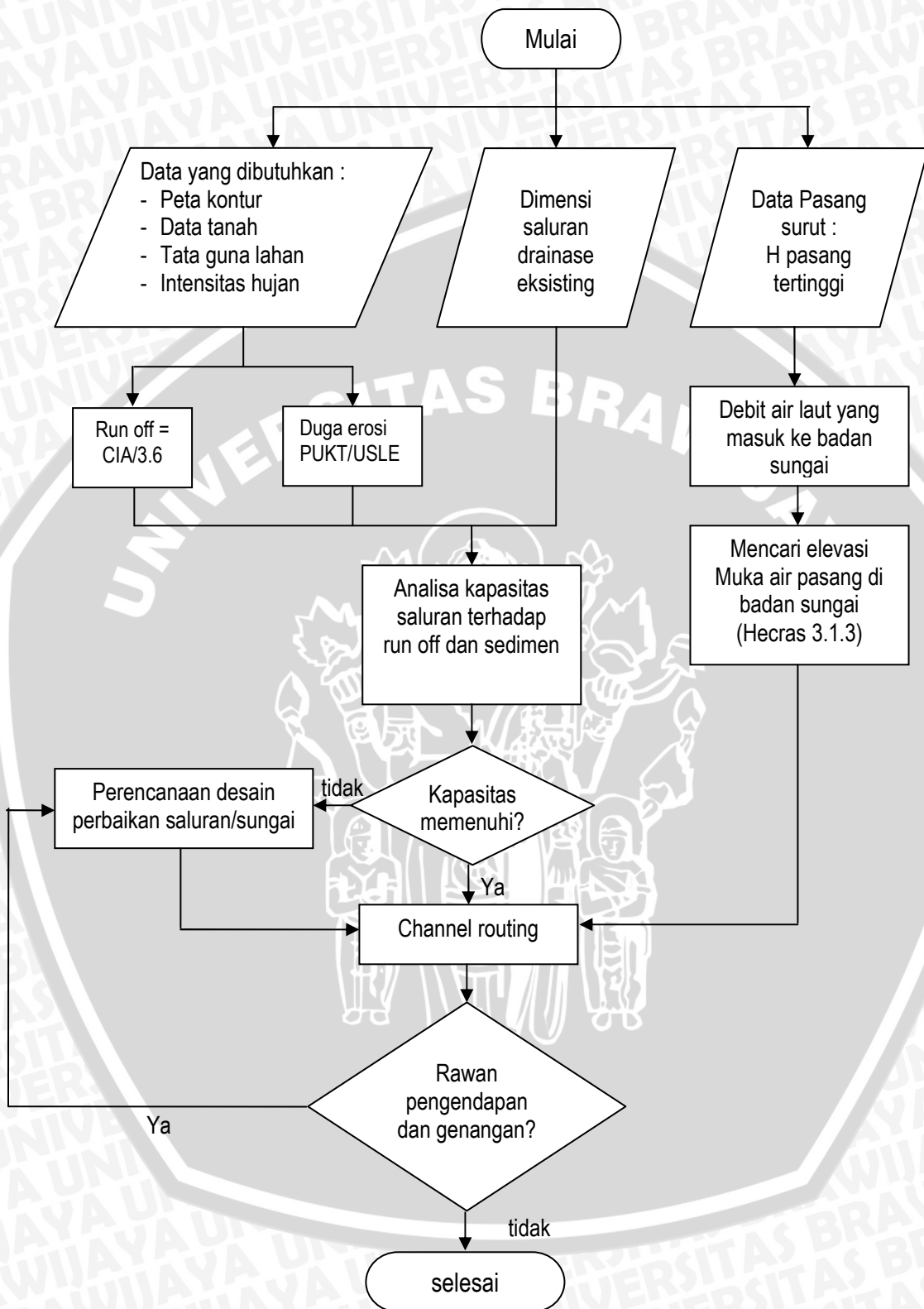
5. Peta tata guna lahan daerah kajian

6. Peta tanah daerah kajian

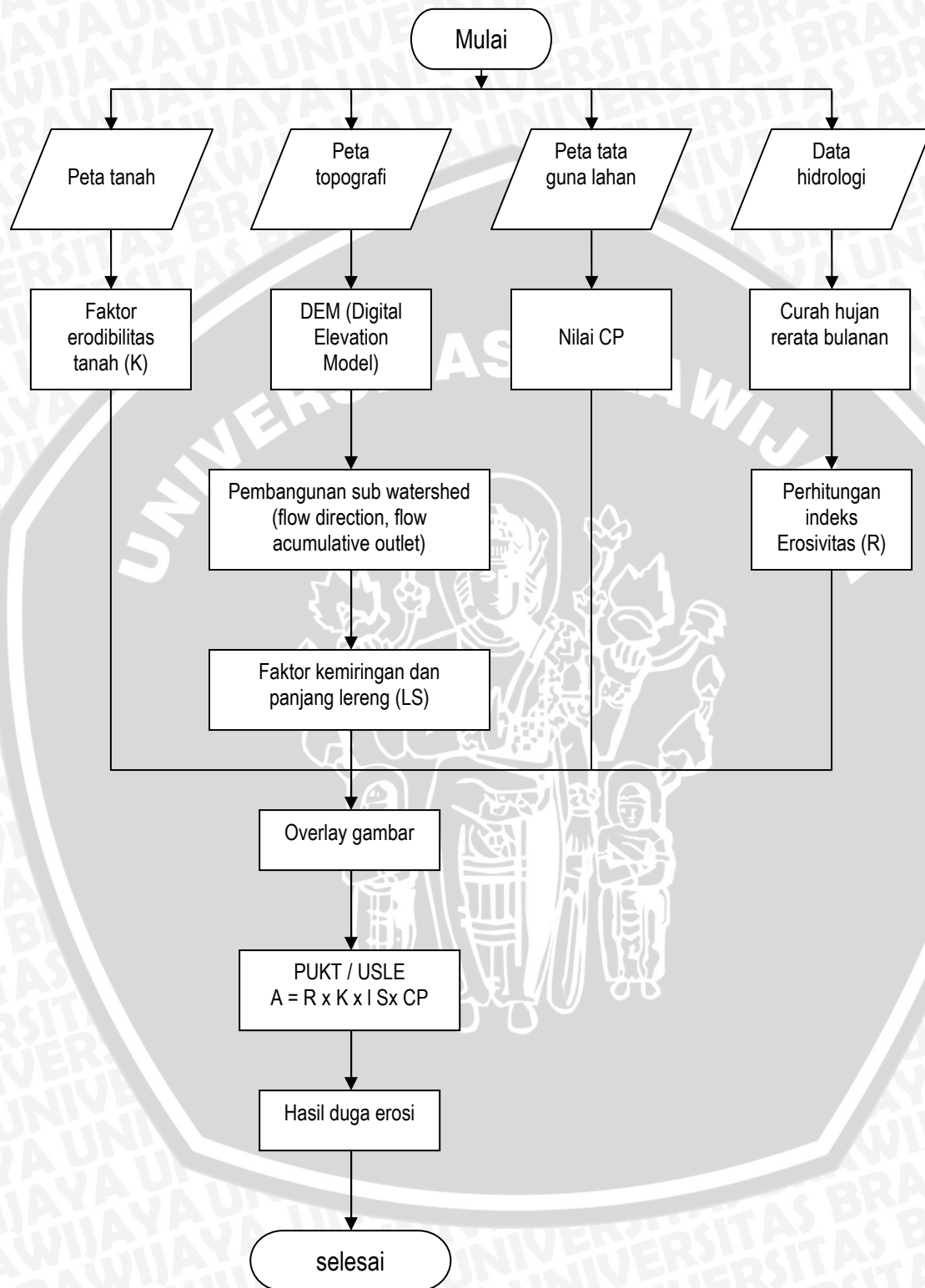
1.10 Langkah-langkah Pengerjaan Studi

Untuk menyelesaikan studi ini, langkah-langkah pengerjaannya adalah:

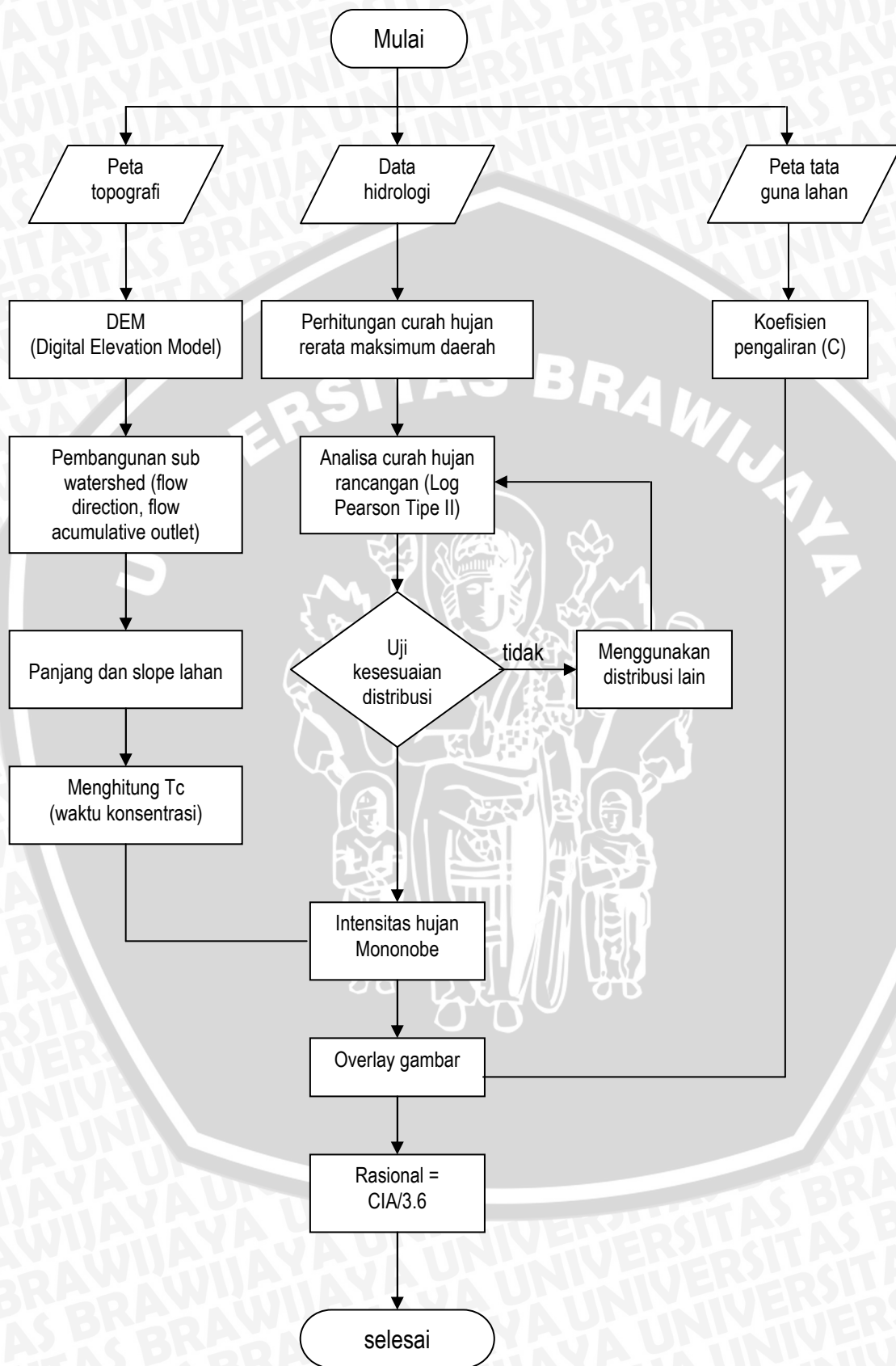
1. Digitasi peta topografi, peta tata guna lahan, peta tanah, data hujan.
2. Pembuatan atribut : Peta watershed, peta tanah, peta tata guna lahan.
3. Perhitungan duga erosi lahan menggunakan PUKT/USLE
4. Perhitungan debit limpasan permukaan menggunakan Metode Rasional
5. Analisa kapasitas saluran drainase utama terhadap limpasan dan hasil sedimen erosi pada lahan.
6. Perhitungan transpor sedimen pada saluran menggunakan HEC-6 untuk menentukan profil hidraulik saluran rawan terhadap pengendapan sedimen.
7. Perencanaan perbaikan dimensi saluran Drainase Utama.



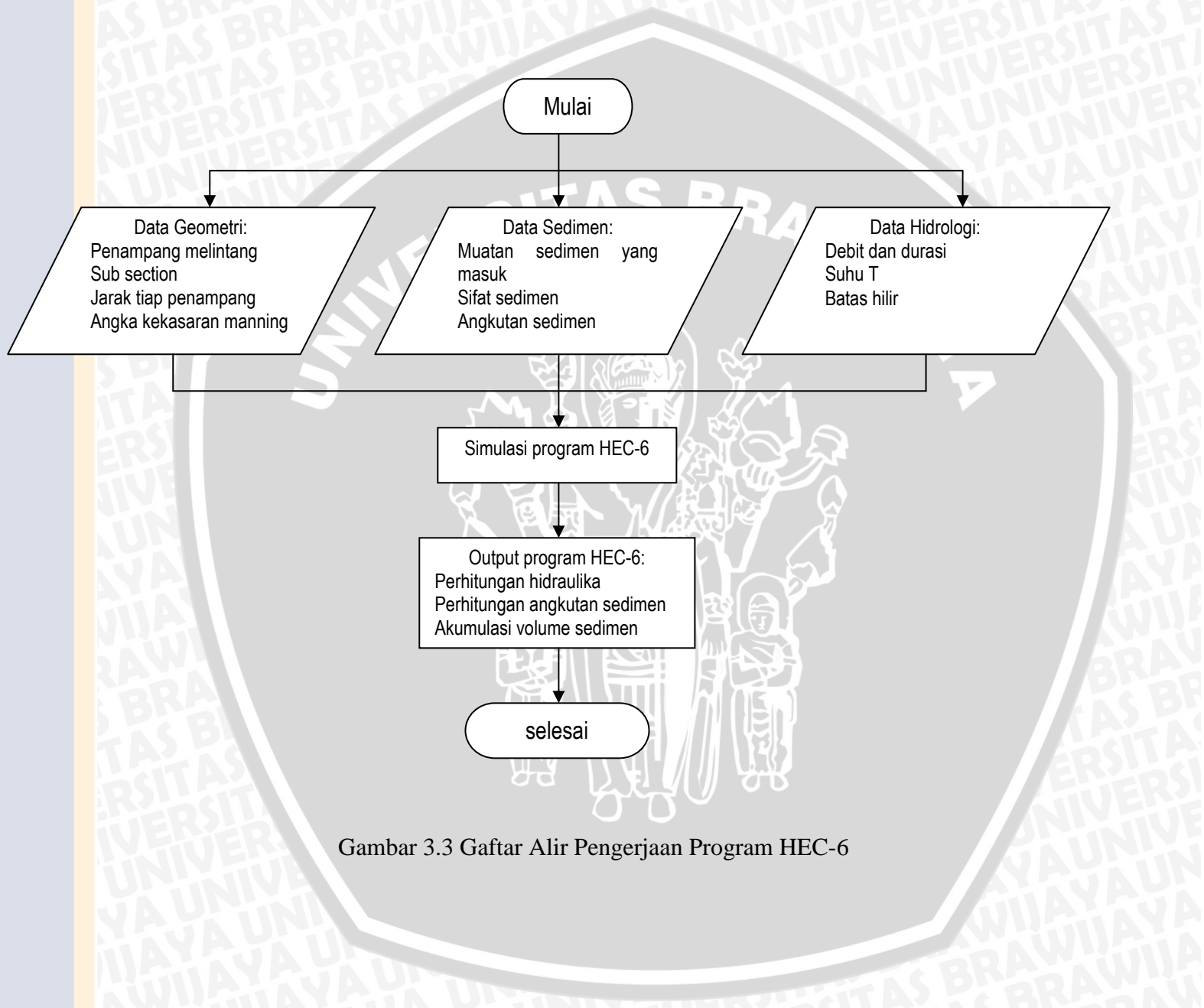
Gambar 3.1 Gaftar Alir Pengerjaan Skripsi



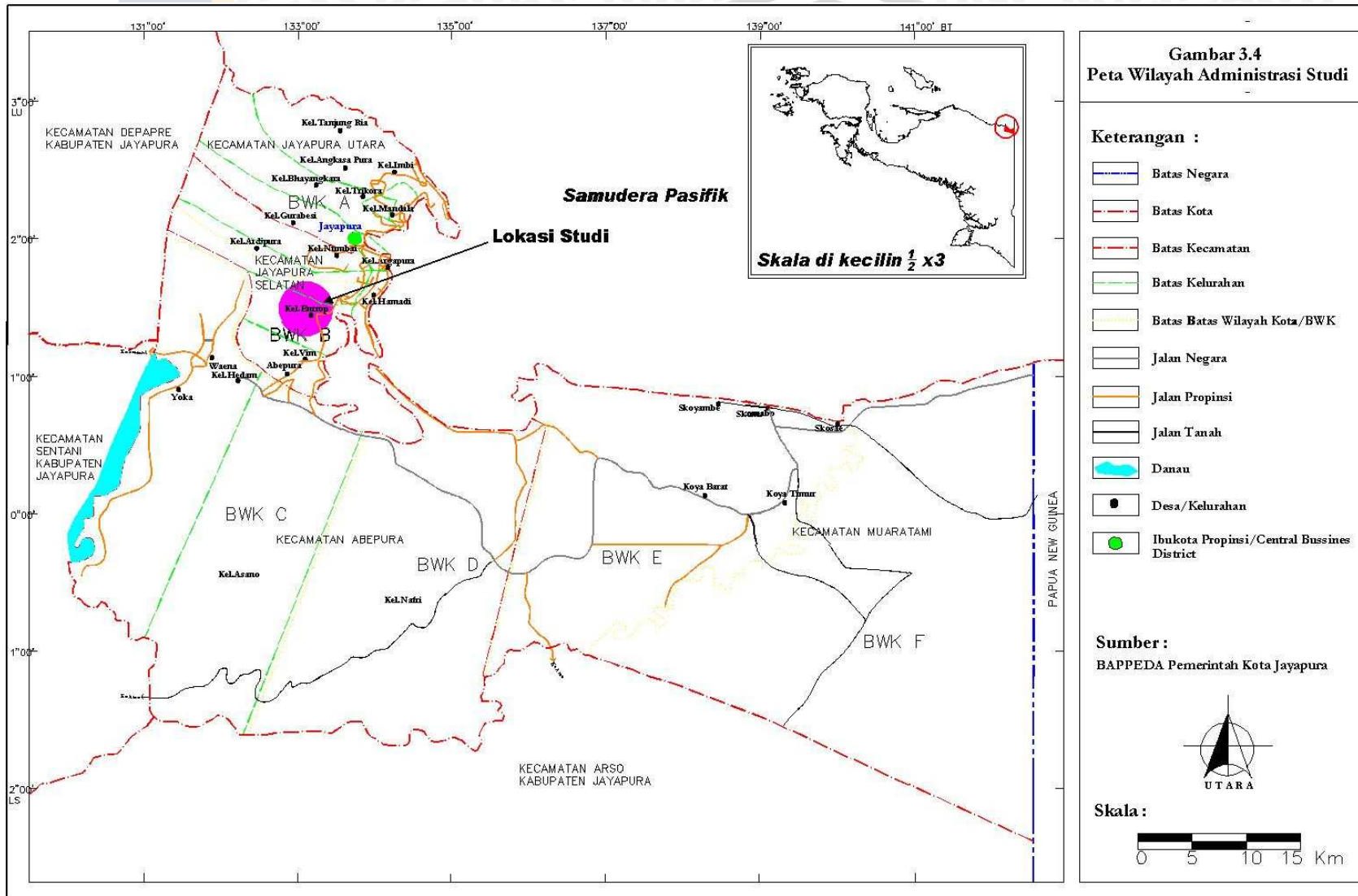
Gambar 3.2.1 Gaftar Alir Perhitungan Duga Erosi Lahan



Gambar 3.2.2 Gaftar Alir Perhitungan *Run Off*



Gambar 3.3 Gaftar Alir Pengerjaan Program HEC-6



BAB IV DATA DAN ANALISA DATA

4.1. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi yang dikaji dalam studi ini adalah erosi dan limpasan permukaan. Indeks erosivitas hujan adalah faktor hidrologi yang digunakan dalam pendugaan besarnya laju erosi. Sedangkan curah hujan rerata daerah dan curah hujan rancangan adalah faktor-faktor hidrologi yang digunakan dalam penentuan besarnya debit limpasan permukaan.

Data curah hujan harian maksimum tahunan menggunakan data pengamatan Stasiun Entrop dan Stasiun Polimak yang bisa mewakili daerah pengembangan Entrop.

4.1.1. Perhitungan Curah Hujan Harian Rerata Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dengan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan (Sosrodarsono, 1980:27).

Untuk menghitung curah hujan di daerah Entrop berdasarkan data curah hujan bulanan dari pengamatan stasiun Entrop dan Polimak tahun 1993 sampai dengan tahun 2003.

Tabel 4.1 Data Hujan Maksimum Harian Tahunan

Tahun	Stasiun			
	Dok2	Entrop	Polimak	Kotaraja
1993	54	91	84	46
1994	111	119	80	40
1995	116	118	80	28
1996	136	99	162	32
1997	200	73	70	24
1998	163	84	X	34
1999	116	126	160	50
2000	120	88	77	45
2001	129	173	79	24
2002	112	173	57	48
2003	101	70	88	40
Total	1358	1214	937	411

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Kota Jayapura

➤ Mencari data yang hilang menggunakan Metode Aritmatik

$$\begin{aligned}
 dx &= \frac{1}{n} \sum_i^n d_i \\
 &= \frac{1}{3} [163 + 84 + 34] \\
 &= 94 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum Rerata Tahunan

Tahun	Curah Hujan (mm)		Hujan Harian Maksimum rata-rata (mm)
	Sta.Entrop	Sta.Polimak	
1993	91	84	87.5
1994	119	80	99.5
1995	118	80	99.0
1996	99	162	130.5
1997	73	70	71.5
1998	84	94	89.0
1999	126	160	143.0
2000	88	77	82.5
2001	173	79	126.0
2002	173	57	115.0
2003	70	88	79.0

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.2. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Person Type III

Untuk menentukan curah hujan rancangan dengan Methode Log Person Type III, data curah hujan rerata daerah pada tabel 4.2 harus diurutkan terlebih dahulu, kemudian data tersebut ditransformasikan kedalam bentuk logaritma.

Langkah-langkah perhitungan untuk mencari curah hujan rancangan Log Person Type III adalah sebagai berikut:

1. Mengubah data curah hujan harian maksimum dalam bentuk logaritma.
2. Mencari nilai rerata curah hujan dalam logaritma (dasar 12) dari data Tabel 4.2 ke dalam persamaan (2-2).

$$\begin{aligned} \log \bar{X} &= \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \\ &= \frac{\log 71.5 + \log 79 + \log \dots + \log 143}{11} \\ &= 1.999 \end{aligned}$$

3. Menghitung besar simpangan baku (Si), koefisien kepercengan (Cs) dengan memasukkan harga $(\log x_i - \log \bar{x})^2$ yang terdapat pada tabel 4.3 mulai tahun 1993 sampai tahun 2003.

Keterangan :

Dari persamaan (2-3) dapat dicari harga Si seperti perhitungan di bawah ini.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.0208 + 0.0102 + \dots + 0.0246}{10}}$$

$$= 0.098$$

Menghitung besarnya Cs seperti pada persamaan (2-4).

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{(n-1)(n-2)(S^2)}$$

$$= 11 \times \frac{(-0.0030 - 0.001 + \dots + 0.0039)}{(11-1) \times (11-2) \times (0.098^2)}$$

$$= 0.241$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person III

Tahun	Curah Hujan (mm/hari)	Log X _i	(Log X _i - Log X) ²
1997	71.5	1.8543	-0.0030
2003	79.0	1.8976	-0.0010
2000	82.5	1.9165	-0.0006
1993	87.5	1.9420	-0.0002
1998	88.8	1.9486	-0.0001
1995	99.0	1.9956	0.0000
1994	99.5	1.9978	0.0000
2002	115.0	2.0607	0.0002
2001	126.0	2.1004	0.0011
1996	130.5	2.1156	0.0016
1999	143.0	2.1553	0.0039
Jumlah		21.984	0.0019
Rata-rata	1.999		
Standar Deviasi	0.098		
Cs	0.241		

Sumber : Hasil Perhitungan

- Menghitung besarnya curah hujan rancangan untuk kala ulang yang telah ditentukan dengan memasukkan harga rerata $\log \bar{x}$ mulai tahun 1993 sampai tahun 2003 sebesar 1.999, nilai G untuk kala ulang 5 tahun dan Cs = 0.241 adalah 0.825. Dan nilai Sd = 0.098 ke dalam persamaan (2-5).

$$\log Q = \log \bar{X} + G.S$$

$$= 1.999 + (0.825 \times 0.099)$$

$$= 2.080$$

$$Q = 120 \text{ mm/hari}$$

Untuk curah hujan dengan kala ulang 25 tahun dan 50 tahun dengan cara yang sama dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Besarnya Curah Hujan Rancangan Log Person Type III

Kala Ulang	Log X_{rt}	Cs	G	Log Q	Q (mm/hari)
5	1.999	0.241	0.8275	2.080	120
10	1.999	0.241	1.3043	2.126	134
20	1.999	0.241	1.6553	2.161	145
25	1.999	0.241	1.8308	2.178	151
50	1.999	0.241	2.1805	2.212	163
100	1.999	0.241	2.5017	2.244	175

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.3. Uji Distribusi Frekuensi

4.1.3.1. Uji Smirnov Kolmogorov

Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung peluang empiris dengan memasukkan nomor urut data mulai dari data terkecil sampai data terbesar dengan persamaan (2-6).

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{m}{n+1} \times 100\% \\
 &= \frac{1.100}{11+1} (\%) \\
 &= 8.33 \%
 \end{aligned}$$

2. Mencari nilai log dari data hujan rerata maksimum.

$$\text{Log } 71.5 = 1.854$$

Mencari nilai G dengan persamaan (2-7) :

$$G = \frac{(\text{Log} X_i - \overline{\text{Log} X})}{S}$$

$$G = \frac{1.854 - 1.999}{0.098} = - 1.473$$

3. Mencari harga Pr melalui tabel Distribusi Person III, didapat Pr = 93.77%
4. Menghitung nilai P(x) dengan persamaan (2-8)

$$\begin{aligned}
 P_x &= 100 - Pr \% \\
 &= 100 - 93.77 \\
 &= 6.23 \% = 0.0623
 \end{aligned}$$

5. Menghitung selisih $S_n(x)$ dan $P(x)$ dengan persamaan (2-9)

$$\begin{aligned} \Delta &= |S_n(x) - P(x)| \\ &= |0.0833 - 0.0623| \\ &= 0.02101 \end{aligned}$$

6. Mencari nilai Δ_{Cr} lalu dibandingkan dengan Δ_{max} . didapat Δ_{Cr} untuk $\alpha = 5\%$ adalah 0.53 dan Δ_{max} adalah 0.1019

Tabel 4.5 Perhitungan Uji smirnov Kolmogorov

No	Sn (%)	Xi	Log Xi	G	Pr (%)	P(x) (%)	Sn(x) - P(x) (%)
1	8.333	71.5	1.854	-1.473	93.77	6.23	2.101
2	16.667	79.0	1.898	-1.031	84.47	15.53	1.137
3	25.000	82.5	1.916	-0.838	79.57	20.43	4.570
4	33.333	87.5	1.942	-0.578	70.79	29.21	4.122
5	41.667	88.8	1.949	-0.511	68.53	31.47	10.199
6	50.000	99.0	1.996	-0.030	52.36	47.64	2.361
7	58.333	99.5	1.998	-0.008	51.61	48.39	9.943
8	66.667	115.0	2.061	0.634	27.37	72.63	5.965
9	75.000	126.0	2.100	1.039	15.56	84.44	9.438
10	83.333	130.5	2.116	1.195	12.30	87.70	4.368
11	91.667	143.0	2.155	1.600	5.78	94.22	2.549

Sumber : Hasil Perhitungan

$\log \bar{x} = 1.999$; $Sd = 0.098$; $Cs = 0.241$, maka dari tabel harga kritis uji Smirnov-Kolmogorof untuk $n = 11$, dan $\alpha = 5\%$ diperoleh $\Delta_{Cr} = 0.53$ karena $\Delta_{max} < \Delta_{Cr}$ maka dapat diterima.

4.1.3.2. Uji Chi-Square

Uji ini digunakan untuk uji kesesuaian vertikal dari data. Uji ini didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis dan ordinat empiris.

$$X_{hit}^2 = \frac{\sum (O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dengan :

X_{hit}^2 = harga Chi-square terhitung,

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i (ordinat empiris),

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i (ordinat teoritis).

Dengan persamaan diatas, maka urutan pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan banyak kelas yaitu dengan rumusan:
2. Menentukan batas kelas dengan memasukkan $Sd = 0.098$ Dan $Cs = 0.241$. Kedalam persamaan (2-5).

$$\text{Log } Q = \overline{\text{Log } X} + G \cdot Sd$$

Dengan nilai G untuk masing-masing P yaitu: 80%, 60%, 40%, 20%

Contoh perhitungan:

$$P = 80\%$$

$$\text{maka } G = -0.851$$

$$\begin{aligned} \text{Log } Q_t &= 1.997 + (-0.851 \times 0.098) \\ &= 1.915 \end{aligned}$$

$$Q_t = 82.263$$

perhitungan selengkapnya pada tabel 4.6

sehingga didapatkan:

$$X^2_{\text{hit}} = 1.273$$

Dari tabel Chi-square didapat $X^2_{\text{cr}} = 19.675$ Untuk $n = 11$ dan $\alpha = 5\%$

Kesimpulan : karena nilai $X^2_{\text{hit}} < X^2_{\text{cr}}$, maka memenuhi uji Chi-square.

Tabel 4.6 Perhitungan Chi-Square

Kelas	P	G	log Qt	Qt	Batas Kelas	Ei	Oi	(Oi-Ei) ² /Ei
1	80%	-0.851	1.9152	82.263	0 - 82.263	2.2	2	0.018
2	60%	-0.257	1.9734	94.060	82.263 - 94.060	2.2	3	0.291
3	40%	0.303	2.0282	106.713	94.060 - 106.713	2.2	2	0.018
4	20%	0.828	2.0796	120.128	106.713 - 120.128	2.2	1	0.655
5					120.128 - ...	2.2	3	0.291
						11.0	11.0	1.273

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan tabel :

O_i = ordinat empiris

E_i = ordinat teoritis

4.1.4. Intensitas Hujan

Kurva intensitas curah hujan adalah grafik pada stasiun hujan yang menggambarkan karakteristik antara durasi curah hujan, kala ulang, dan intensitas hujan. Persamaan yang digunakan untuk menyusun kurva adalah rumus mononobe (2-10).

$$I = \frac{d_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

Perhitungan selengkapnya disajikan pada tabel 4.7 berikut ini dan kurva intensitas curah hujan disajikan pada gambar 4.1.

Tabel 4.7 Perhitungan Kurva Intensitas Curah Hujan

Kala Ulang Tr (tahun)	Q (mm/hr)	I (mm/jam) dalam waktu (jam)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	120	41.646	26.235	20.021	16.527	14.243	12.613	11.381	10.412	9.625	8.972	8.420	7.945	7.533	7.170	6.847
10	134	46.374	29.214	22.294	18.404	15.860	14.045	12.673	11.594	10.718	9.991	9.376	8.848	8.388	7.983	7.625
20	145	50.195	31.621	24.131	19.920	17.166	15.202	13.717	12.549	11.601	10.814	10.148	9.576	9.079	8.641	8.253
25	151	52.222	32.898	25.105	20.724	17.860	15.815	14.271	13.055	12.069	11.251	10.558	9.963	9.445	8.990	8.586
50	163	56.507	35.597	27.166	22.425	19.325	17.113	15.442	14.127	13.060	12.174	11.425	10.781	10.221	9.728	9.291
100	175	60.753	38.272	29.207	24.110	20.777	18.399	16.602	15.188	14.041	13.089	12.283	11.591	10.989	10.459	9.989

Sumber : Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan pada tabel :

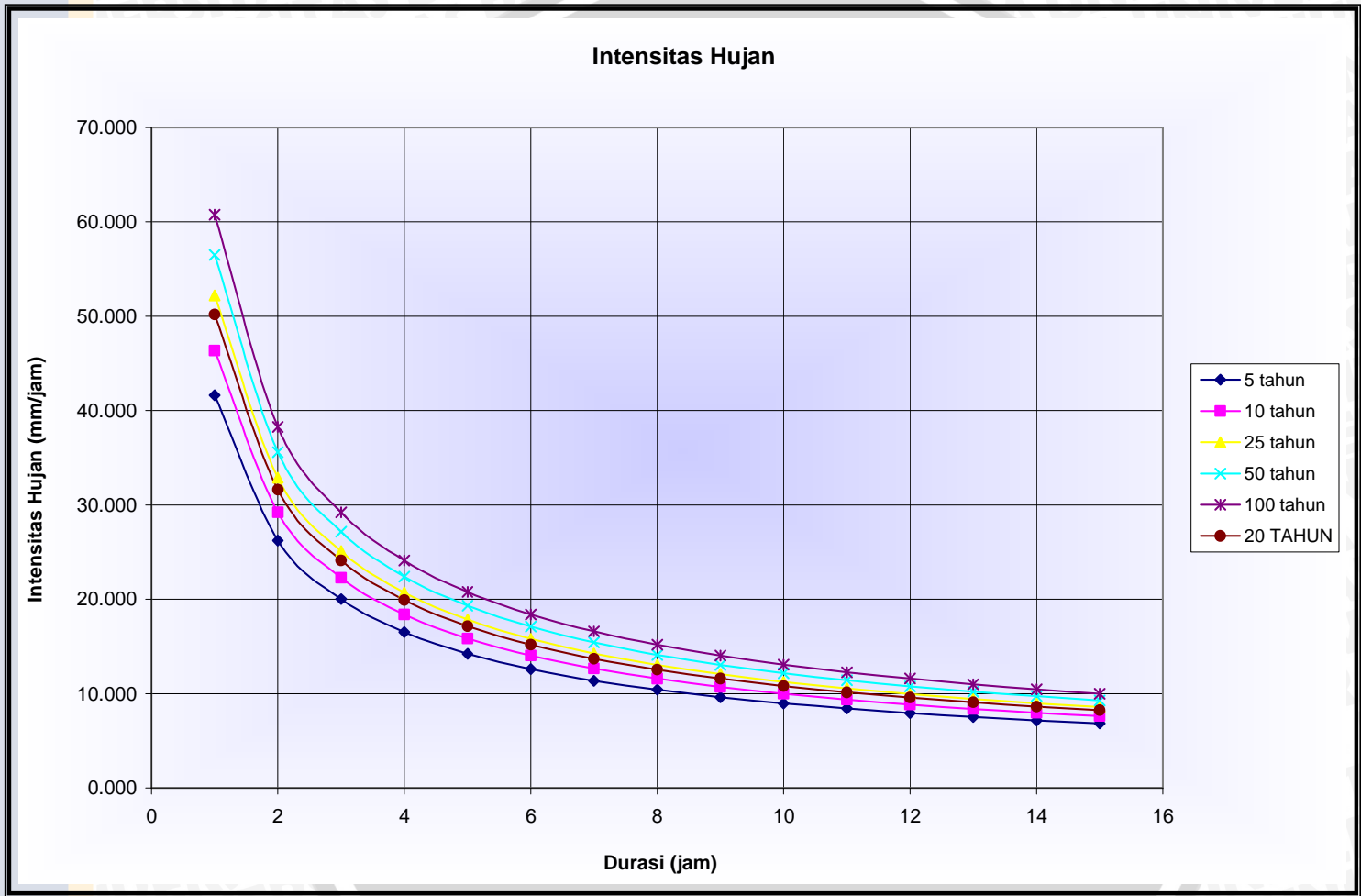
$$I = \frac{d_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

Untuk Q kala ulang 25 tahun dan t = 5 jam

Maka :

$$I = \frac{151}{24} \left(\frac{24}{5} \right)^{2/3}$$

$$I = 17.860 \text{ mm/jam}$$



Sumber : Hasil Perhitungan

Gambar 4.1 Intensitas Hujan

4.1.5. Perhitungan Indeks Erosivitas Hujan

Indeks erosivitas hujan dalam pendugaan besarnya laju erosi dapat dihitung dengan persamaan (2-14) yaitu metode yang dikemukakan oleh Arnoldus, 1978 (Utomo, 1994) yang menggunakan indeks Fournier.

$$F = \sum p^2 \cdot P^{-1}$$

dengan :

F = indeks erosivitas Fournier

p = jumlah rerata curah hujan bulanan (mm)

P = jumlah rerata curah hujan tahunan

Dengan curah hujan yang dipakai dalam perhitungan ini adalah curah hujan rerata bulanan pada kedua stasiun yaitu stasiun Entrop dan Polimak yang disajikan pada tabel 4.8.

Contoh perhitungan indeks erosivitas hujan dengan metode Fournier pada bulan Januari sebagai berikut:

- Jumlah rerata curah hujan bulan januari = 197 mm
- Jumlah rerata curah hujan tahunan = 2073 mm

maka:

$$\begin{aligned} F &= \sum p^2 \cdot P^{-1} \\ &= 197^2 \times 2073^{-1} \\ &= 18.73 \end{aligned}$$

Perhitungan indeks erosivitas lengkapnya disajikan pada tabel 4.9

Tabel 4.8 Curah Hujan Rerata Bulanan Stasiun Entrop & Polimak

TAHUN	Curah Hujan (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1984	105	207	224	207	267	202	103	165	192	199	96	440
1985	203	115	173	92	54	125	145	84	209	191	163	317
1986	226	110	111	203	164	173	179	80	47	147	104	90
1987	186	278	187	115	101	230	35	78	108	121	231	144
1988	282	188	204	279	222	230	96	87	172	291	159	335
1989	249	138	219	232	143	76	88	145	87	237	204	212
1990	347	71	140	325	97	322	112	194	99	224	154	171
1991	315	315	319	165	155	222	99	196	52	59	45	181
1992	104	419	136	187	115	161	134	75	106	101	140	127
1993	78	223	103	150	58	115	30	59	130	188	34	139
1994	183	217	150	149	75	116	116	214	178	70	41	266
1995	222	78	186	288	209	86	258	153	110	131	200	143
1996	219	184	152	178	214	164	50	149	163	155	138	87
1997	190	191	285	164	42	132	209	81	48	161	167	90
1998	150	328	166	349	334	161	122	166	112	243	250	99
1999	215	269	217	290	213	203	137	207	63	189	266	125
2000	152	186	283	339	268	155	102	257	102	343	250	243
2001	118	346	375	192	182	143	99	84	97	347	136	428
2002	200	205	160	175	348	110	201	142	101	77	229	94
Max	347	419	375	349	348	322	258	257	178	347	266	428
Rerata	197	214	199	215	172	165	122	138	115	183	158	196
Min	78	71	103	149	42	86	30	59	48	59	34	87

Sumber : Laporan Perencanaan Pengendalian Banjir Kota Jayapura 2004

Tabel 4.9 Perhitungan Indeks Erosivitas

Bulan	Stasiun Entrop & Polimak Rerata CH (mm)	Indeks Erosivitas Fournier
Januari	197	18.7312
Februari	214	22.1134
Maret	199	19.1943
April	215	22.2331
Mei	172	14.2100
Juni	165	13.0578
Juli	122	7.1614
Agustus	138	9.1447
September	115	6.3272
Oktober	183	16.1270
November	158	12.0826
Desember	196	18.6013
jumlah	2073	179

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2. Pendugaan Besar Erosi

Ada berbagai macam cara pengamatan atau pengukuran erosi yang terjadi, antara lain dengan pengamatan langsung dilapangan, intepetasi peta topografi dan foto udara dan pengukuran langsung dengan percobaan. Dalam studi ini menggunakan perhitungan pendekatan dari Persamaan Umum Kehilangan Tanah (PUKT). Yaitu pada persamaan (2-11) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978).

$$A = R.K.L.S.C.P$$

dengan :

A : jumlah tanah yang hilang (ton/ha)

R : indeks erosivitas hujan (mm)

K : faktor erodibilitas tanah

L : faktor panjang lereng

S : faktor kemiringan

C : faktor tanaman

P : faktor pengendalian erosi

4.2.1. Penggambaran Peta DEM (*Digital Elevation Model*)

Penggambaran ini didapat dari peta topografi lokasi, berupa gambar berbagai garis yang diubah menjadi gambar dengan bentuk sel per sel. Penggambaran ini dalam kaitannya usaha pendugaan erosi adalah untuk mencari faktor kemiringan dan panjang lereng. Hasil penggambaran DEM pada lokasi kajian adalah dapat ditampilkan pada gambar 4.5.

4.2.2. Penggambaran Daerah Tangkapan

Daerah tangkapan adalah daerah sekitar kantor Walikota. Proses penggambaran ini adalah merupakan kelanjutan setelah penggambaran DEM selesai. Dari pembacaan DEM tersebut komputer akan menterjemahkan daerah-daerah yang berupa cekungan atau gundukan, dimana dapat diartikan daerah yang berpotensi sebagai daerah sentra limpasan. Gambar 4.6. hasil penggambaran daerah tangkapan.

4.2.3. Penggambaran dan Perhitungan Faktor LS

Perhitungan faktor kemiringan dan panjang lereng ini menggunakan persamaan (2-13) yang kemudian hasil dari perhitungan tersebut sebagai data atribut peta gambar faktor LS, yaitu gambar 4.8.

$$LS = \sqrt{\frac{L}{100} (0.136 + 0.0975S + 0.0139S^2)} \quad (2-16)$$

dengan :

LS : faktor panjang dan kemiringan lereng

L : panjang lereng (m)

S : kemiringan lereng (%)

Angka L dan S didapatkan dari pengolahan penggambaran peta DEM.

Tabel perhitungan pada penggambaran disajikan pada tabel 4.11.

Contoh perhitungannya sebagai berikut:

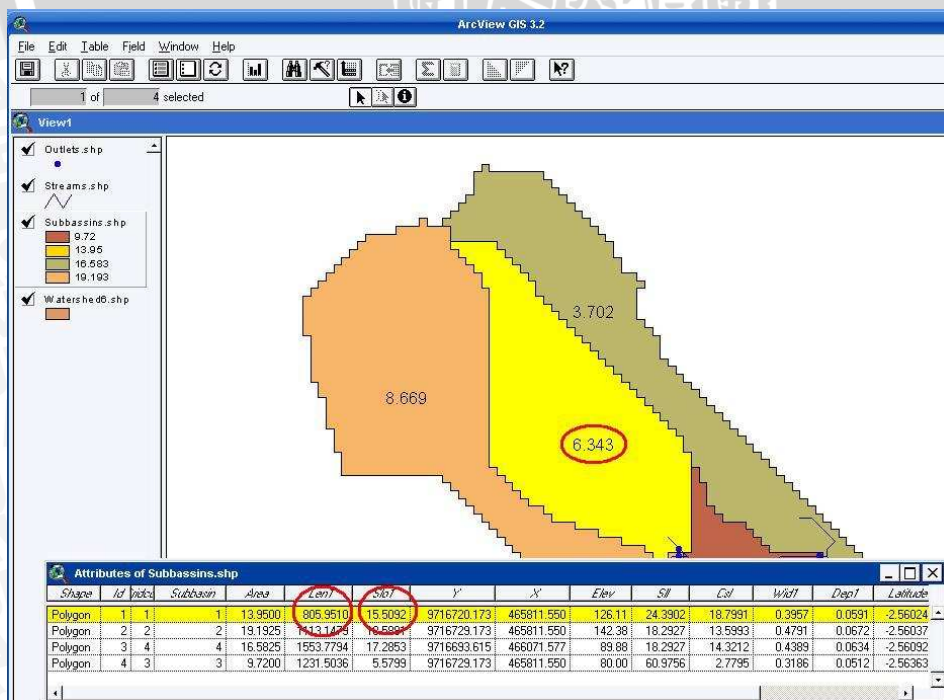
1. Pada gambar 4.3 tabel baris berwarna kuning adalah atribut peta dengan no Id 1, yang ditunjukkan dengan peta berwarna kuning
2. Pada kolom yang tertanda lingkaran merah adalah besar slope daerah tersebut yaitu 15.509%
3. Dan kolom bertanda lingkaran merah adalah panjang dari daerah yang digambarkan, yaitu sebesar 805.951 m
4. Maka faktor LS untuk peta Id tersebut adalah:

$$LS = \sqrt{\frac{L}{100} (0.136 + 0.0975S + 0.0139S^2)}$$

dengan :

$$L = 805.9510 \text{ m, } S = 15.509 \%$$

$$\text{maka } LS = \sqrt{\frac{805.95}{100} (0.136 + (0.0975 \times 15.509\%) + (0.0139 \times 15.509^2))} = 6.343$$



Gambar.4.3 Pelaksanaan Penggambaran dan Perhitungan Faktor LS

4.2.4. penggambaran Peta Jenis Tanah

Data tanah pada lokasi kajian ini didasarkan pada gambar 3.5 yaitu Asosiasi Organosol Aluvial dan podsolik coklat kelabu. Jenis tanah ini mempunyai nilai erodibilitas 0.31. Hasil penggambaran Peta Jenis Tanah disajikan pada gambar 4.8.

4.2.5. Penggambaran Peta Tataguna Lahan

Berdasarkan pemantauan lapangan dapat disimpulkan bahwa kondisi lahan adalah berupa lahan rumput, pepohonan yang kerapatannya bisa dikatakan jarang dan beberapa bagian sebagai tempat pemukiman. Pada gambar 4.9 adalah penggambaran tataguna lahannya.

Hasil penggambaran ini merupakan penentuan nilai C untuk perhitungan limpasan permukaan pada masing-masing daerah tersebut (gambar 4.10) dan nilai Cp untuk perhitungan duga erosi. Nilai C diambil berdasarkan tabel 2.10 dan nilai Cp diambil berdasarkan tabel 2.8 maka nilai Cp berdasarkan tataguna lahan pada daerah tangkapan disajikan pada tabel 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.10 Nilai CP untuk tataguna lahan daerah tangkapan.

No	Tataguna Lahan	Nilai CP
1	Pemukiman	0.001
2	Hutan	0.03
3	Rumput	0.1

Sumber : Utomo, 1994:85

4.2.6. Penggambaran dan Perhitungan Erosi Lahan

Penggambaran ini adalah dengan penggabungan (overlay) gambar-gambar diatas sebagai faktor perhitungan erosi lahan, yaitu gambar 4.6 daerah tangkapan, gambar 4.7 faktor LS, gambar 4.8 Gambar jenis tanah K, gambar 4.9 faktor tataguna lahan, dan penambahan atribut peta hasil overlay gambar-gambar diatas dari hasil perhitungan Indeks erosivitas tabel 4.9. hasil overlay disajikan pada gambar 4.13 sebagai gambar Hasil Duga Erosi Lahan. Dan perhitungan besar duga erosi lahan disajikan pada tabel 4.12.

Tabel 4.11 Perhitungan Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

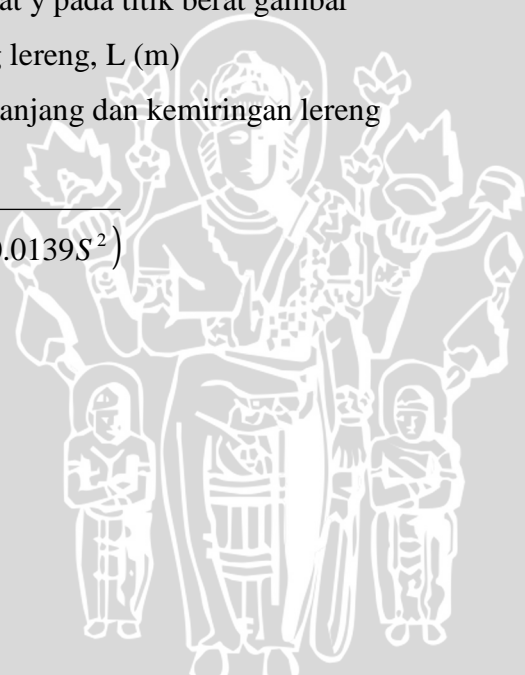
SUBBASIN	AREA (m ²)	X	Y	Slope (%)	Panjang (m)	elv	LS
1	139500	465811.550	9716720.173	15.51	805.9510	126.11	6.343
2	191925	465811.550	9716729.173	18.59	1113.1479	142.38	8.669
3	97200	465811.550	9716729.173	5.58	1231.5036	80.00	9.635
4	165825	466071.577	9716693.615	17.29	1553.7794	89.88	3.702

Sumber : Hasil Penggambaran dan Perhitungan

Keterangan Tabel :

- Id : nomor penggambaran peta
- Area : luas daerah (m²)
- Slope : kemiringan lahan (%)
- Koor.Center X : koordinat x pada titik berat gambar
- Koor.Center Y : koordinat y pada titik berat gambar
- Panjang : Panjang lereng, L (m)
- LS : faktor panjang dan kemiringan lereng

$$LS = \sqrt{\frac{L}{100} (0.136 + 0.0975S + 0.0139S^2)}$$



Tabel 4.12 Overlay dan Perhitungan Duga Erosi pada Lahan Kajian

Id	Tata Guna Lahan	Slope (%)	LS	K	Area (m²)	Area (ha)	CP	R	Erosi (ton/ha/tahun)	Erosi (ton/tahun)
4	HUTAN	15.509	6.343	0.31	24201.986	2.420	0.030	179	10.558	25.552
4	HUTAN	18.588	8.669	0.31	89920.000	8.992	0.030	179	14.430	129.752
4	HUTAN	17.285	3.702	0.31	35202.325	3.520	0.030	179	6.162	21.692
5	PERUMAHAN_JASA	17.285	3.702	0.31	335.240	0.034	0.001	179	0.205	0.007
6	PERUMAHAN_JASA	15.509	6.343	0.31	22558.739	2.256	0.001	179	0.352	0.794
6	PERUMAHAN_JASA	18.588	8.669	0.31	1007.740	0.101	0.001	179	0.481	0.048
6	PERUMAHAN_JASA	17.285	3.702	0.31	8704.000	0.870	0.001	179	0.205	0.179
6	PERUMAHAN_JASA	5.580	9.635	0.31	18828.925	1.883	0.001	179	0.535	1.007
16	HUTAN	15.509	6.343	0.31	1910.015	0.191	0.030	179	10.558	2.017
16	HUTAN	17.285	3.702	0.31	27949.676	2.795	0.030	179	6.162	17.223
22	PERUMAHAN_JASA	15.509	6.343	0.31	5057.174	0.506	0.001	179	0.352	0.178
22	PERUMAHAN_JASA	18.588	8.669	0.31	57104.260	5.710	0.001	179	0.481	2.747
22	PERUMAHAN_JASA	5.580	9.635	0.31	435.075	0.044	0.001	179	0.535	0.023
28	RUMPUT	15.509	6.343	0.31	85200.000	8.520	0.100	179	35.192	299.840
28	RUMPUT	18.588	8.669	0.31	17773.260	1.777	0.100	179	48.099	85.488
28	RUMPUT	18.588	8.669	0.31	20130.740	2.013	0.100	179	48.099	96.827
28	RUMPUT	17.285	3.702	0.31	29294.599	2.929	0.100	179	20.540	60.172
28	RUMPUT	17.285	3.702	0.31	61604.752	6.160	0.100	179	20.540	126.538
28	RUMPUT	17.285	3.702	0.31	2604.648	0.260	0.100	179	20.540	5.350
28	RUMPUT	5.580	9.635	0.31	75919.933	7.592	0.100	179	53.459	405.857
28	RUMPUT	5.580	9.635	0.31	1776.068	0.178	0.100	179	53.459	9.495
Total						58.75			350.944	1290.784

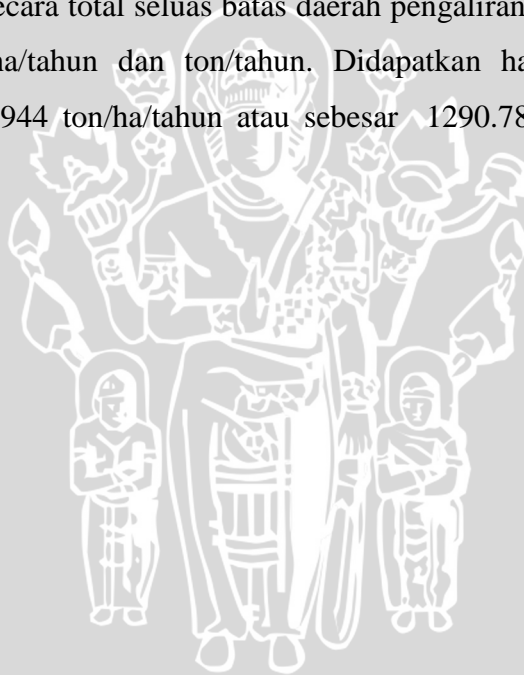
Sumber : Hasil Penggambaran dan Perhitungan

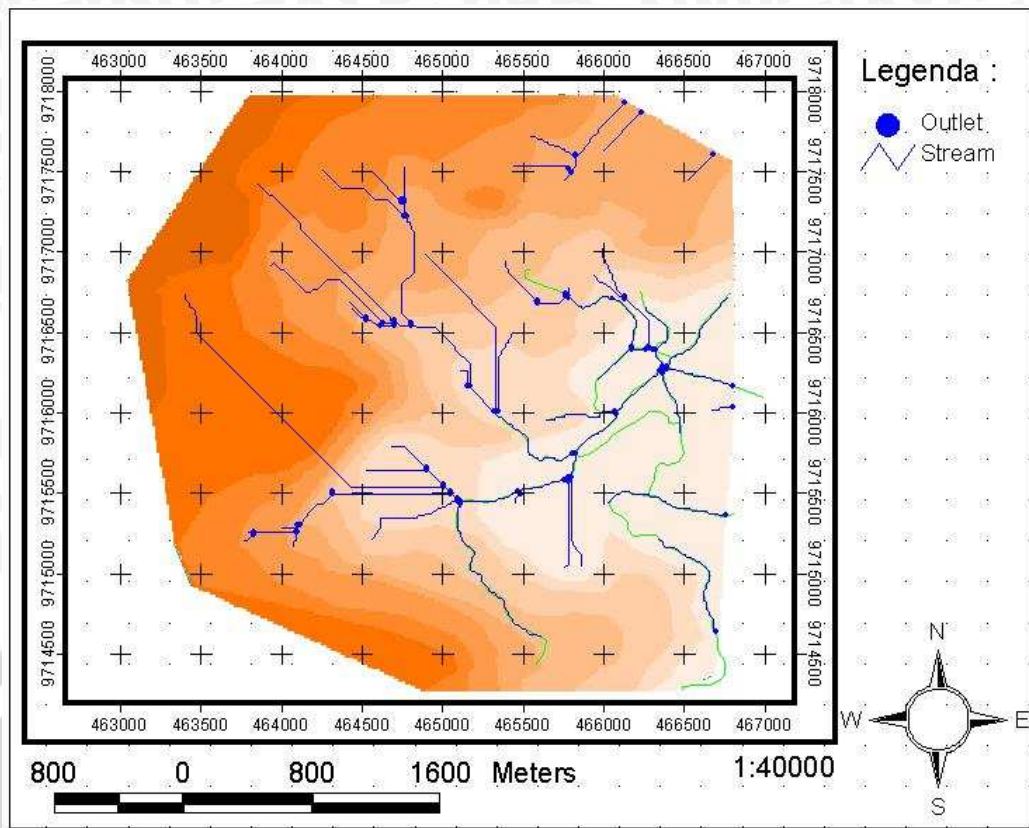
Keterangan Tabel :

- Id : nomor penggambaran peta
Area : luas daerah
Slope : kemiringan lahan (%)
LS : faktor panjang dan kemiringan lereng

$$LS = \sqrt{\frac{L}{100} (0.136 + 0.0975S + 0.0139S^2)}$$

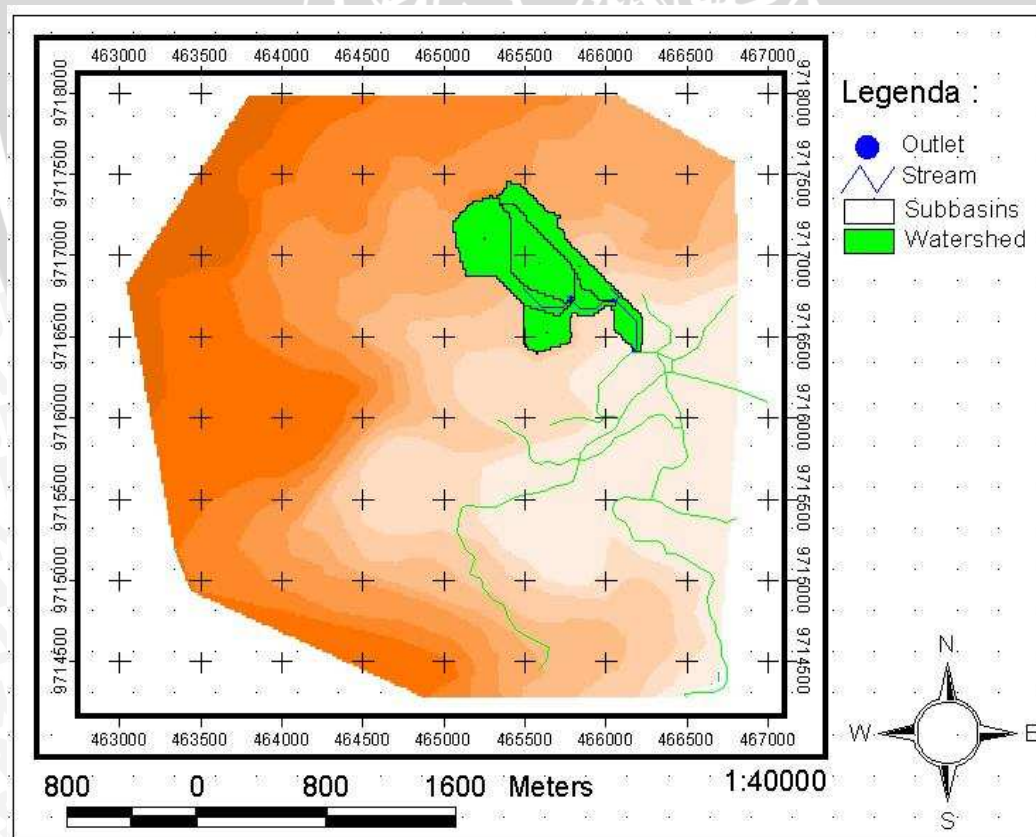
- K : faktor erodibilitas tanah
CP : faktor nilai tataguna lahan
R : faktor erosifitas hujan
Erosi : R.K.L.S.C.P (ton/ha/tahun)
Total : duga erosi secara total seluas batas daerah pengaliran daerah kajian, dalam satuan ton/ha/tahun dan ton/tahun. Didapatkan hasil duga erosi total sebesar 350.944 ton/ha/tahun atau sebesar 1290.784 ton/tahun atau 3.5 ton/hari.





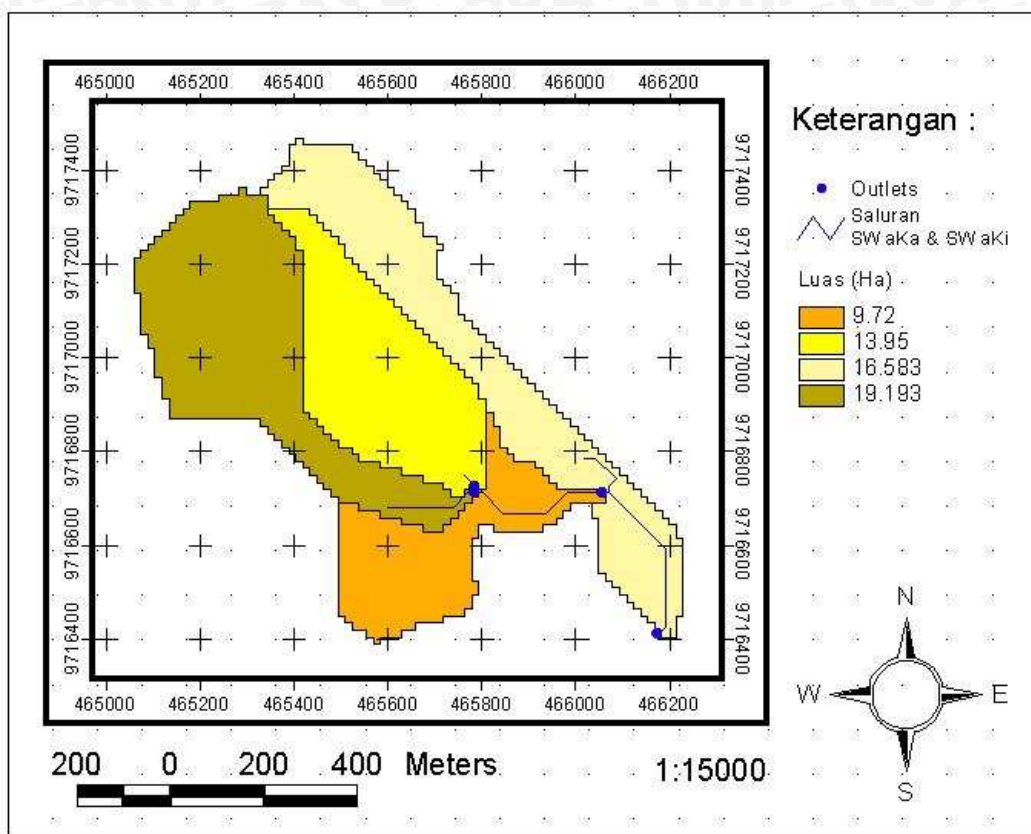
Sumber : Analisa SIG

Gambar 4.4 Jaringan Sungai Sintetis



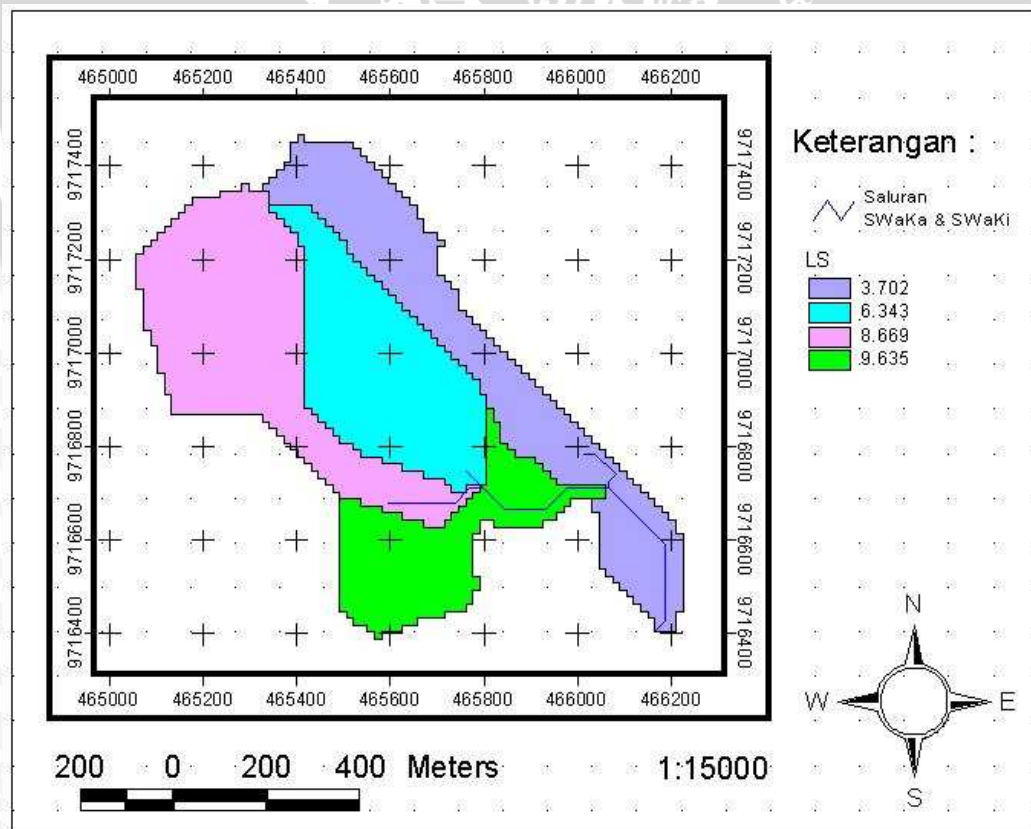
Sumber : Analisa SIG

Gambar 4.5 Peta DEM Daerah Pengaliran Saluran S.Wa.Ka dan S.Wa.Ki



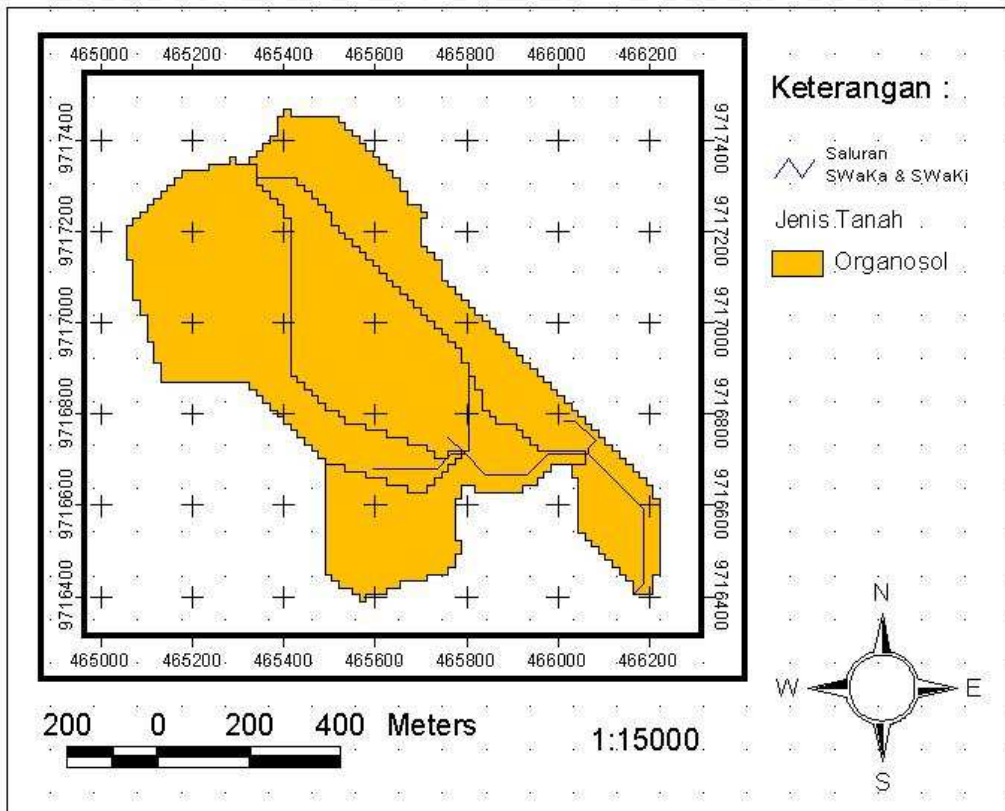
Sumber : Analisa SIG

Gambar 4.6 Peta Luasan Daerah Tangkapan



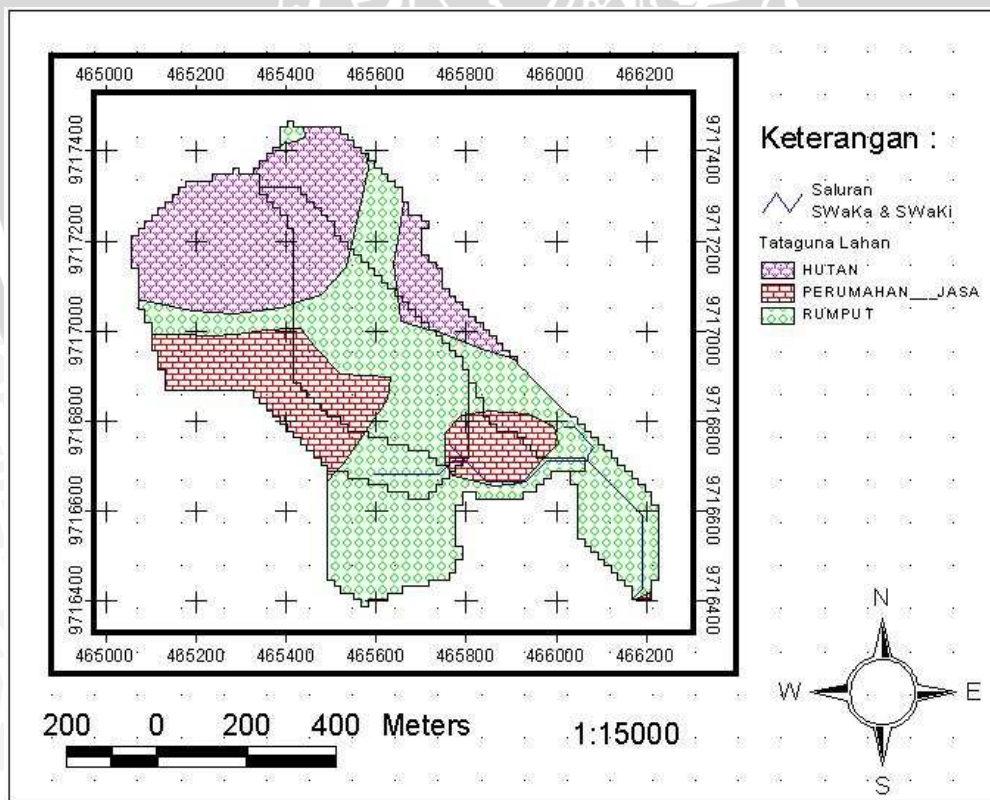
Sumber : Analisa SIG

Gambar 4.7 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng



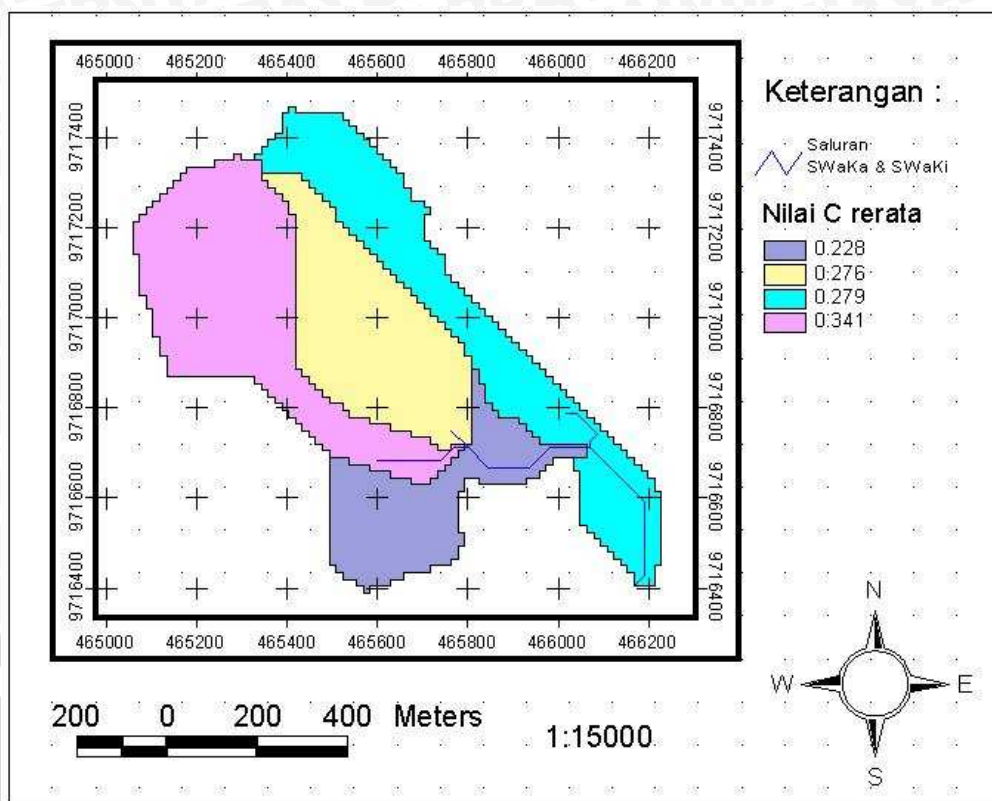
Sumber : Analisa SIG

Gambar 4.8 Peta Jenis Tanah



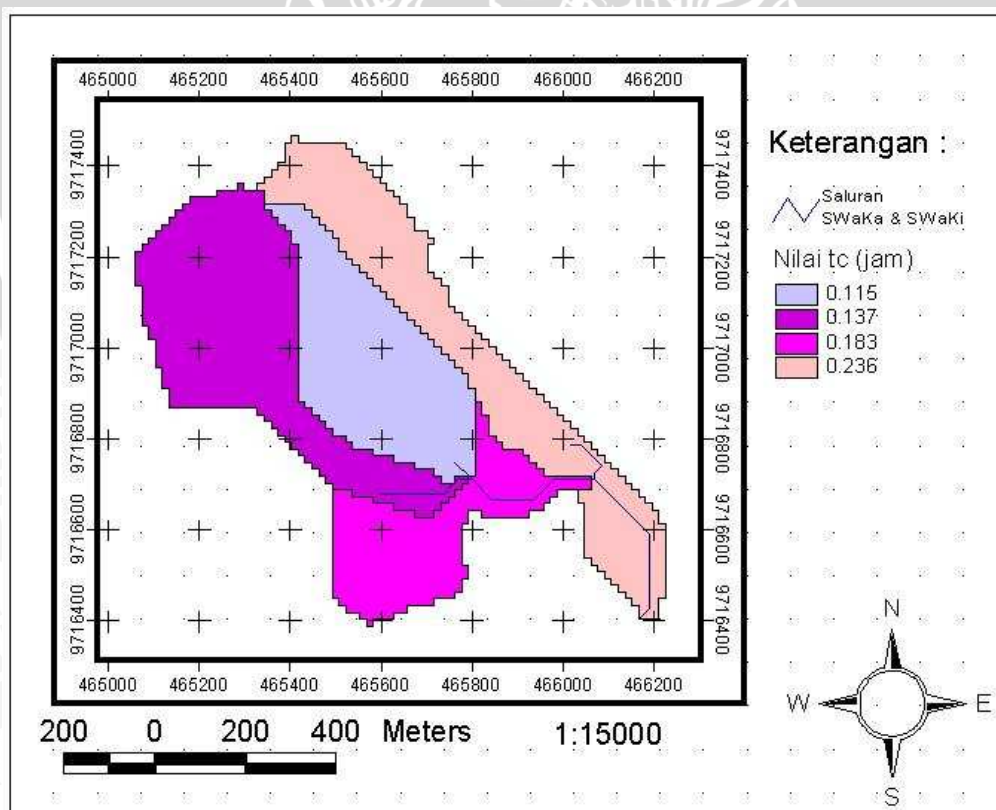
Sumber : Analisa SIG

Gambar 4.9 Peta Tataguna Lahan



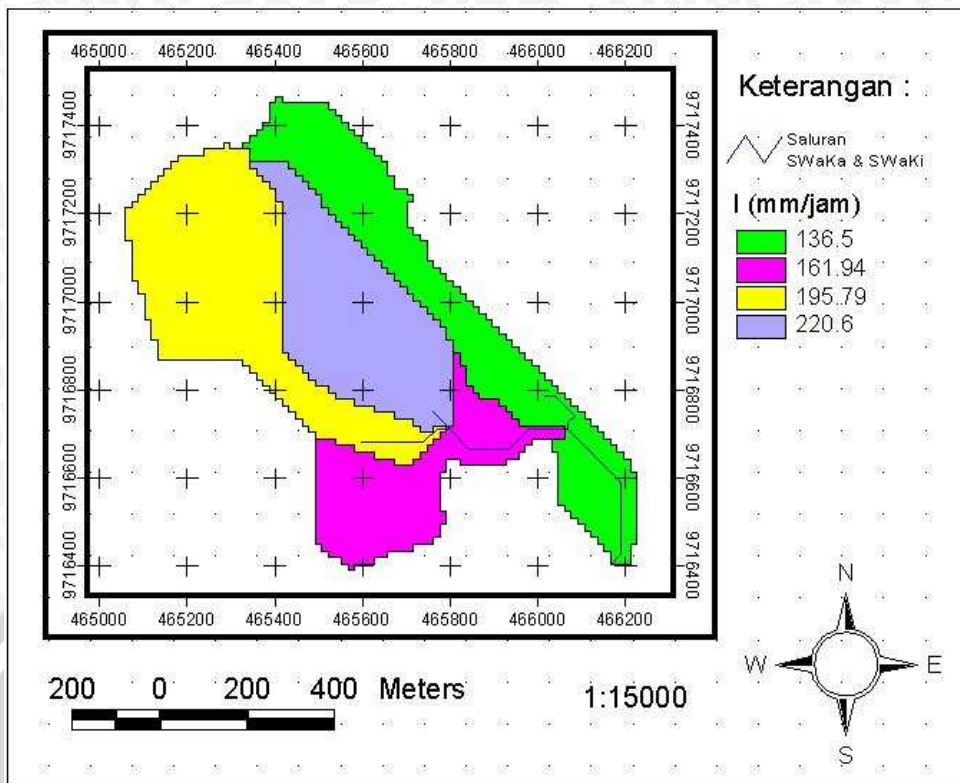
Sumber : Analisa SIG

Gambar 4.10 Nilai C Rerata Masing-masing Luasan Daerah Tangkapan



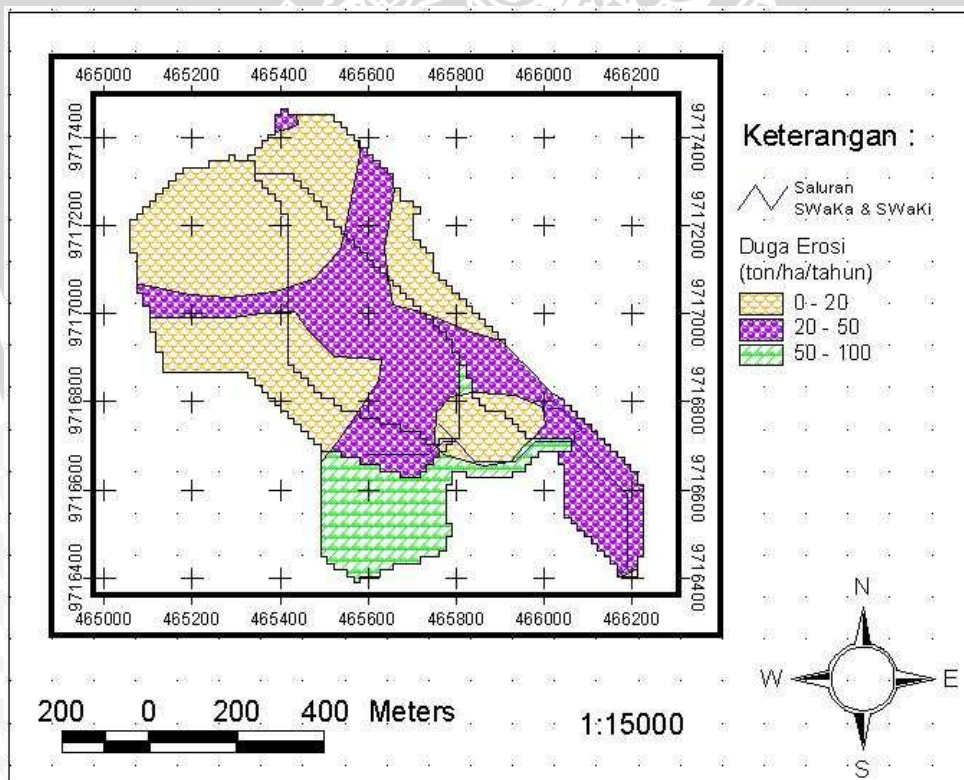
Sumber : Analisa SIG

Gambar 4.11 Nilai tc untuk Masing-masing Luasan



Sumber : Analisa SIG

Gambar 4.12 Intensitas Hujan untuk Masing-masing Luasan



Sumber : Analisa SIG

Gambar 4.13 Peta Hasil Duga Erosi Lahan

4.3.Limpasan Permukaan

Perhitungan debit limpasan pada kajian ini adalah dengan menggunakan Metode Rasional (subarkah, 1980: 48), yaitu:

$$Q = 0.278 CIA$$

dengan

Q : debit banjir maksimum (m^3/dt)

C : koefisien pengaliran

I : intensitas hujan rerata selama waktu tiba banjir (mm/jam) pada waktu konsentrasi hujan

A : luas daerah pengaliran (km^2)

0.278 : faktor konversi

4.3.1. Penggambaran Peta Ketinggian

Untuk perhitungan debit limpasan daerah Entrop ini menggunakan gambar peta ketinggian yaitu gambar 4.14 dan untuk daerah yang tererosi terdapat pada penggambaran daerah tangkapan outlet pada gambar 4.6.

4.3.2. Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc)

Besaran nilai waktu konsentrasi (tc) untuk masing-masing luasan dengan panjang dan kemiringan yang berbeda dapat ditunjukkan pada gambar 4.11 dan tabel perhitungan disajikan pada tabel 4.16

Contoh perhitungan nilai tc sebagai berikut :

1. saluran P.En.Ka diketahui $S = 0.0425$ dan $L = 587.605$ m
2. maka besar waktu konsentrasi untuk daerah saluran P.En.Ka adalah:

$$tc = \frac{0.0195}{60} \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$
$$= \frac{0.0195}{60} \left(\frac{587.605}{\sqrt{0.0425}} \right)^{0.77} = 0.1486 \text{ jam} = 8.9 \text{ menit}$$

4.3.3. Perhitungan Besar Intensitas Hujan

Menggunakan persamaan (2-10) dengan R_{24} kala ulang 25 tahun dari perhitungan tabel 4.4 yaitu sebesar 151 mm/hari. Contoh perhitungan sebagai berikut:

1. diketahui R_{24} 25 tahun = 151 mm/hari
2. saluran P.En.Ka diketahui $tc = 0.1486$ jam = 8.9 menit
3. maka besarnya intensitas pada $tc = 0.1486$ jam adalah

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3}$$

$$I = \frac{151}{24} \left(\frac{24}{0.1486} \right)^{2/3} = 186.15 \text{ mm/jam}$$

4. besarnya intensitas untuk masing-masing luasan daerah tangkapan ditunjukkan oleh gambar 4.12, tabel 4.1 menyajikan perhitungan intensitas hujan untuk masing-masing luasan daerah tangkapan.

4.3.4. Perhitungan Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Nilai ini didapat dari presentase luasan pengisi lahan dengan mengalirkan faktor pengalirannya. Dengan menggunakan peta tataguna lahan pada daerah tangkapan yang kemudian dimasukkan ke persamaan (2-20) dan nilai C dari tabel 2.9 maka didapatkan besar nilai koefisien pengaliran rata-rata untuk masing-masing luasan daerah tangkapan.

Contoh perhitungan sebagai berikut:

1. daerah tangkapan saluran P.En.Ka dengan luas 110245.19 m² yang terdiri dari perumahan (0.5), jasa (0.5) dan daerah rerumputan (0.2)
2. maka besarnya koefisien rata-rata adalah

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$= \frac{(0.5 \times 32360.4) + (0.5 \times 5554.2) + (0.2 \times 72330.6)}{110245.19} = 0.303$$

Tabel 4.13 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Saluran	Luas Lahan (m ²)					Total Luas	C
	C = 0.5	C = 0.5	C = 0.3	C = 0.2	C = 0.3		
P.En.Ka	32360.4	5554.2	0.0	72330.6	0.0	110245.19	0.303
P.En.Ki	0.0	15857.4	27639.1	0.0	0.0	43496.50	0.373
P.Kd.Ka	0.0	15857.4	27639.1	0.0	0.0	43496.50	0.373
P.Kd.Ki	0.0	12196.2	0.0	0.0	0.0	12196.20	0.500
P.Ra.Ka	1739.4	308.8	0.0	5354.0	24893.0	32295.18	0.296
P.Ra.Ki	12421.3	601.3	6053.7	0.0	0.0	19076.34	0.437
S.Ja.Ka	0.0	116.3	0.0	7927.6	0.0	8043.83	0.204
S.Ja.Ki	0.0	332.9	0.0	2749.6	0.0	3082.43	0.232

Sumber : Hasil Penggambaran dan Perhitungan

Keterangan :

- | | | | |
|--------------|-------|-------------|-------|
| Pemukiman | : 0.5 | Perkantoran | : 0.5 |
| Tanah Kosong | : 0.3 | Rerumputan | : 0.2 |
| Hutan | : 0.3 | | |

Tabel 4.14 Persentase Luasan Pengisi Lahan untuk daerah Erosi

No Id		1	2	3	4
Luas Total		139500	191925	165825	97200
Luasan masing-masing tataguna untuk setiap no Id (m ²)					
TGL	Perumahan_Jasa	27615.9	58112.0	19264.0	9039.2
	Rerumputan	85200.0	37904.0	77696.0	88160.8
	Hutan	26684.1	95909.0	68865.0	0.0
No Id		1	2	3	4
Luas Total		139500	191925	165825	97200
Luasan masing-masing tataguna untuk setiap no Id (%)					
TGL	Perumahan_Jasa	19.796	30.278	11.617	9.300
	Rerumputan	61.075	19.749	46.854	90.700
	Hutan	19.128	49.972	41.529	0.000
Total		100.0	100.0	100.0	100.0

Sumber : Hasil Penggambaran dan Perhitungan

Tabel 4.15 Perhitungan Koefisien C untuk daerah tererosi

Tataguna Lahan	No Id	1	2	3	4
	Luas Tot	139500	191925	165825	97200
C		Nilai C tataguna untuk setiap no Id			
Perumahan	0.5	0.09898	0.15139	0.05809	0.04650
Rerumputan	0.2	0.12215	0.03950	0.09371	0.18140
Hutan	0.3	0.05739	0.14992	0.12459	0.00000
Koefisien C masing-masing Id		0.279	0.341	0.276	0.228

Sumber : Hasil Penggambaran dan Perhitungan

4.3.5. Perhitungan Debit Limpasan Metode Rasional

Dengan menggunakan persamaan 2.18 maka contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. saluran P.En.Ka memiliki nilai $I = 186.15$ mm/jam, Luas Area = 0.110 km², dan koefisien $C = 0.303$.
2. maka besarnya debit limpasan pada areal tersebut adalah:

$$\begin{aligned}
 Q &= 0.278 CIA \\
 &= 0.278 \times 0.303 \times 186.15 \times 0.110 \\
 &= 1.73 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Perhitungan Debit Limpasan Metode Rasional

No	Saluran	Panjang Sal L (m)	Slope (m)	Luas A (km ²)	C	tc (jam)	R ₂₄	I (mm/jam)	Q (m ³ /dt)
1	P.En.Ka	595.360	0.0437	0.110	0.303	0.1486	151	186.15	1.73
2	P.En.Ki	578.890	0.0449	0.043	0.373	0.1439	151	190.21	0.86
3	P.Kd.Ka	563.900	0.0497	0.043	0.373	0.1356	151	197.82	0.89
4	P.Kd.Ki	465.070	0.0301	0.012	0.500	0.1418	151	192.06	0.33
5	P.Ra.Ka	525.680	0.0304	0.032	0.296	0.1551	151	180.87	0.48
6	P.Ra.Ki	299.300	0.0100	0.019	0.437	0.1542	151	181.60	0.42
7	S.Ja.Ki	338.830	0.1417	0.008	0.204	0.0612	151	336.27	0.15
8	S.Ja.Ka	322.300	0.1489	0.003	0.232	0.0578	151	349.48	0.07

Sumber : Hasil Penggambaran dan Perhitungan

Tabel 4.17 Perhitungan Debit Limpasan Metode Rasional untuk Daerah Erosi

Id	Slope	Panjang (m)	Area (km ²)	Koor. Center X	Koor. Center Y	tc (jam)	R ₂₄	I (mm/jam)	C	Q rasional (m ³ /det)
1	0.155092	805.951	0.1395	465811.55	9716720.2	0.1152	151	220.601	0.279	2.38
2	0.185881	1113.148	0.1919	465811.55	9716729.2	0.1377	151	195.795	0.341	3.56
3	0.055799	1231.504	0.1658	465811.55	9716729.2	0.2366	151	136.502	0.28	1.74
4	0.172853	1553.779	0.0972	466071.58	9716693.6	0.1831	151	161.939	0.228	1.00
Total										8.679

Sumber : Hasil Penggambaran dan Perhitungan

No	Nama Saluran	kode	Q (limp) (m ³ /det)
9	Jl. Entrop (ka) Walikota	S.Wl.Ka	4.33
10	Jl. Entrop (ki) Walikota	S.Wl.Ki	4.33

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.14 Peta Batas Daerah Pengaliran Saluran Drainase Entrop

4.4. Evaluasi Dimensi Saluran Drainase

Evaluasi dimensi saluran drainase dilakukan untuk mengetahui kemampuan dimensi dari perencanaan desain yang ada, terhadap besarnya debit hasil perhitungan dengan menggunakan metode rasional. Apabila dalam kajian ini, dimensi saluran drainase memiliki kapasitas lebih besar dari debit rasional hasil perhitungan, maka diartikan perencanaan desain saluran drainase tersebut dapat menampung buangan daerah layannya.

Dan apabila dalam kajian evaluasi ini kapasitas saluran lebih kecil dari debit rasional hasil perhitungan, maka dilakukan perhitungan dimensi saluran drainase kembali. Ketidak cukupan kapasitas saluran drainase mengakibatkan adanya luapan dan penggenangan pada daerah layanan saluran drainase tersebut. Berdasarkan logika berpikir tersebut diatas, maka kajian ini meliputi 3 hal, yaitu:

1. perhitungan kapasitas saluran drainase existing
2. perhitungan debit limpasan metode Rasional, yaitu dari hasil perhitungan pada sub bab 4.3 untuk masing-masing daerah layanan saluran drainase.
3. membandingkan kedua hasil perhitungan tersebut, tanda (-) berarti saluran tidak mampu menampung debit rancangan sehingga perlu diadakan perbaikan yang memungkinkan saluran mampu menampung debit rancangan dari hasil perhitungan. Tanda (+) berarti saluran masih mampu menampung debit rancangan hasil perhitungan.

Perhitungan kapasitas saluran disajikan pada tabel 4.18 dengan gambar penampang masing-masing saluran disajikan pada lampiran. Evaluasi kapasitas masing-masing saluran disajikan pada tabel 4.19.

Tabel 4.18 Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Utama

Saluran	n	Tipe Saluran	h saluran (m)	b saluran (m)	A (m ²)	P (m)	R = A/P (m)	S	Q dimensi (m ³ /dt)
P.En.Ka	0.025	trapesium	0.5	0.5	0.375	1.62	0.232	0.044	1.18
P.En.Ki	0.025	trapesium	0.5	0.5	0.375	1.62	0.232	0.045	1.20
P.Kd.Ka	0.035	persegi	0.5	0.5	0.250	1.50	0.167	0.050	0.48
P.Kd.Ki	0.017	persegi	0.3	0.3	0.090	0.90	0.100	0.030	0.20
P.Ra.Ka	0.017	persegi	0.4	0.4	0.160	1.20	0.133	0.030	0.43
P.Ra.Ki	0.017	persegi	0.4	0.4	0.160	1.20	0.133	0.010	0.25
S.Ja.Ka	0.017	persegi	0.3	0.3	0.090	0.90	0.100	0.142	0.43
S.Ja.Ki	0.017	persegi	0.3	0.3	0.090	0.90	0.100	0.149	0.44
S.Wl.Ka	0.017	persegi	0.5	0.5	0.250	1.50	0.167	0.104	1.44
S.Wl.Ki	0.017	persegi	0.5	0.5	0.250	1.50	0.167	0.104	1.44
S.S.1	0.035	trapesium	0.5	1	0.625	2.12	0.295	0.025	1.25
S.S.2	0.025	trapesium	2	1.5	5	5.972	0.837	0.00058	4.31

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

- n manning : nilai kekasaran manning
 Z : kemiringan talud
 h saluran : tinggi muka air saluran (m)
 b saluran : lebar dasar saluran (m)
 A : luas penampang saluran (m²)
 : trapesium [(b+z.h).h], persegi [b . h]
 P : keliling basah saluran (m)
 : trapesium [b+(h.√1+z²)], persegi [2h + b]
 R : A/P
 S : slope saluran
 Q dimensi : $\frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot A$ (m³/dtk)

Tabel 4.19 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase

Nama Saluran	Q dimensi (m ³ /dt)	Q limpasan (m ³ /dt)	Keterangan	Evaluasi
P.En.Ka	1.18	1.73	Q _{P.Ra.Ka} +Q _{S.Ja.Ki} +Q _{S.Ja.Ka}	tidak memenuhi
P.En.Ki	1.20	0.86		memenuhi
P.Kd.Ka	0.48	0.89		tidak memenuhi
P.Kd.Ki	0.20	0.33		tidak memenuhi
P.Ra.Ka	0.43	0.70		tidak memenuhi
P.Ra.Ki	0.25	0.42		tidak memenuhi
S.Ja.Ki	0.43	0.15		memenuhi
S.Ja.Ka	0.44	0.07		memenuhi
S.Wl.Ka	1.44	4.33		tidak memenuhi
S.Wl.Ki	1.44	4.33		tidak memenuhi
S.S.1	1.25	2.37	Q _{P.En.Ka} + 0.75*Q _{P.En.Ki}	tidak memenuhi
S.S.2	4.31	4.34	Q _{SS1} +Q _{P.Kd.Ka} +Q _{P.Kd.Ki} + limpasan langsung k sal	memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5. Rencana Perbaikan Saluran Drainase Utama

Dari tabel evaluasi kapasitas saluran drainase utama terhadap Q rasional yang terhitung, Tabel 4.19, maka dapat disimpulkan perlu adanya pendimensian kembali. Hal ini bertujuan agar saluran drainase utama tersebut dapat menampung debit limpasan daerah layannya.

Dalam perencanaan dimensi saluran ini mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1. kemiringan dasar saluran mengikuti kemiringan dasar saluran existing.
2. Saluran direncanakan dari pasangan beton, memiliki angka manning = 0.017.
3. untuk saluran trapesium, kemiringan talud direncanakan sebesar $Z = 0.577$
4. perbandingan kedalaman lebar saluran (b/h) diambil 0.5 dan 1.
5. kecepatan aliran pada saluran direncanakan antara 1 – 3 m/s

Adapun contoh perencanaan dimensi saluran drainase utama adalah sebagai berikut:

Contoh perencanaan dimensi pada saluran P.En.Ka:

diketahui:

- ✓ Q Rasional : $1.73 \text{ m}^3/\text{det}$
- ✓ Slope existing : 0.0436

direncanakan:

- ✓ b/h : 0.5
- ✓ Z : 0.577
- ✓ Penampang trapesium

perhitungan dimensi:

- $A = (b + Z.h).h$
 $= (0.5h + 0.577h).h$
 $= 0.5 h^2 + 0.577 h^2 = 1.077 h^2$
- $P = b + 2h \sqrt{1+Z^2}$
 $= 0.5h + 2h \sqrt{1,33}$
 $= 0.5h + 2.31h = 2.81 h$
- $R = A / P$
 $= \frac{1.077h^2}{2.81h} = 0.38h$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

$$1.73 = \frac{1}{0.017} \cdot (0.38h)^{2/3} \cdot 0.0436^{1/2} \cdot h^2$$

dengan coba-coba didapat:

$$h = 0.592 \text{ m}$$

$$b = 0.5 h = 0.296 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0.017} \cdot 0.227^{2/3} \cdot 0.0436^{1/2}$$

$$= 4.58 \text{ m/dt}$$

Kecepatan maksimum yang diijinkan pada Saluran tahan erosi bisa diabaikan, asal airnya tidak mengangkut pasir, kerikil, atau batu. Namun air yang berkecepatan tinggi bisa mengangkat lapisan saluran sehingga menimbulkan kerusakan dan erosi dasar saluran. Oleh karena itu direncanakan kecepatan saluran antara 1 – 3 m/s. Perhitungan perencanaan saluran drainase utama seluruhnya ditampilkan pada tabel 4.20 - 4.31.

Dari hasil perhitungan pada tabel diketahui slope rencana lebih landai daripada slope alam sehingga diperlukan bangunan terjunan pada titik-titik tertentu.

4.5.1. Analisa Kondisi Hidraulik Pada Terjunan

Bangunan terjunan yang dipilih untuk masing-masing saluran adalah terjunan tegak, dengan ketinggian yang disesuaikan kondisi slope asli.

Bangunan terjunan pada saluran P.En.Ka :

diketahui :

$$b \text{ saluran} = 0.66 \text{ m}$$

$$h \text{ saluran} = 0.66 \text{ m}$$

$$Z \text{ talud} = 0$$

$$Q \text{ Rasional} = 1.73 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$h \text{ terjunan} = 0.87 \text{ m}$$

maka :

$$D \text{ angka terjunan} = \frac{(Q/b)^2}{gh^3} = \frac{(1.73/0.66)^2}{9.81 \times 0.87^3} = 1.07$$

$$\frac{h_1}{h_{\text{terjunan}}} = 0.54 \times D^{0.425}$$

$$h_1 = 0.54 \times 1.07^{0.425} \times 0.87 = 0.481 \text{ m}$$

$$\frac{h_2}{h_{\text{terjunan}}} = 1.66 \times D^{0.27}$$

$$h_2 = 1.66 \times 1.07^{0.27} \times 0.87 = 1.464 \text{ m}$$

$$\frac{Ld}{h_{\text{terjunan}}} = 4.30 \times D^{0.27}$$

$$Ld = 4.30 \times 1.07^{0.27} \times 0.87 = 3.793 \text{ m}$$

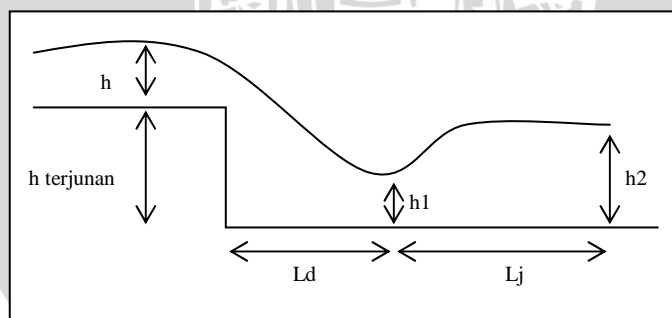
$$\frac{Lj}{h_{\text{terjunan}}} = 6 \times (h_2 - h_1)$$

$$Lj = 6 \times (1.464 - 0.481) = 5.897 \text{ m}$$

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \times \frac{A_1}{T_1}}}$$

$$Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g \times \frac{A_2}{T_2}}}$$

Perhitungan untuk analisa kondisi hidraulik masing-masing bangunan terjunan diberikan pada tabel 4.32 – 4.42 sedangkan analisa profil aliran secara menyeluruh sepanjang saluran disajikan pada lampiran dengan menggunakan fasilitas Program Hec-Ras.



Sumber : Chow, 1997:382

Gambar 4.15 Kondisi Hidraulik Terjunan Tegak

Tabel 4.20 Perencanaan Dimensi Saluran P.En.Ka

n manning	0.017	
Z	Lining beton	
dimensi	0.577	
	Trapeسيوم	

No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
P.En.Ka	0.5	1.08	1.73	1.00	1.267	0.634	1.730	3.560	0.486	0.000757	1.730	0.284	subkritis
	0.5	1.08	1.73	1.50	1.035	0.517	1.153	2.907	0.397	0.002230	1.730	0.471	subkritis
	0.5	1.08	1.73	2.00	0.896	0.448	0.865	2.517	0.344	0.004803	1.730	0.675	subkritis
	0.5	1.08	1.73	2.50	0.802	0.401	0.692	2.252	0.307	0.008709	1.730	0.892	subkritis
	0.5	1.08	1.73	3.00	0.732	0.366	0.577	2.055	0.281	0.014162	1.730	1.120	superkritis
	1.0	1.58	1.73	1.00	1.047	1.047	1.730	3.466	0.499	0.000730	1.730	0.312	subkritis
	1.0	1.58	1.73	1.50	0.855	0.855	1.153	2.830	0.408	0.002152	1.730	0.518	subkritis
	1.0	1.58	1.73	2.00	0.741	0.741	0.865	2.451	0.353	0.004635	1.730	0.742	subkritis
	1.0	1.58	1.73	2.50	0.662	0.662	0.692	2.192	0.316	0.008403	1.730	0.981	subkritis
	1.0	1.58	1.73	3.00	0.605	0.605	0.577	2.001	0.288	0.013664	1.730	1.232	superkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.21 Perencanaan Dimensi Saluran P.En.Ki

n manning	0.017	
Z	Lining beton	
dimensi	0.577	
	Trapeسيوم	

No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
P.En.Ki	0.5	1.08	0.86	1.00	0.894	0.447	0.860	2.510	0.343	0.001206	0.860	0.338	subkritis
	0.5	1.08	0.86	1.50	0.730	0.365	0.573	2.050	0.280	0.003554	0.860	0.561	subkritis
	0.5	1.08	0.86	2.00	0.632	0.316	0.430	1.775	0.242	0.007655	0.860	0.803	subkritis
	0.5	1.08	0.86	2.50	0.565	0.283	0.344	1.588	0.217	0.013879	0.860	1.062	superkritis
	0.5	1.08	0.86	3.00	0.516	0.258	0.287	1.449	0.198	0.022568	0.860	1.334	superkritis
	1.0	1.58	0.86	1.00	0.738	0.738	0.860	2.444	0.352	0.001163	0.860	0.372	subkritis
	1.0	1.58	0.86	1.50	0.603	0.603	0.573	1.995	0.287	0.003429	0.860	0.617	subkritis
	1.0	1.58	0.86	2.00	0.522	0.522	0.430	1.728	0.249	0.007385	0.860	0.884	subkritis
	1.0	1.58	0.86	2.50	0.467	0.467	0.344	1.545	0.223	0.013390	0.860	1.168	superkritis
	1.0	1.58	0.86	3.00	0.426	0.426	0.287	1.411	0.203	0.021774	0.860	1.467	superkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan Tabel:

$A (h^2)$: persamaan luas penampang saluran dalam h^2

Z : $(b + Z.h).h$, mengganti b dengan nilai b/h

Z : Kemiringan talud (0.577)

Q Rasional : hasil perhitungan debit limpasan masing-masing daerah layanan (m^3/dt)

V : kecepatan saluran rencana (m/dt)

h : kedalaman air rencana (m)

b : $b/h \times h$ (m)

A : $(b + Z.h).h$ (m^2)

P : $b + 2h\sqrt{1+Z^2}$ (m)

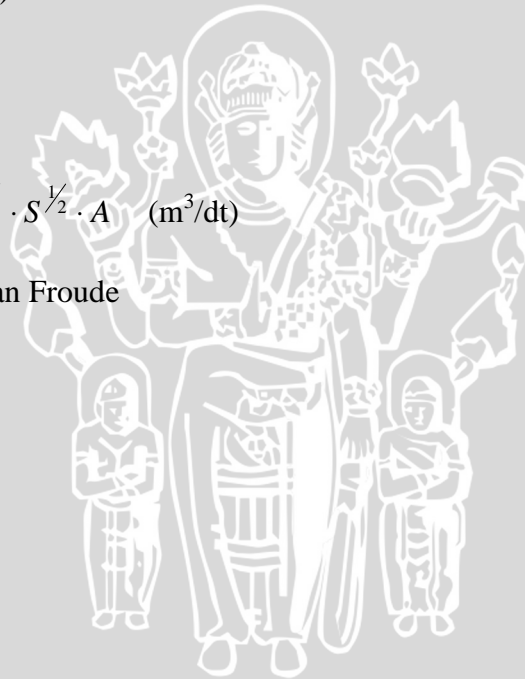
R : $\frac{A}{P}$ (m)

Slope : $\sqrt{\frac{V.n}{R^{2/3}}}$

Q hit : $\frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$ (m^3/dt)

Fr : bilangan Froude

: $\frac{V}{\sqrt{gh}}$



Tabel 4.22 Perencanaan Dimensi Saluran P.Kd.Ki

No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
P.Kd.Ki	0.5	0.5	0.33	1.00	0.812	0.406	0.330	2.031	0.162	0.003259	0.330	0.354	subkritis
	0.5	0.5	0.33	1.50	0.663	0.332	0.220	1.658	0.133	0.009610	0.330	0.588	subkritis
	0.5	0.5	0.33	2.00	0.574	0.287	0.165	1.436	0.115	0.020696	0.330	0.842	subkritis
	0.5	0.5	0.33	2.50	0.514	0.257	0.132	1.285	0.103	0.037524	0.330	1.114	superkritis
	0.5	0.5	0.33	3.00	0.469	0.235	0.110	1.173	0.094	0.061019	0.330	1.399	superkritis
	1.0	1.0	0.33	1.00	0.574	0.574	0.330	1.723	0.191	0.002618	0.330	0.421	subkritis
	1.0	1.0	0.33	1.50	0.469	0.469	0.220	1.407	0.156	0.007720	0.330	0.699	subkritis
	1.0	1.0	0.33	2.00	0.406	0.406	0.165	1.219	0.135	0.016625	0.330	1.002	superkritis
	1.0	1.0	0.33	2.50	0.363	0.363	0.132	1.090	0.121	0.030144	0.330	1.324	superkritis
	1.0	1.0	0.33	3.00	0.332	0.332	0.110	0.995	0.111	0.049017	0.330	1.663	superkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.23 Perencanaan Dimensi Saluran P.Kd.Ka

No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
P.Kd.Ka	0.5	0.5	0.89	1.00	1.334	0.667	0.890	3.335	0.267	0.001682	0.890	0.276	subkritis
	0.5	0.5	0.89	1.50	1.089	0.545	0.593	2.723	0.218	0.004960	0.890	0.459	subkritis
	0.5	0.5	0.89	2.00	0.943	0.472	0.445	2.358	0.189	0.010682	0.890	0.657	subkritis
	0.5	0.5	0.89	2.50	0.844	0.422	0.356	2.109	0.169	0.019368	0.890	0.869	subkritis
	0.5	0.5	0.89	3.00	0.770	0.385	0.297	1.926	0.154	0.031495	0.890	1.091	superkritis
	1.0	1.0	0.89	1.00	0.943	0.943	0.890	2.830	0.314	0.001351	0.890	0.329	subkritis
	1.0	1.0	0.89	1.50	0.770	0.770	0.593	2.311	0.257	0.003985	0.890	0.546	subkritis
	1.0	1.0	0.89	2.00	0.667	0.667	0.445	2.001	0.222	0.008581	0.890	0.782	subkritis
	1.0	1.0	0.89	2.50	0.597	0.597	0.356	1.790	0.199	0.015559	0.890	1.033	superkritis
	1.0	1.0	0.89	3.00	0.545	0.545	0.297	1.634	0.182	0.025301	0.890	1.298	superkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.24 Perencanaan Dimensi Saluran P.Ra.Ka

n manning		0.017 Lining beton											
Z		0											
dimensi		persegi											
No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
P.Ra.Ka	0.5	0.5	0.70	1.00	1.183	0.592	0.700	2.958	0.237	0.001975	0.700	0.294	subkritis
	0.5	0.5	0.70	1.50	0.966	0.483	0.467	2.415	0.193	0.005821	0.700	0.487	subkritis
	0.5	0.5	0.70	2.00	0.836	0.418	0.350	2.091	0.167	0.012542	0.700	0.698	subkritis
	0.5	0.5	0.70	2.50	0.749	0.374	0.280	1.872	0.150	0.022709	0.701	0.922	subkritis
	0.5	0.5	0.70	3.00	0.683	0.342	0.233	1.708	0.137	0.036957	0.700	1.159	superkritis
	1.0	1.0	0.70	1.00	0.837	0.837	0.700	2.510	0.279	0.001586	0.700	0.349	subkritis
	1.0	1.0	0.70	1.50	0.683	0.683	0.467	2.049	0.228	0.004676	0.700	0.579	subkritis
	1.0	1.0	0.70	2.00	0.592	0.592	0.350	1.775	0.197	0.010072	0.700	0.830	subkritis
	1.0	1.0	0.70	2.50	0.529	0.529	0.280	1.587	0.176	0.018262	0.700	1.097	superkritis
	1.0	1.0	0.70	3.00	0.483	0.483	0.233	1.449	0.161	0.029684	0.700	1.378	superkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.25 Perencanaan Dimensi Saluran P.Ra.Ki

n manning		0.017 Lining beton											
Z		0											
dimensi		persegi											
No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
P.Ra.Ki	0.5	0.5	0.42	1.00	0.916	0.458	0.420	2.291	0.183	0.002776	0.420	0.334	subkritis
	0.5	0.5	0.42	1.50	0.748	0.374	0.280	1.871	0.150	0.008182	0.420	0.554	subkritis
	0.5	0.5	0.42	2.00	0.648	0.324	0.210	1.620	0.130	0.017622	0.420	0.793	subkritis
	0.5	0.5	0.42	2.50	0.580	0.290	0.168	1.450	0.116	0.031936	0.420	1.048	superkritis
	0.5	0.5	0.42	3.00	0.529	0.265	0.140	1.323	0.106	0.051958	0.420	1.317	superkritis
	1.0	1.0	0.42	1.00	0.648	0.648	0.420	1.945	0.216	0.002229	0.420	0.397	subkritis
	1.0	1.0	0.42	1.50	0.554	0.554	0.307	1.663	0.185	0.006177	0.461	0.643	subkritis
	1.0	1.0	0.42	2.00	0.458	0.458	0.210	1.375	0.153	0.014150	0.420	0.943	subkritis
	1.0	1.0	0.42	2.50	0.410	0.410	0.168	1.230	0.137	0.025663	0.420	1.247	superkritis
	1.0	1.0	0.42	3.00	0.374	0.374	0.140	1.123	0.125	0.041713	0.420	1.565	superkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.26 Perencanaan Dimensi Saluran S.Ja.Ka

No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
S.Ja.Ka	0.5	0.5	0.07	1.00	0.375	0.187	0.070	0.937	0.075	0.009141	0.070	0.521	subkritis
	0.5	0.5	0.07	1.50	0.306	0.153	0.047	0.764	0.061	0.027020	0.070	0.866	subkritis
	0.5	0.5	0.07	2.00	0.265	0.133	0.035	0.663	0.053	0.058042	0.070	1.240	superkritis
	0.5	0.5	0.07	2.50	0.238	0.119	0.028	0.596	0.048	0.104588	0.071	1.635	superkritis
	0.5	0.5	0.07	3.00	0.217	0.108	0.023	0.542	0.043	0.170860	0.070	2.058	superkritis
	1.0	1.0	0.07	1.00	0.265	0.265	0.070	0.795	0.088	0.007343	0.070	0.620	subkritis
	1.0	1.0	0.07	1.50	0.216	0.216	0.047	0.648	0.072	0.021702	0.070	1.030	superkritis
	1.0	1.0	0.07	2.00	0.187	0.187	0.035	0.562	0.062	0.046625	0.070	1.475	superkritis
	1.0	1.0	0.07	2.50	0.168	0.168	0.028	0.505	0.056	0.083993	0.071	1.945	superkritis
	1.0	1.0	0.07	3.00	0.153	0.153	0.023	0.460	0.051	0.137260	0.070	2.447	superkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.27 Perencanaan Dimensi Saluran S.Ja.Ki

No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
S.Ja.Ki	0.5	0.5	0.15	1.00	0.547	0.274	0.150	1.369	0.109	0.005517	0.150	0.431	subkritis
	0.5	0.5	0.15	1.50	0.447	0.223	0.100	1.117	0.089	0.016285	0.150	0.717	subkritis
	0.5	0.5	0.15	2.00	0.388	0.194	0.075	0.970	0.078	0.034932	0.150	1.025	superkritis
	0.5	0.5	0.15	2.50	0.346	0.173	0.060	0.866	0.069	0.063483	0.150	1.356	superkritis
	0.5	0.5	0.15	3.00	0.316	0.158	0.050	0.790	0.063	0.103294	0.150	1.704	superkritis
	1.0	1.0	0.15	1.00	0.387	0.387	0.150	1.162	0.129	0.004431	0.150	0.513	subkritis
	1.0	1.0	0.15	1.50	0.315	0.315	0.100	0.946	0.105	0.013101	0.149	0.853	subkritis
	1.0	1.0	0.15	2.00	0.274	0.274	0.075	0.821	0.091	0.028130	0.150	1.220	superkritis
	1.0	1.0	0.15	2.50	0.245	0.245	0.060	0.736	0.082	0.050919	0.150	1.612	superkritis
	1.0	1.0	0.15	3.00	0.224	0.224	0.050	0.671	0.075	0.082901	0.150	2.025	superkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Karena Kapasitas saluran existing S.Ja.Ka dan S.Ja.Ki memenuhi maka tetap menggunakan dimensi saluran existing yaitu 0.3m x 0.3 m.

Tabel 4.28 Perencanaan Dimensi Saluran S.Wa.Ka

n manning		0.017	
Z		0	
dimensi		persegi	

No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
S.Wa.Ka	0.5	0.5	4.33	1.00	2.943	1.471	4.330	7.357	0.589	0.000586	4.330	0.186	subkritis
	0.5	0.5	4.33	1.50	2.403	1.201	2.887	6.007	0.481	0.001728	4.330	0.309	subkritis
	0.5	0.5	4.33	2.00	2.081	1.040	2.165	5.202	0.416	0.003720	4.330	0.443	subkritis
	0.5	0.5	4.33	2.50	1.861	0.931	1.732	4.653	0.372	0.006746	4.330	0.585	subkritis
	0.5	0.5	4.33	3.00	1.699	0.849	1.443	4.247	0.340	0.010969	4.330	0.735	subkritis
	1.0	1.0	4.33	1.00	2.081	2.081	4.330	6.243	0.694	0.000471	4.330	0.221	subkritis
	1.0	1.0	4.33	1.50	1.699	1.699	2.887	5.097	0.566	0.001388	4.330	0.367	subkritis
	1.0	1.0	4.33	2.00	1.471	1.471	2.165	4.414	0.490	0.002989	4.330	0.526	subkritis
	1.0	1.0	4.33	2.50	1.316	1.316	1.732	3.948	0.439	0.005419	4.330	0.696	subkritis
	1.0	1.0	4.33	3.00	1.201	1.201	1.443	3.604	0.400	0.008812	4.330	0.874	subkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.29 Perencanaan Dimensi Saluran S.Wa.Ki

n manning		0.017	
Z		0	
dimensi		persegi	

No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
S.Wa.Ka	0.5	0.5	4.33	1.00	2.943	1.471	4.330	7.357	0.589	0.000586	4.330	0.186	subkritis
	0.5	0.5	4.33	1.50	2.403	1.201	2.887	6.007	0.481	0.001728	4.330	0.309	subkritis
	0.5	0.5	4.33	2.00	2.081	1.040	2.165	5.202	0.416	0.003720	4.330	0.443	subkritis
	0.5	0.5	4.33	2.50	1.861	0.931	1.732	4.653	0.372	0.006746	4.330	0.585	subkritis
	0.5	0.5	4.33	3.00	1.699	0.849	1.443	4.247	0.340	0.010969	4.330	0.735	subkritis
	1.0	1.0	4.33	1.00	2.081	2.081	4.330	6.243	0.694	0.000471	4.330	0.221	subkritis
	1.0	1.0	4.33	1.50	1.699	1.699	2.887	5.097	0.566	0.001388	4.330	0.367	subkritis
	1.0	1.0	4.33	2.00	1.471	1.471	2.165	4.414	0.490	0.002989	4.330	0.526	subkritis
	1.0	1.0	4.33	2.50	1.316	1.316	1.732	3.948	0.439	0.005419	4.330	0.696	subkritis
	1.0	1.0	4.33	3.00	1.201	1.201	1.443	3.604	0.400	0.008812	4.330	0.874	subkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.30 Perencanaan Dimensi Saluran SS1

n manning		0.017	
Z		Lining beton	
dimensi		0.577	
		Trapeسيوم	

No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
SS1	0.5	1.08	2.37	1.00	1.483	0.742	2.370	4.167	0.569	0.000613	2.370	0.262	subkritis
	0.5	1.08	2.37	1.50	1.211	0.606	1.580	3.402	0.464	0.001808	2.370	0.435	subkritis
	0.5	1.08	2.37	2.00	1.049	0.524	1.185	2.947	0.402	0.003894	2.370	0.623	subkritis
	0.5	1.08	2.37	2.50	0.938	0.469	0.948	2.636	0.360	0.007060	2.370	0.824	subkritis
	0.5	1.08	2.37	3.00	0.856	0.428	0.790	2.406	0.328	0.011481	2.370	1.035	subkritis
	1.0	1.58	2.37	1.00	1.226	1.226	2.370	4.057	0.584	0.000592	2.370	0.288	subkritis
	1.0	1.58	2.37	1.50	1.001	1.001	1.580	3.312	0.477	0.001745	2.370	0.479	subkritis
	1.0	1.58	2.37	2.00	0.867	0.867	1.185	2.869	0.413	0.003757	2.370	0.686	subkritis
	1.0	1.58	2.37	2.50	0.775	0.775	0.948	2.566	0.370	0.006812	2.370	0.906	subkritis
	1.0	1.58	2.37	3.00	0.708	0.708	0.790	2.342	0.337	0.011077	2.370	1.139	superkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.31 Perencanaan Dimensi Saluran SS2

n manning		0.025		9.81
Z		Pas. Batu kali disemen		
dimensi		0		
		Persegi		

No Saluran	b/h	A (h ²)	Q Rasional (m ³ /dt)	V (m/dt)	h (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	slope	Q hit (m ³ /dt)	Fr	jenis aliran
SS2	0.5	0.50	4.34	1.00	2.946	1.473	4.340	7.365	0.589	0.001265	4.340	0.186	subkritis
	0.5	0.50	4.34	1.50	2.406	1.203	2.893	6.014	0.481	0.003730	4.340	0.309	subkritis
	0.5	0.50	4.34	2.00	2.083	1.042	2.170	5.208	0.417	0.008034	4.340	0.442	subkritis
	1.0	1.00	4.34	1.00	2.083	2.083	4.340	6.250	0.694	0.001016	4.340	0.221	subkritis
	1.0	1.00	4.34	1.50	1.701	1.701	2.893	5.103	0.567	0.002997	4.340	0.367	subkritis
	1.0	1.00	4.34	2.00	1.473	1.473	2.170	4.419	0.491	0.006454	4.340	0.526	subkritis
	1.5	1.50	4.34	1.00	1.701	2.551	4.340	5.953	0.729	0.000953	4.340	0.245	subkritis
	1.5	1.50	4.34	1.50	1.389	2.083	2.893	4.861	0.595	0.002809	4.340	0.406	subkritis
	1.5	1.50	4.34	2.00	1.203	1.804	2.170	4.210	0.515	0.006049	4.340	0.582	subkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Saluran SS2 merupakan saluran drainasi akhir yang menuju ke sungai Entrop 2, penampang saluran dirubah dari trapezium menjadi persegi agar dapat menampung air saat sungai dipengaruhi oleh pasang air laut. Bentuk trapezium dengan $h = 2$ m dan $b = 1.5$ m diubah menjadi penampang persegi yaitu $h = 2$ m dan $b = 3.5$ m. Dari hasil perhitungan didapat dimensi saluran dengan kecepatan 1 m/dt. Untuk memanfaatkan besarnya lebar saluran existing maka dengan luas yang sama didapatkan $h = 1.24$ m dan $b = 3.5$ m.

$$A = h \times b$$

$$4.34 = h \times 3.5$$

$$h = \frac{4.34}{3.5} = 1.24 \text{ m}$$

Dimensi saluran dapat dilihat pada gambar 4.16 dan 4.20.

Keterangan tabel:

$A (h^2)$: persamaan luas penampang saluran dalam h^2

: $b \cdot h$, mengganti b dengan nilai b/h

Q Rasional : hasil perhitungan debit limpasan masing-masing daerah layanan (m^3/dt)

V : kecepatan saluran rencana (m/dt)

h : kedalaman air rencana (m)

b : $b/h \times h$ (m)

A : $b \times h$ (m^2)

P : $b + 2h$ (m)

R : $\frac{A}{P}$ (m)

Slope : $\sqrt{\frac{V \cdot n}{R^{2/3}}}$

Q hit : $\frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$ (m^3/dt)

Fr : bilangan Froude

$$: \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

Tabel 4.32 Terjunan Saluran P.En.Ka

Saluran P.En.Ka				
Z	0.577	Kajian Hidraulik	D	2.531
b (m)	0.66		h ₁	0.521
h (m)	0.66		h ₂	1.386
Q (m ³ /dt)	1.73		Ld	3.591
h terjunan	0.65		Lj	5.194
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.502	1.263	3.45	9.81	1.75
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
2.027	2.262	0.85	9.81	0.29

Saluran P.En.Ka				
Z	0.577	Kajian Hidraulik	D	1.070
b (m)	0.66		h ₁	0.481
h (m)	0.66		h ₂	1.464
Q (m ³ /dt)	1.73		Ld	3.793
h terjunan	0.87		Lj	5.897
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.452	1.218	3.82	9.81	2.00
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
2.207	2.352	0.78	9.81	0.26

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.33 Terjunan Saluran P.En.Ki

Saluran P.En.Ki				
Z	0.577	Kajian Hidraulik	D	0.275
b (m)	0.52		h ₁	0.312
h (m)	0.52		h ₂	1.172
Q (m ³ /dt)	0.86		Ld	3.035
h terjunan	1.00		Lj	5.157
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.219	0.882	3.92	9.81	2.51
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
1.404	1.874	0.61	9.81	0.23

Saluran P.En.Ki				
Z	0.577	Kajian Hidraulik	D	2.200
b (m)	0.52		h ₁	0.378
h (m)	0.52		h ₂	1.027
Q (m ³ /dt)	0.86		Ld	2.660
h terjunan	0.50		Lj	3.897
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.279	0.958	3.07	9.81	1.82
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
1.145	1.707	0.75	9.81	0.29

Saluran P.En.Ki				
Z	0.577	Kajian Hidraulik	D	0.186
b (m)	0.52		h ₁	0.301
h (m)	0.52		h ₂	1.201
Q (m ³ /dt)	0.86		Ld	3.111
h terjunan	1.14		Lj	5.399
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.209	0.870	4.09	9.81	2.66
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
1.459	1.908	0.59	9.81	0.21

Saluran P.En.Ki				
Z	0.577	Kajian Hidraulik	D	0.116
b (m)	0.52		h ₁	0.288
h (m)	0.52		h ₂	1.237
Q (m ³ /dt)	0.86		Ld	3.204
h terjunan	1.33		Lj	5.692
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.199	0.855	4.32	9.81	2.86
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
1.529	1.950	0.56	9.81	0.20

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.35 Terjunan Saluran P.Kd.Ki

Saluran P.Kd.Ki				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.090
b (m)	0.4		h ₁	0.175
h (m)	0.4		h ₂	0.779
Q (m ³ /dt)	0.33		Ld	2.019
h terjunan	0.90		Lj	3.629
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.071	0.406	4.59	9.81	3.51
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.317	0.406	1.03	9.81	0.37

Saluran P.Kd.Ki				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.077
b (m)	0.4		h ₁	0.172
h (m)	0.4		h ₂	0.787
Q (m ³ /dt)	0.33		Ld	2.038
h terjunan	0.95		Lj	3.689
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.070	0.406	4.66	9.81	3.58
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.320	0.406	1.02	9.81	0.37

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.34 Terjunan Saluran P.Kd.Ka

Saluran P.Kd.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.111
b (m)	0.667		h ₁	0.250
h (m)	0.667		h ₂	1.082
Q (m ³ /dt)	0.89		Ld	2.803
h terjunan	1.18		Lj	4.990
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.167	0.667	5.34	9.81	3.41
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.722	0.667	1.24	9.81	0.38

Saluran P.Kd.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.092
b (m)	0.667		h ₁	0.246
h (m)	0.667		h ₂	1.095
Q (m ³ /dt)	0.89		Ld	2.836
h terjunan	1.26		Lj	5.094
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.164	0.667	5.44	9.81	3.50
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.730	0.667	1.22	9.81	0.37

Saluran P.Kd.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.282
b (m)	0.667		h ₁	0.273
h (m)	0.667		h ₂	1.020
Q (m ³ /dt)	0.89		Ld	2.642
h terjunan	0.86		Lj	4.483
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.182	0.667	4.90	9.81	3.00
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.680	0.667	1.31	9.81	0.41

Saluran P.Kd.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.464
b (m)	0.667		h ₁	0.285
h (m)	0.667		h ₂	0.988
Q (m ³ /dt)	0.89		Ld	2.559
h terjunan	0.73		Lj	4.216
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.190	0.667	4.69	9.81	2.80
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.659	0.667	1.35	9.81	0.43

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.36 Terjunan Saluran P.Ra.Ka

Saluran P.Ra.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.079
b (m)	0.59		h ₁	0.224
h (m)	0.59		h ₂	1.022
Q (m ³ /dt)	0.70		Ld	2.646
h terjunan	1.22		Lj	4.783
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.133	0.592	5.30	9.81	3.57
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.604	0.592	1.16	9.81	0.37

Saluran P.Ra.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.090
b (m)	0.59		h ₁	0.227
h (m)	0.59		h ₂	1.013
Q (m ³ /dt)	0.70		Ld	2.625
h terjunan	1.17		Lj	4.719
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.134	0.592	5.24	9.81	3.51
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.600	0.592	1.17	9.81	0.37

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.37 Terjunan Saluran P.Ra.Ki

Saluran P.Ra.Ki				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.171
b (m)	0.55		h ₁	0.178
h (m)	0.55		h ₂	0.721
Q (m ³ /dt)	0.42		Ld	1.868
h terjunan	0.70		Lj	3.257
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.099	0.554	4.25	9.81	3.21
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.400	0.554	1.05	9.81	0.40

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.38 Terjunan Saluran S.Ja.Ka

Saluran S.Ja.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.006
b (m)	0.30		h ₁	0.060
h (m)	0.19		h ₂	0.405
Q (m ³ /dt)	0.07		Ld	1.048
h terjunan	0.97		Lj	2.071
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.018	0.300	3.89	9.81	5.09
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.121	0.300	0.57	9.81	0.29

Saluran S.Ja.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.004
b (m)	0.30		h ₁	0.058
h (m)	0.19		h ₂	0.413
Q (m ³ /dt)	0.07		Ld	1.070
h terjunan	1.08		Lj	2.131
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.017	0.300	4.01	9.81	5.32
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.124	0.300	0.56	9.81	0.28

Saluran S.Ja.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.005
b (m)	0.30		h ₁	0.058
h (m)	0.19		h ₂	0.411
Q (m ³ /dt)	0.07		Ld	1.064
h terjunan	1.05		Lj	2.115
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.017	0.300	3.98	9.81	5.26
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.123	0.300	0.56	9.81	0.28

Saluran S.Ja.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.008
b (m)	0.30		h ₁	0.061
h (m)	0.19		h ₂	0.397
Q (m ³ /dt)	0.07		Ld	1.028
h terjunan	0.88		Lj	2.014
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.018	0.300	3.78	9.81	4.88
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.119	0.300	0.58	9.81	0.30

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.39 Terjunan Saluran S.Ja.Ki

Saluran S.Ja.Ki				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.218
b (m)	0.3		h ₁	0.140
h (m)	0.2		h ₂	0.547
Q (m ³ /dt)	0.15		Ld	1.416
h terjunan	0.50		Lj	2.437
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.042	0.300	3.65	9.81	3.11
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.164	0.300	0.94	9.81	0.40

Saluran S.Ja.Ki				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	0.037
b (m)	0.3		h ₁	0.119
h (m)	0.2		h ₂	0.612
Q (m ³ /dt)	0.15		Ld	1.586
h terjunan	0.90		Lj	2.958
Bilangan Froud (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.036	0.300	4.30	9.81	3.97
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
0.184	0.300	0.84	9.81	0.34

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.40 Terjunan Saluran S.Wa.Ka & S.Wa.Ki

Saluran S.Wa.Ki & S.wa.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	1.817
b (m)	1.20		h ₁	0.626
h (m)	1.20		h ₂	1.755
Q (m ³ /dt)	4.33		Ld	4.547
h terjunan	0.90		Lj	6.774
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.753	1.201	5.75	9.81	2.32
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
2.109	1.201	2.05	9.81	0.49

Saluran S.Wa.Ki & S.wa.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	1.943
b (m)	1.20		h ₁	0.630
h (m)	1.20		h ₂	1.748
Q (m ³ /dt)	4.33		Ld	4.528
h terjunan	0.88		Lj	6.706
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.757	1.201	5.72	9.81	2.30
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
2.100	1.201	2.06	9.81	0.50

Saluran S.Wa.Ki & S.wa.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	2.791
b (m)	1.20		h ₁	0.652
h (m)	1.20		h ₂	1.708
Q (m ³ /dt)	4.33		Ld	4.425
h terjunan	0.78		Lj	6.340
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.783	1.201	5.53	9.81	2.19
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
2.052	1.201	2.11	9.81	0.52

Saluran S.Wa.Ki & S.wa.Ka				
Z	0	Kajian Hidraulik	D	1.365
b (m)	1.20		h ₁	0.610
h (m)	1.20		h ₂	1.787
Q (m ³ /dt)	4.33		Ld	4.630
h terjunan	0.99		Lj	7.063
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.733	1.201	5.91	9.81	2.41
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
2.147	1.201	2.02	9.81	0.48

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.42 Terjunan Saluran SS1

Saluran SS1				
Z	0.577	Kajian Hidraulik	D	4.163
b (m)	1.00		h ₁	0.511
h (m)	1.00		h ₂	1.260
Q (m ³ /dt)	2.37		Ld	3.263
h terjunan	0.52		Lj	4.491
Bilangan Froude (Fr)				
A ₁ (m ²)	T ₁ (m)	V ₁ (m/dt)	g	Fr ₁
0.662	1.591	3.58	9.81	1.77
A ₂ (m ²)	T ₂ (m)	V ₂ (m/dt)	g	Fr ₂
2.176	2.455	1.09	9.81	0.37

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5.2. Perhitungan Gorong-gorong (Culvert)

Gorong-gorong adalah saluran tertutup (pendek) yang mengalirkan air melewati jalan raya. Perencanaan gorong-gorong adalah sebagai berikut:

1. terdapat 2 gorong-gorong yang akan melewati Jalan Entrop dan Jalan Kelapa Dua Entrop.
2. berbentuk persegi dengan bahan dasar adalah beton
3. untuk gorong-gorong di Jalan Entrop, kapasitas pemasukan direncanakan lebih besar daripada kapasitas gorong-gorong oleh karena itu dilakukan Kontrol belakang (*outlet control*).
4. untuk gorong-gorong di Jalan Kelapa Dua Entrop, kapasitas pemasukan direncanakan lebih kecil daripada kapasitas gorong-gorong oleh karena itu dilakukan Kontrol Pemasukan (*inlet control*)

Adapun perhitungan dimensi gorong-gorong adalah sebagai berikut:

➤ Gorong-gorong di Jalan Entrop

diketahui :

$$Q = 1.73 \text{ m}^3/\text{dt} \quad (Q_{P.En.Ka})$$

$$A = 1.75 \text{ m}^2 \quad (\text{sal baru } b=1.4, h=1.25)$$

$$n \text{ manning} = 0.012 \quad (\text{beton})$$

$$K_e = 0.5 \quad (\text{box beton bertulang})$$

direncanakan :

$$S = 0.0158$$

$$d_1 = 1.25 \text{ m}$$

$$D = 1 \text{ m}$$

perhitungan dimensi :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$\frac{Q}{D \cdot l} = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^{2/3}}{P} \cdot S^{1/2} = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{D \cdot l}{2D + 2l} \right)^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$\frac{1.73}{1 \cdot l} = \frac{1}{0.012} \cdot \left(\frac{1 \cdot l}{2 + 2l} \right)^{2/3} \cdot 0.0158^{1/2}$$

$$\frac{1.73}{1 \cdot l} = 10.474 \left(\frac{1 \cdot l}{2 + 2l} \right)^{2/3}$$

dengan coba-coba didapat :

$$l = 0.53$$

$$A = 1 \times 0.53 = 0.53 \text{ m}^2$$

$$P = 2(1 + 0.53) = 3.06 \text{ m}$$

$$R = \frac{0.53}{3.06} = 0.17 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0.012} \cdot 0.17^{2/3} \cdot 0.0158^{1/2} = 3.26 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$H = \left[1 + 0.5 + \frac{29 \cdot 0.012^2 \cdot 9.5}{0.17^{1.33}} \right] \frac{3.26^2}{2 \cdot 9.81} = 1.03 \text{ m}$$

$$d_2 = 1.25 + \frac{3.26^2}{2 \cdot 9.18} + (9.5 \cdot 0.0158) - 1.03 \\ = 0.91 \text{ m}$$

➤ Gorong-gorong di Jalan Kelapa Dua Entrop

Direncanakan :

$$Q = 3.26 \text{ m}^3/\text{dt} (Q_{SS1} + Q_{P.Kd.Ka})$$

$$C = 0.8 \text{ (persegi)}$$

$$H = 1.25 \text{ m}$$

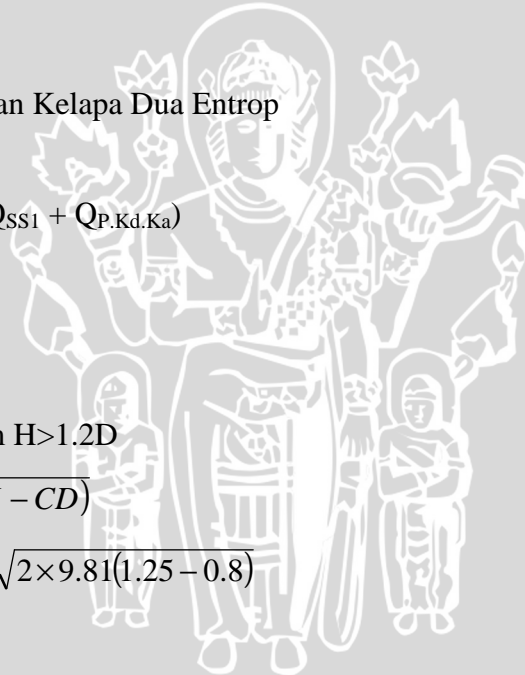
$$D = 1 \text{ m}$$

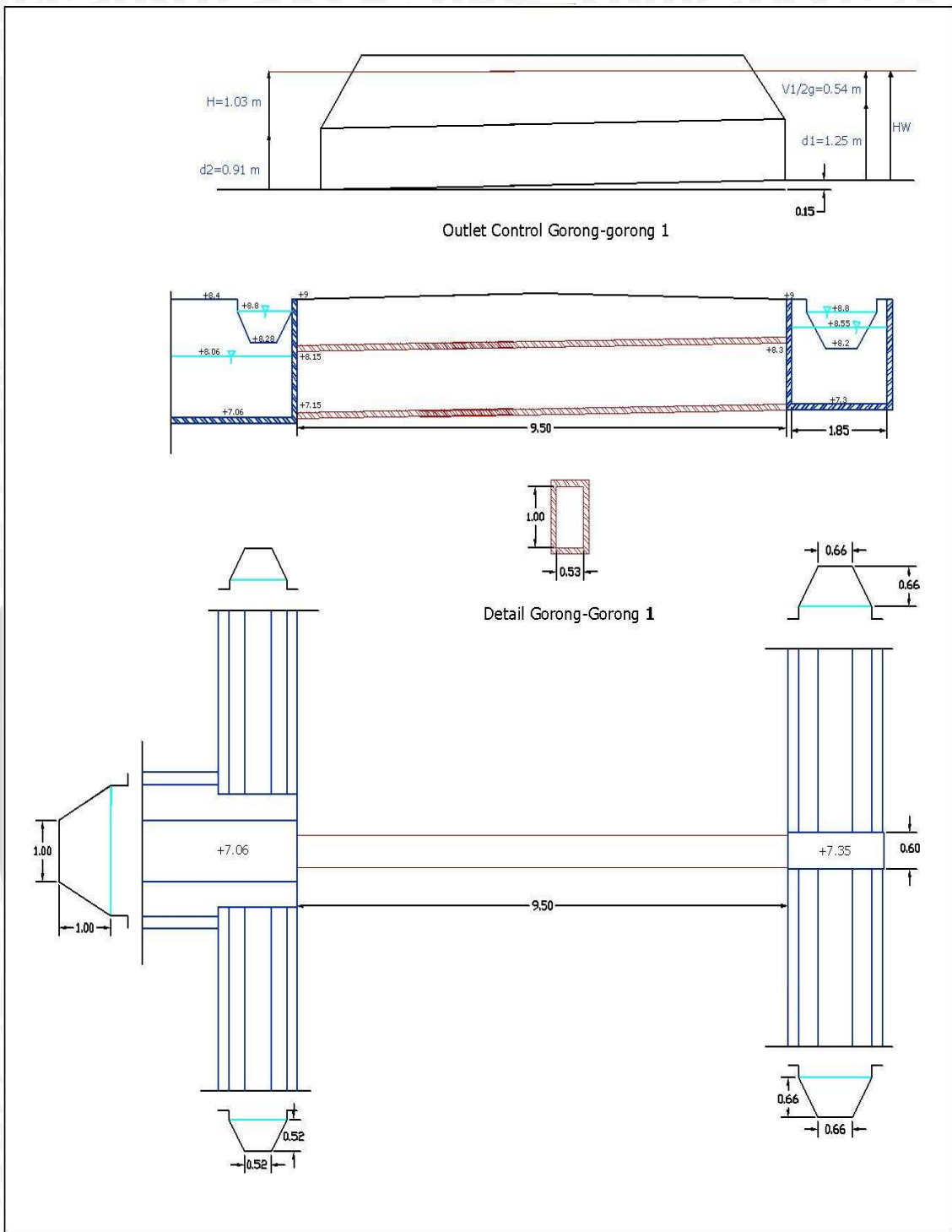
Pemasukan tenggelam $H > 1.2D$

$$Q = CBD\sqrt{2g(H - CD)}$$

$$3.26 = 0.8 \times B \times 1 \times \sqrt{2 \times 9.81(1.25 - 0.8)}$$

$$B = 1.37 \text{ m}$$





Gambar 4.16 Perencanaan Gorong-gorong 1



Gambar 4.17 Perencanaan Gorong-Gorong 2

4.6. Pasang Surut Air Laut

Pengamatan pasang surut dilakukan untuk mengetahui konstanta pasang surut, perambatan pasang surut dan besarnya harga pasang surut. Data yang didapat merupakan hasil pengamatan pasang surut selama 15 hari dengan interval pengamatan 1 jam mulai tanggal 27 september – 11 oktober 2001 di muara sungai Entrop.

Tabel 4.43 Data pasang surut hasil pengamatan

TGL	JAM																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
27-Sep	0.361	0.391	0.431	0.426	0.341	0.207	0.077	-0.049	-0.159	-0.229	-0.217	-0.129	0.001	0.166	0.301	0.381	0.401	0.361	0.311	0.256	0.191	0.146	0.167	0.212
28-Sep	0.246	0.276	0.316	0.311	0.226	0.092	-0.038	-0.164	-0.274	-0.344	-0.332	-0.244	-0.114	0.043	0.211	0.306	0.396	0.401	0.351	0.286	0.188	0.103	0.103	0.084
29-Sep	0.146	0.211	0.283	0.325	0.306	0.211	0.122	0.006	-0.144	-0.279	-0.364	-0.334	-0.224	-0.054	0.104	0.251	0.381	0.426	0.406	0.311	0.205	0.083	0.083	-0.008
30-Sep	0.069	0.159	0.245	0.299	0.361	0.334	0.286	0.148	-0.014	-0.184	-0.277	-0.334	-0.246	0.104	0.056	0.216	0.373	0.452	0.466	0.361	0.229	0.106	0.106	-0.054
1-Oct	-0.034	0.070	0.184	0.289	0.370	0.355	0.316	0.282	0.177	-0.011	-0.174	-0.251	-0.165	-0.114	0.046	0.211	0.369	0.455	0.499	0.419	0.301	0.174	0.174	-0.087
2-Oct	-0.106	-0.019	0.095	0.247	0.351	0.415	0.392	0.336	0.280	0.154	-0.029	-0.179	-0.119	-0.124	-0.001	0.181	0.296	0.405	0.474	0.458	0.359	0.187	0.187	-0.144
3-Oct	-0.214	-0.151	-0.046	0.048	0.206	0.366	0.406	0.346	0.276	0.166	0.054	-0.048	-0.144	-0.194	-0.091	0.105	0.234	0.385	0.456	0.451	0.326	0.181	0.181	-0.114
4-Oct	-0.254	-0.289	-0.234	-0.062	0.100	0.258	0.369	0.398	0.346	0.246	0.151	0.077	-0.004	-0.111	-0.146	0.054	0.209	0.342	0.450	0.480	0.384	0.256	0.256	-0.070
5-Oct	-0.262	-0.160	-0.334	-0.200	-0.044	0.108	0.273	0.361	0.381	0.321	0.216	0.085	-0.005	-0.019	0.021	0.081	0.184	0.256	0.421	0.456	0.413	0.306	0.306	-0.005
6-Oct	-0.174	-0.324	-0.343	-0.274	-0.145	0.016	0.161	0.316	0.403	0.391	0.319	0.217	0.150	0.126	0.120	0.131	0.211	0.291	0.413	0.477	0.485	0.413	0.413	0.111
7-Oct	-0.058	-0.184	-0.313	-0.389	-0.339	-0.194	-0.049	0.149	0.305	0.381	0.399	0.356	0.291	0.196	0.040	0.151	0.191	0.229	0.316	0.341	0.483	0.406	0.406	0.162
8-Oct	0.030	-0.132	-0.309	-0.388	-0.419	-0.321	-0.219	-0.047	0.136	0.283	0.366	0.383	0.351	0.296	0.230	0.191	0.181	0.226	0.299	0.393	0.449	0.446	0.446	0.256
9-Oct	0.104	-0.039	-0.175	-0.309	-0.346	-0.414	-0.304	-0.184	-0.014	0.172	0.289	0.361	-0.396	0.398	0.358	0.316	0.291	0.296	0.316	0.361	0.401	0.466	0.466	0.356
10-Oct	0.249	0.116	-0.035	-0.164	-0.304	-0.429	-0.414	-0.249	-0.174	-0.029	0.129	0.266	0.356	0.401	0.361	0.281	0.241	0.189	0.207	0.256	0.291	0.361	0.361	0.391
11-Oct	0.330	0.206	0.101	-0.046	-0.258	-0.349	-0.409	-0.384	-0.321	-0.184	-0.019	0.154	0.309	0.446	0.406	0.326	0.285	0.234	0.252	0.311	0.336	0.406	0.405	0.436

Sumber : Laporan Perencanaan Pengendalian Banjir Kota Jayapura 2004

Tabel 4.44 Konstanta Utama pasang surut di muara Sungai Entrop

	SO	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A	15.5	2.3	0.8	1.0	0.2	1.9	0.7	0.6	0.1	0.1
G	0.0	161.6	249.3	66.3	249.3	164.1	173.3	164.1	256	43.5

Sumber : Laporan Perencanaan Pengendalian Banjir Kota Jayapura 2004

Tabel 4.45 Besaran pasang surut muara Sungai Entrop

No	Kondisi Muka Air Laut	Elevasi Muka Air
1	Highest Water Level Spring (HWS)	0.57
2	Mean High Water Spring (MHWS)	0.48
3	Mean High Water Level (MHWL)	0.28
4	Mean Sea Level (MSL)	0.00
5	Mean Low Water Level (MLWL)	-0.26
6	Mean Low Water Spring (MLWS)	-0.35
7	Lowest Water Spring (LWS)	-0.69

Sumber : Laporan Perencanaan Pengendalian Banjir Kota Jayapura 2004

- Tipe Pasang Surut

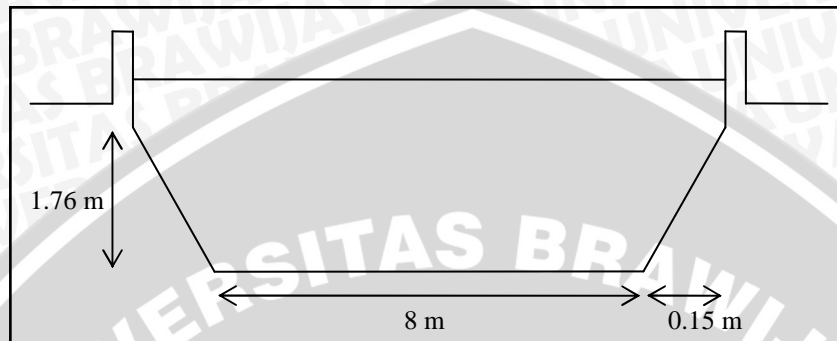
$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} = \frac{1.9 + 0.7}{2.3 + 15.5} = 0.146$$

$F = 0.146 < 0.25$, maka tipe pasang surut adalah pasang surut ganda (semi diurnal tides) yaitu dalam satu hari pasang surut (24 jam 52 menit) terjadi dua kali pasang dan dua kali surut.

4.6.1. Pengaruh Pasang Air Laut Pada Badan Sungai

Sungai Entrop 1 dan Entrop 2 masih dipengaruhi oleh pasang surut air laut oleh karena itu perlu diperhitungkan besarnya debit air laut yang masuk ke badan sungai untuk mengetahui kemampuan sungai dan pengaruhnya terhadap saluran drainase.

- Dimensi sungai :



- Perhitungan Debit air laut yang masuk ke badan Sungai Entrop 1

$$\text{HWS} = 0.57 \text{ m (h pasang)}$$

$$b = 8 \text{ m}$$

$$Z = 0.085$$

$$A = (b+zh)h \\ = (8 + (0.085 \cdot 0.57))0.57 = 4.58 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h\sqrt{1+Z^2} \\ = 8 + 2 \cdot 0.57\sqrt{1+0.085^2} = 9.14 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{4.58}{9.14} = 0.5 \text{ m}$$

$$n = 0.025 \text{ (pas.batukali)}$$

$$S = 0.000125$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\ = \frac{1}{0.025} \cdot 0.5^{2/3} \cdot 0.000125^{1/2} = 0.282 \text{ m/dt}$$

$$Q = A \times V \\ = 4.58 \times 0.282 = 1.29 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 4.46 Tinggi Muka Air dan Elevasi Tanggul Sungai

Entrop 1				
No	Jarak	Elv. Dasar	Muka Air	Elv. Tanggul
1	47.00	0.51	3.66	4.16
2	48.49	0.08	3.66	4.16
3	48.99	-0.09	3.65	4.15
4	48.50	-0.08	3.64	4.14
5	49.50	0.43	3.64	4.13
6	50.00	0.18	3.63	4.13
7	48.00	-0.45	3.63	4.13
8	20.46	0.09	3.62	4.12

Entrop 2				
No	Jarak	Elv. Dasar	Muka Air	Elv. Tanggul
1	0.00	0.30	3.20	3.44
2	55.00	0.23	3.14	3.38
3	56.48	0.18	3.03	3.53
4	46.20	0.01	2.28	2.78

Entrop				
No	Jarak	Elv. Dasar	Muka Air	Elv. Tanggul
1	0.00	0.01	2.28	2.78
2	43.20	0.04	3.46	2.91
3	59.49	-0.18	2.30	2.80
4	29.00	-0.95	1.89	2.39
5	35.50	-0.16	1.64	2.33
6	10.67	-0.62	1.56	2.06

Sumber : Laporan Perencanaan Pengendalian Banjir Kota Jayapura 2004

Tabel 4.47 TMA dan Elevasi Tanggul Sungai yang Dipengaruhi Pasang

Entrop 1					
N0	Muka Air Sungai	Muka Air Pasang	Muka Air total	Elv.Tanggul rencana	Elv. Tanggul existing
1	3.66	0.60	4.26	4.56	4.16
2	3.66	0.65	4.31	4.61	4.16
3	3.65	0.65	4.30	4.60	4.15
4	3.64	0.66	4.30	4.60	4.14
5	3.64	0.65	4.29	4.59	4.13
6	3.63	0.67	4.30	4.60	4.13
7	3.63	0.67	4.30	4.60	4.13
8	3.62	0.67	4.29	4.59	4.12

Entrop 2					
N0	Muka Air Sungai	Muka Air Pasang	Muka Air total	Elv.Tanggul rencana	Elv. Tanggul existing
1	3.20	0.39	3.59	3.89	3.44
2	3.14	0.51	3.65	3.95	3.38
3	3.03	0.53	3.56	3.86	3.53
4	2.28	0.53	2.81	3.11	2.78

Entrop					
N0	Muka Air Sungai	Muka Air Pasang	Muka Air total	Elv.Tanggul rencana	Elv. Tanggul existing
1	2.28	0.67	2.95	3.25	2.78
2	3.46	0.67	4.13	4.43	2.91
3	2.30	0.68	2.98	3.28	2.80
4	1.89	0.68	2.57	2.87	2.39
5	1.64	0.68	2.32	2.62	2.33
6	1.56	0.68	2.24	2.54	2.06

Sumber : Hasil Perhitungan

4.7. Pengendalian Genangan

Selain pendimensian kembali saluran drainase Entrop, diperlukan juga perencanaan untuk menangani genangan yang terjadi karena air dari saluran drainase tidak bisa disalurkan ke sungai dan air sungai yang masuk ke saluran drainase. Upaya perencanaan tersebut adalah dengan menaikkan hilir saluran P.Kd.Ka dan P.Kd.Ki

4.7.1. Menaikkan Hilir Saluran P.Kd.Ka dan P.Kd.Ki

Upaya pengendalian genangan di jalan Kelapa Dua Entrop adalah dengan menaikkan hilir saluran P.Kd.Ka dan P.Kd.Ki. Perencanaan ini akan membuat beberapa perubahan yaitu:

1. Menaikkan elevasi hilir saluran sebesar 1 m.
2. Menaikkan jembatan dan jalan sejauh ± 100 m.
3. Arah aliran akan berubah dan air dari saluran akan menuju ke saluran SS2 yang mengarah pada sungai entrop 2.
4. Memasang pintu klep otomatis di intake saluran untuk mencegah masuknya air sungai ke dalam saluran saat muka air sungai naik dan untuk menyalurkan air ke sungai saat muka air sungai turun.

Detail perencanaan menaikkan hilir saluran terdapat pada gambar 4.20

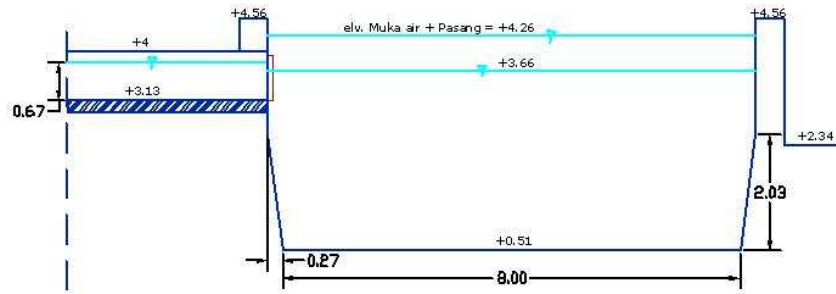
4.7.2. Perencanaan Pintu Klep

Pintu klep diperlukan untuk mencegah terjadinya back water pada saluran yang diakibatkan oleh naiknya permukaan air sungai sebagai dampak dari meningkatnya debit sungai dan pasang surut air laut di hilir sungai. Perencanaan Pintu klep adalah sebagai berikut:

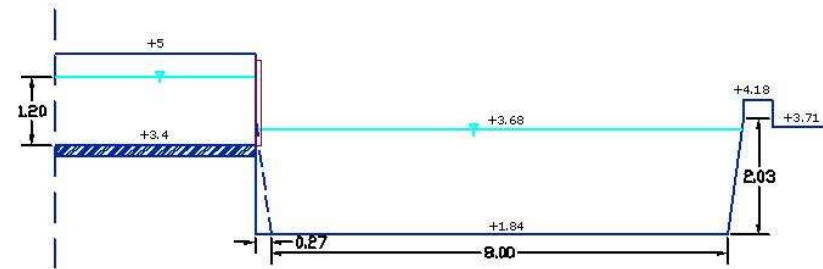
1. Pintu klep akan diletakkan pada hilir saluran

Saluran	Jumlah	Dimensi Pintu
P.Kd.Ka	1	FP – 800 800 mm x 800 mm
P.Kd.Ki	1	FP – 600 600 mm x 600 mm
S.Wa.Ka	1	FP – 1500 1500 mm x 1500 mm
SS2	3	FP – 1000 1000 mm x 1000 mm
	2	FP – 1500 1500 mm x 1500 mm

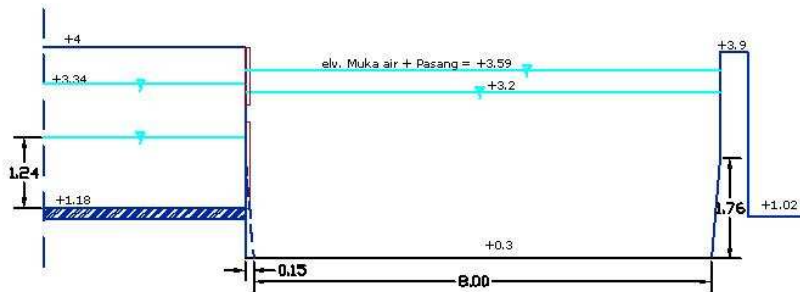
2. Dimensi pintu disesuaikan dengan dimensi saluran (Gambar 4.19). Jenis pintu klep dapat dilihat di lampiran.
3. Pintu klep terletak pada saluran di badan sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga memerlukan pintu yang terbuat dari bahan tahan korosi dengan sistem engsel yang baik dan sensitive terhadap perbedaan muka air hulu dan hilir. Spesifikasi pintu dapat dilihat pada lampiran.



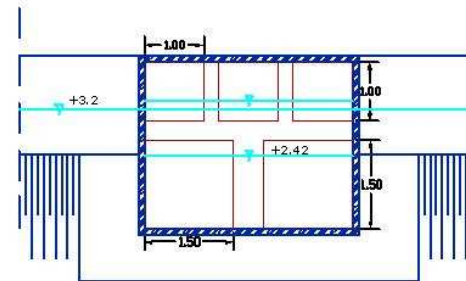
Pintu Klep pada Hilir Saluran P.Kd.Ka ke Sungai Entrop 1



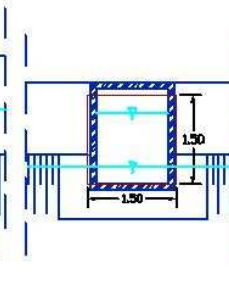
Hilir Saluran S.Wa.KI ke Sungai Entrop 1



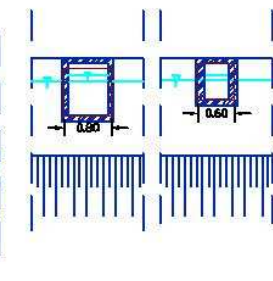
Saluran SS2 ke Sungai Entrop 2



Jumlah dan Dimensi Pintu Klep di saluran SS2



Dimensi Pintu Klep di hilir saluran S.Wa.KI



Dimensi Pintu Klep di hilir saluran P.Kd.Ka & P.Kd.KI

Gambar 4.19 Penampang Melintang Sungai Entrop 1 & 2 dan Saluran Drainase (dimensi baru)



Gambar 4.20 Pengendalian Banjir dengan menaikkan Jalan Kelapa 2 Entrop
di Bagian Hilir Saluran P.Kd.Ka dan P.Kd.Ki

4.8. Analisa Transpor Sedimen Pada Saluran

Maksud dari kajian ini adalah untuk menganalisa pengaruh erosi lahan sekitar saluran, sebagai material yang masuk ke saluran dan selanjutnya terbawa oleh aliran menuju hilir saluran dengan tujuan akhir mengetahui titik-titik pada sepanjang saluran yang mungkin rawan terjadi pengendapan. Dalam penyelesaiannya menggunakan alat Bantu yaitu program Hec-6, dengan pengerjaan dibagi menjadi 2 tahapan yaitu Saluran S.Wa.Ka dan S.Wa.Ki.

4.8.1. Analisa Transpor Sedimen Pada Saluran S.Wa.Ki

4.8.1.1. Masukkan Data Geometry Saluran pada Hec-6

Data Geometry yang dibutuhkan untuk menjalankan program Hec-6 diantaranya adalah sebagai berikut:

1. panjang saluran

Saluran S.Wa.Ki memiliki panjang saluran 1221.18 m, Dari hulu saluran sampai hilir saluran yang berakhir di sungai Entrop 1.

2. koordinat sepanjang saluran

masukan data koordinat adalah sebagai data yang akan diartikan oleh program sebagai slope saluran, jarak masing-masing penampang melintang saluran, dan dimensi masing-masing penampang melintang saluran.

3. kekasaran Manning (n)

Dikarenakan dalam perencanaan saluran drainase, seluruhnya dilapisi lapisan beton maka nilai n diambil sebesar 0.017, untuk talud kiri, talud kanan, dan dasar saluran.

4. elevasi dasar model

Yaitu, untuk menetapkan elevasi tertinggi sebagai batas kedalaman dari gerusan. Untuk kajian ini diambil pada elevasi dasar masing-masing penampang melintang saluran.

4.8.1.2. Masukkan Data Sedimen pada Hec-6

Data-data sediment yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. karakteristik sediment

karakteristik sediment berisikan tentang:

a. partikel sediment : silt, clay, sand

b. berat spesifik masing-masing partikel (Gs) : silt 2.17, clay 2.17, sand 2.17
(sumber : data bor lapangan)

c. berat satuan (γ) : silt 0.39 t/m³ atau 24.82 lb/ft², clay 24.82 lb/ft² sand 24.82 lb/ft² .(sumber : data bor lapangan)

2. debit air dan sediment

untuk menganalisa transport sediment pada saluran S.Wa.Ki menggunakan debit untuk saluran S.Wa.Ki yaitu: 4.33 m³/dt atau 153 cfs, dan debit sediment dengan satuan ton/hari adalah didapat dari perhitungan duga erosi pada tataguna lahan yang merupakan daerah layanan saluran S.Wa.Ki yaitu diketahui sebesar 638.8 ton/tahun atau 1.75 ton/hari.

4.8.1.3.Kondisi Batas pada Hec-6

Yaitu: debit saluran sebagai batas kondisi hulu saluran dan elevasi muka air bagian hilir saluran adalah sebagai batas kondisi hilir. Berturut-turut adalah Q = 153 cfs, elevasi muka air bagian hilir = 8.37 m atau 27.65 ft. Data berikutnya adalah temperature air, yaitu diambil sebesar 25⁰ C atau 77⁰ F.

4.8.1.4.Hasil Keluaran Pada Hec-6

Hasil keluaran Program Hec-6 disajikan pada tabel 4.49 sebagai berikut :

Tabel 4.49 Hasil Perhitungan Program HEC-6 Saluran S.Wa.Ki

Jarak (m)	No penampang	perubahan dasar (m)	elevasi m.a (m)	elevasi dasar 1 (m)	elevasi dasar 2 (m)
1221.92	113	0.00	117.64	116.40	116.40
1204.96	112	0.00	117.35	116.25	116.25
1204.96	111	0.00	116.19	115.55	115.55
1188.00	110	0.00	116.31	115.40	115.40
1172.82	109	0.00	116.37	115.27	115.27
1172.81	108	0.00	115.17	114.53	114.53
1157.63	107	0.00	115.27	114.40	114.40
1134.60	106	0.00	110.81	110.40	110.40
1134.60	105	0.00	109.85	109.48	109.48
1125.50	104	0.00	109.87	109.40	109.40
1125.50	103	0.00	108.89	108.48	108.48
1116.40	102	0.00	108.91	108.40	108.40
1116.40	101	0.00	107.92	107.48	107.48
1107.30	100	0.00	107.94	107.40	107.40
1081.21	99	0.00	103.82	103.40	103.40
1069.99	98	0.00	103.84	103.30	103.30
1069.99	97	0.00	102.88	102.42	102.42
1058.77	96	0.00	102.92	102.33	102.33
1058.77	95	0.00	101.94	101.45	101.45
1047.55	94	0.00	101.97	101.35	101.35
1047.55	93	0.00	100.97	100.47	100.47
1036.33	92	0.00	101.02	100.38	100.38
1036.33	91	0.00	100.01	99.50	99.50
1025.11	90	0.00	100.05	99.40	99.40
1025.11	89	0.00	98.81	98.31	98.31
1014.94	88	0.00	98.84	98.22	98.22
1014.94	87	0.00	97.61	97.13	97.13
1004.77	86	0.00	97.64	97.04	97.04
1004.76	85	0.00	96.42	95.94	95.94
994.59	84	0.00	96.45	95.85	95.85
994.59	83	0.00	95.23	94.76	94.76
984.42	82	0.00	95.26	94.67	94.67
984.42	81	0.00	94.05	93.58	93.58
974.25	80	0.00	94.08	93.49	93.49
974.25	79	0.00	92.87	92.40	92.40
964.08	78	0.00	92.9	92.31	92.31
964.08	77	0.00	91.69	91.22	91.22
953.91	76	0.00	91.72	91.13	91.13
953.91	75	0.00	90.51	90.04	90.04
943.74	74	0.00	90.54	89.95	89.95
943.74	73	0.00	89.32	88.85	88.85
933.57	72	0.00	89.35	88.76	88.76
933.57	71	0.00	88.14	87.67	87.67

Jarak (m)	No penampang	perubahan dasar (m)	elevasi m.a (m)	elevasi dasar 1 (m)	elevasi dasar 2 (m)
923.40	70	0.00	88.17	87.58	87.58
923.40	69	0.00	86.96	86.49	86.49
913.23	68	0.00	86.99	86.40	86.40
913.23	67	0.00	85.97	85.49	85.49
903.33	66	0.00	86.00	85.40	85.40
903.32	65	0.00	84.98	84.49	84.49
893.42	64	0.00	85.01	84.40	84.40
893.42	63	0.00	83.98	83.49	83.49
883.52	62	0.00	84.01	83.40	83.40
820.35	61	0.00	71.71	71.40	71.40
809.48	60	0.00	71.72	71.30	71.30
809.48	59	0.00	70.78	70.40	70.40
798.61	58	0.00	70.79	70.30	70.30
798.61	57	0.00	69.83	69.40	69.40
787.74	56	0.00	69.85	69.30	69.30
787.74	55	0.00	68.86	68.40	68.40
776.87	54	0.00	68.89	68.30	68.30
776.87	53	0.00	67.89	67.40	67.40
766.00	52	0.00	67.91	67.30	67.30
766.00	51	0.00	66.9	66.40	66.40
756.50	50	0.00	66.93	66.32	66.32
756.50	49	0.00	66.26	65.73	65.73
747.00	48	0.00	66.30	65.65	65.65
747.00	47	0.00	65.62	65.07	65.07
737.50	46	0.00	65.65	64.98	64.98
737.50	45	0.00	64.96	64.40	64.40
721.18	44	0.00	65.04	64.26	64.26
721.17	43	0.00	64.13	63.54	63.54
704.85	42	0.00	64.22	63.40	63.40
684.21	41	0.00	64.32	63.22	63.22
684.21	40	0.00	63.24	62.58	62.58
663.57	39	0.00	63.64	62.40	62.40
642.25	38	0.00	63.31	62.21	62.21
642.25	37	0.00	62.25	61.59	61.59
620.93	36	0.00	62.63	61.40	61.40
608.40	35	0.00	62.39	61.29	61.29
608.40	34	0.00	61.14	60.51	60.51
595.87	33	0.00	61.21	60.40	60.40
581.16	32	0.00	61.37	60.27	60.27
581.16	31	0.00	60.17	59.53	59.53
566.45	30	0.00	60.26	59.40	59.40
550.00	29	0.00	60.35	59.25	59.25
550.00	28	0.00	59.19	58.55	58.55
533.55	27	0.00	59.3	58.40	58.40
514.30	26	0.00	59.33	58.23	58.23
514.30	25	0.00	58.22	57.57	57.57
495.05	24	0.00	58.37	57.40	57.40
438.10	23	0.00	47.68	47.40	47.40
360.65	22	0.00	28.77	28.40	28.40
272.07	21	0.00	17.87	17.40	17.40
255.38	20	0.00	17.91	17.25	17.25
255.38	19	0.00	16.77	16.26	16.26
238.69	18	0.00	16.82	16.11	16.11
238.69	17	0.00	15.64	15.11	15.11
222.00	16	0.00	15.71	14.97	14.97
222.00	15	0.00	14.51	13.97	13.97
205.31	14	0.00	14.57	13.82	13.82
205.30	13	0.00	13.37	12.83	12.83
188.61	12	0.00	13.43	12.68	12.68
188.61	11	0.00	12.23	11.69	11.69
171.92	10	0.00	12.29	11.54	11.54
171.92	9	0.00	11.08	10.54	10.54
155.23	8	0.00	11.14	10.39	10.39
155.23	7	0.00	9.94	9.40	9.40
139.53	6	0.00	10	9.26	9.26
139.53	5	0.00	9.11	8.54	8.54
123.830	4	0.00	8.37	7.4	7.4
108.410	3	0.00	5.01	4.4	4.4
40.230	2	0.00	4.93	3.75	3.75
0.000	1	0.00	4.86	3.4	3.4

dengan :

Jarak : jarak masing-masing penampang terhadap titik 0 (nol)

Perubahan dasar : perubahan dasar saluran setelah adanya aliran sediment (m)



- Elevasi m.a : elevasi muka air (m)
Elevasi dasar 1 : elevasi dasar saluran tanpa aliran sediment (m)
Elevasi dasar 2 : elevasi dasar saluran dengan aliran sediment (m)

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa material hasil erosi lahan, akan terbawa oleh aliran menuju hilir, dengan sepanjang saluran tidak terdapat kondisi adanya pengendapan.

4.8.2. Analisa Transpor Sedimen Pada Saluran S.Wa.Ka

4.8.2.1. Masukkan Data Geometry Saluran pada Hec-6

Data Geometry yang dibutuhkan untuk menjalankan program Hec-6 diantaranya adalah sebagai berikut:

1. panjang saluran

Saluran S.Wa.Ka memiliki panjang saluran 1246.2 m, yaitu berawal dari hulu saluran hingga sungai Entrop 1 sebagai hilirnya.

2. koordinat sepanjang saluran

3. kekasaran Manning (n)

Dikarenakan dalam perencanaan saluran drainase, seluruhnya dilapisi lapisan beton maka nilai n diambil sebesar 0.017, untuk talud kiri, talud kanan, dan dasar saluran.

4. elevasi dasar model

Yaitu, untuk menetapkan elevasi tertinggi sebagai batas kedalaman dari gerusan. Untuk kajian ini diambil pada elevasi dasar masing-masing penampang melintang saluran.

4.8.2.2. Masukkan Data Sedimen pada Hec-6

Data-data sediment yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. karakteristik sediment

adalah sama dengan karakteristik sediment untuk S.Wa.Ki

2. debit air dan sediment

untuk menganalisa transport sediment pada saluran S.Wa.Ka menggunakan debit untuk saluran S.Wa.Ka yaitu: $4.33 \text{ m}^3/\text{dt}$ atau 153 cfs, dan debit sediment dengan satuan ton/hari adalah didapat dari perhitungan duga erosi pada tataguna lahan yang merupakan daerah layanan saluran S.Wa.Ka yaitu diketahui 638.8 ton/tahun atau 1.75 ton/hari.

4.8.2.3. Kondisi Batas pada Hec-6

Yaitu: debit saluran sebagai batas kondisi hulu saluran dan elevasi muka air bagian hilir saluran adalah sebagai batas kondisi hilir. Berturut-turut adalah $Q = 153 \text{ cfs}$,

elevasi muka air bagian hilir = 4.86m atau 15.98 ft Data berikutnya adalah temperature air, yaitu diambil sebesar 25⁰ C atau 77⁰ F.

4.8.2.4. Hasil Keluaran Pada Hec-6

Hasil keluaran Program Hec-6 disajikan pada tabel 4.38 sebagai berikut :

Tabel 4.50 Hasil Perhitungan Program HEC-6 Saluran S.Wa.Ka

Jarak (m)	No penampang	perubahan dasar (m)	elevasi m.a (m)	elevasi dasar 1 (m)	elevasi dasar 2 (m)
1246.397	76	0.00	117.64	116.4	116.4
1232.637	75	0.00	117.38	116.28	116.28
1232.636	74	0.00	116.15	115.52	115.52
1218.876	73	0.00	116.24	115.4	115.4
1207.186	72	0.00	116.4	115.3	115.3
1207.185	71	0.00	115.12	114.5	114.5
1195.495	70	0.00	115.2	114.4	114.4
1177.555	69	0.00	110.8	110.4	110.4
1156.835	68	0.00	107.81	107.4	107.4
1129.245	67	0.00	103.81	103.4	103.4
1129.244	66	0.00	102.89	102.52	102.52
1115.224	65	0.00	102.92	102.4	102.4
1115.223	64	0.00	101.97	101.52	101.52
1101.203	63	0.00	102.01	101.4	101.4
1101.202	62	0.00	101.02	100.52	100.52
1087.182	61	0.00	101.07	100.4	100.4
1087.181	60	0.00	100.04	99.52	99.52
1073.161	59	0.00	100.1	99.4	99.4
958.181	58	0.00	87.5	86.4	86.4
928.851	57	0.00	83.86	83.4	83.4
803.951	56	0.00	66.8	66.4	66.4
794.871	55	0.00	66.83	66.33	66.33
794.870	54	0.00	66.2	65.74	65.74
785.790	53	0.00	66.22	65.66	65.66
785.789	52	0.00	65.57	65.07	65.07
776.709	51	0.00	65.6	64.99	64.99
776.708	50	0.00	64.92	64.4	64.4
767.698	49	0.00	64.96	64.32	64.32
767.697	48	0.00	64.51	63.94	63.94
758.687	47	0.00	64.55	63.86	63.86
758.686	46	0.00	64.08	63.48	63.48
749.676	45	0.00	64.13	63.4	63.4
731.146	44	0.00	64.29	63.23	63.23
731.145	43	0.00	63.21	62.56	62.56
712.615	42	0.00	63.35	62.4	62.4
692.845	41	0.00	63.32	62.22	62.22
692.844	40	0.00	62.23	61.57	61.57
673.074	39	0.00	62.65	61.4	61.4
657.494	38	0.00	62.37	61.27	61.27
657.493	37	0.00	61.18	60.54	60.54
641.913	36	0.00	61.27	60.4	60.4
622.483	35	0.00	61.33	60.23	60.23
622.482	34	0.00	60.22	59.57	59.57
603.052	33	0.00	60.65	59.4	59.4
586.592	32	0.00	60.36	59.26	59.26
586.591	31	0.00	59.19	58.55	58.55
570.131	30	0.00	59.29	58.4	58.4
547.591	29	0.00	59.3	58.2	58.2
547.590	28	0.00	58.27	57.6	57.6
525.050	27	0.00	58.49	57.4	57.4
441.740	26	0.00	47.69	47.4	47.4
354.880	25	0.00	28.79	28.4	28.4
251.900	24	0.00	17.9	17.4	17.4
251.899	23	0.00	16.93	16.5	16.5
240.219	22	0.00	16.96	16.4	16.4
240.218	21	0.00	15.97	15.5	15.5

Jarak (m)	No penampang	perubahan dasar (m)	elevasi m.a (m)	elevasi dasar 1 (m)	elevasi dasar 2 (m)
228.538	20	0.00	16.01	15.4	15.4
228.537	19	0.00	14.99	14.5	14.5
216.857	18	0.00	15.04	14.4	14.4
216.856	17	0.00	14.01	13.5	13.5
205.176	16	0.00	14.05	13.4	13.4
205.175	15	0.00	13.01	12.5	12.5
193.495	14	0.00	13.06	12.4	12.4
193.494	13	0.00	12.02	11.5	11.5
181.814	12	0.00	12.06	11.4	11.4
181.813	11	0.00	11.02	10.5	10.5
170.133	10	0.00	11.07	10.4	10.4
170.132	9	0.00	10.02	9.5	9.5
158.452	8	0.00	10.07	9.4	9.4
158.451	7	0.00	9.02	8.5	8.5
146.771	6	0.00	9.07	8.4	8.4
146.770	5	0.00	8.02	7.5	7.5
135.090	4	0.00	8.37	7.4	7.4
108.410	3	0.00	5.01	4.4	4.4
40.230	2	0.00	4.93	3.75	3.75
0.000	1	0.00	4.86	3.4	3.4

dengan :

Jarak : jarak masing-masing penampang terhadap titik 0 (nol)

Perubahan dasar : perubahan dasar saluran setelah adanya aliran sediment (m)

Elevasi m.a : elevasi muka air (m)

Elevasi dasar 1 : elevasi dasar saluran tanpa aliran sediment (m)

Elevasi dasar 2 : elevasi dasar saluran dengan aliran sediment (m)

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa material hasil erosi lahan, akan terbawa oleh aliran menuju hilir, dengan sepanjang saluran tidak terdapat kondisi adanya pengendapan.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil evaluasi kapasitas saluran drainase Entrop, diketahui dari 12 saluran terdapat 8 saluran yang tidak mampu untuk menampung debit banjir rencana dengan kala ulang 25 tahun. Oleh karena itu perlu adanya pendimensian kembali saluran.
2. Besar debit limpasan di lokasi studi dapat dilihat pada tabel berikut :

Saluran	Debit Eksisting m ³ /dt	Debit Limpasan m ³ /dt	Keterangan
P.En.Ka	1.18	1.73	tidak memenuhi
P.En.Ki	1.20	0.86	memenuhi
P.Kd.Ki	0.48	0.89	tidak memenuhi
P.Kd.Ka	0.20	0.33	tidak memenuhi
P.Ra.Ka	0.43	0.70	tidak memenuhi
P.Ra.Ki	0.25	0.42	tidak memenuhi
S.Ja.Ka	0.43	0.15	memenuhi
S.Ja.Ki	0.44	0.07	memenuhi
S.Wa.Ka	1.44	4.33	tidak memenuhi
S.Wa.Ki	1.44	4.33	tidak memenuhi
SS1	1.25	2.37	tidak memenuhi
SS2	4.31	4.34	memenuhi

3. Berdasarkan perhitungan rencana dimensi saluran drainase Entrop, maka didapat dimensi rencana yang baru seperti disajikan pada tabel dibawah ini.

Saluran	b/h	b (m)	h (m)	Z	slope	Terjunan (m)
P.En.Ka	1	0.66	0.66	0.577	0.008403	1.18, 0.87
P.En.Ki	1	0.52	0.52	0.577	0.007385	1, 0.5, 1.14, 1.33
P.Kd.Ki	1	0.41	0.41	0	0.016625	0.89, 0.95
P.Kd.Ka	1	0.67	0.67	0	0.008581	1.18, 1.26, 0.86, 0.73
P.Ra.Ka	1	0.59	0.59	0	0.010072	1.22, 1.17
P.Ra.Ki	1	0.55	0.55	0	0.006177	0.7
S.Ja.Ka	1	0.30	0.30	0	0.046625	0.97, 1.08, 1.05, 0.88
S.Ja.Ki	1	0.30	0.30	0	0.050919	0.5, 0.9
S.Wa.Ka	1	1.20	1.20	0	0.008812	0.9, 0.88, 0.78, 0.99
S.Wa.Ki	1	1.20	1.20	0	0.008812	0.9, 0.88, 0.78, 0.99
SS1	1	1.00	1.00	0.577	0.001745	0.44
SS2	1.75	3.50	2.00	0	0.003632	-

4. Adanya perubahan tataguna lahan dari kondisi asli yaitu daerah berumput dan hutan menjadi tanah kosong yang sebagian dibangun perumahan, mengakibatkan naiknya debit limpasan dan adanya sedimen yang masuk ke dalam saluran drainase.

Saluran	Erosi (ton/hari)	Limpasan (m ³ /dt)
S.Wa.Ka	1.75	4.33
S.Wa.Ki	1.75	4.33

5. Besarnya sedimen yang masuk ke dalam saluran drainase bisa menimbulkan pengendapan pada beberapa titik di sepanjang saluran. Oleh karena itu, saluran direncanakan tahan erosi dengan kecepatan minimum 2 m/dt.
6. Untuk mencegah terjadinya genangan di jalan Kelapa Dua Entrop, maka direncanakan solusi sebagai berikut:
1. Merubah arah aliran hilir saluran P.Kd.Ki dan P.Kd.Ka yang menuju ke S.Entrop 1 berubah ke S.Entrop 2 melalui saluran SS2. Upaya ini dilakukan dengan menaikkan hilir saluran setinggi 1 meter sepanjang ± 100 m.
 2. Memasang pintu klep di hilir saluran yang langsung menuju ke badan sungai untuk mencegah masuknya air sungai ke dalam saluran.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil kajian skripsi ini, diharapkan untuk setiap pembangunan perumahan dan perkantoran, terutama pada daerah perbukitan, perlu adanya kajian dampak lingkungan sekitarnya terutama daerah hilir. Salah satu penanganan yang mungkin dapat dilaksanakan untuk dampak adanya perubahan tataguna lahan ini adalah dengan membangun sumur resapan yang dapat berperan menggantikan fungsi dari lahan asli sebelumnya. Tetapi sebaiknya daerah perbukitan entrop tidak mengalami perubahan tataguna lahan yang dapat mengurangi daerah resapan dan meningkatkan erosi.

Untuk saluran yang mengalirkan sediment, meskipun sudah didesain tanpa pengendapan namun tidak menutup kemungkinan bahwa sediment akan bertambah besar dan melebihi kapasitas saluran. Oleh karena itu, perlu adanya tanggul penahan sediment di hulu saluran dan disepanjang saluran.

Kekurangan dan kendala-kendala dalam menyelesaikan skripsi ini dapat menjadikan suatu pertimbangan lebih lanjut mengenai aturan-aturan dalam pendirian bangunan seperti pemetaan kembali daerah kawasan.