

Tabel 4.8.	Mengurutkan data dari besar ke kecil	IV-10
Tabel 4.9.	Perhitungan nilai X^2h <i>Chi-Square test</i> sebaran distribusi <i>Gumbel</i>	IV-11
Tabel 4.10.	Perhitungan Dmax <i>Smirnov-Kolmogorov</i> sebaran distribus <i>Gumbel</i>	IV-12
Tabel 4.11.	Mengurutkan data dari besar ke kecil	IV-12
Tabel 4.12.	Perhitungan nilai X^2h <i>Chi-Square test</i> sebaran distribusi <i>Log person type III</i>	IV-13
Tabel 4.13.	Perhitungan Dmax <i>Smirnov-Kolmogorov</i> sebaran distribus <i>Log person type III</i>	IV-14
Tabel 4.14.	Perhitungan curah hujan rancangan maksimum periode hujan dengan kala ulang	IV-16
Tabel 4.15.	Perhitungan intensitas curah hujan selama 5 jam	IV-18
Tabel 4.16.	Perhitungan curah hujan efektif selama 5 jam	IV-18
Tabel 4.17.	Perhitungan kurva naik (Q_n)	IV-20
Tabel 4.18.	Perhitungan kurva turun 1(Q_{r1})	IV-20
Tabel 4.19.	Perhitungan kurva turun 2 (Q_{r2})	IV-20
Tabel 4.20.	Perhitungan kurva turun 3 (Q_{r3})	IV-21
Tabel 4.21.	Ordinat unit hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Nakayasu</i>	IV-21
Tabel 4.22.	Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Nakayasu</i> banjir periode hujan dengan kala ulang 2 tahun	IV-22
Tabel 4.23.	Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Nakayasu</i> banjir periode hujan dengan kala ulang 5 tahun	IV-23
Tabel 4.24.	Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Nakayasu</i> banjir periode hujan dengan kala ulang 10 tahun	IV-24
Tabel 4.25.	Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Nakayasu</i> banjir periode hujan dengan kala ulang 50 tahun	IV-25
Tabel 4.26.	Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Nakayasu</i> banjir periode hujan dengan kala ulang 100 tahun	IV-26
Tabel 4.27.	Rekap perhitungan unit hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Nakayasu</i> banjir rancangan	IV-27
Tabel 4.28.	Ordinat unit hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Snyder</i>	IV-29
Tabel 4.29.	Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Snyder</i> banjir periode hujan dengan kala ulang 2 tahun	IV-30
Tabel 4.30.	Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Snyder</i> banjir periode	

	hujan dengan kala ulang 5 tahun	IV-31
Tabel 4.31.	Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Snyder</i> banjir periode hujan dengan kala ulang 10 tahun	IV-32
Tabel 4.32.	Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Snyder</i> banjir periode hujan dengan kala ulang 50 tahun	IV-33
Tabel 4.33.	Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Snyder</i> banjir periode hujan dengan kala ulang 100 tahun	IV-34
Tabel 4.34.	Rekap perhitungan unit hidrograf satuan sintetis (HSS) <i>Snyder</i> banjir rancangan.....	IV-35
Tabel 4.35.	Rekap perhitungan unit hidrograf satuan sintetis (HSS) Nakayasu dan <i>Snyder</i> banjir rancangan.....	IV-36
Tabel 4.36.	Data tutupan lahan DAS Manikin	IV-37
Tabel 4.37.	Data kelas lereng DAS Manikin	IV-38
Tabel 4.38.	Data elevasi (ketinggian) DAS Manikin	IV-38
Tabel 4.39.	Data wilayah administrasi DAS Manikin	IV-38
Tabel 4.40.	Nilai faktor lereng untuk beberapa kombinasi kemiringan dan panjang lereng	IV-39
Tabel 4.41.	Nilai faktor lereng untuk beberapa kombinasi kemiringan dan panjang lereng DAS Manikin	IV-39
Tabel 4.42.	Faktor erodibilitas tanah berdasarkan tekstur tanah	IV-39
Tabel 4.43.	Penentuan indeks pengelolaan tanaman (C)	IV-40
Tabel 4.44.	Rekap erosi lahan DAS Manikin	IV-42
Tabel 4.45.	Nilai (T) yang ditoleransikan untuk erosi lahan	IV-43
Tabel 4.46.	Rekap hasil perhitungan analisa angkutan sedimen DAS Manikin.....	IV-45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Letak Kondisi Muara Manikin Tahun 2006	I-2
Gambar 1.2. Letak Kondisi Muara Manikin Tahun 2015	I-2
Gambar 1.3. Pembelokan alur muara	I-3
Gambar 1.4. Tumpukan sedimen	I-3
Gambar 1.5. Penutupan muara sungai	I-3
Gambar 1.6. Gerusan lahan warga	I-3
Gambar 2.1. Unit hidrograf satuan sintetis <i>Nakaysu</i>	II-14
Gambar 2.2. Unit hidrograf satuan sintetis <i>Snyder</i>	II-17
Gambar 3.1. Diagram alir	III-3
Gambar 4.1. Peta lokasi penelitian	IV-1
Gambar 4.2. Pembelokan alur muara	IV-2
Gambar 4.3. Gerusan lahan warga	IV-2
Gambar 4.4. Penutupan muara	IV-3
Gambar 4.5. Tumpukan sedimen	IV-3
Gambar 4.6. Sampel pada titik P_1	IV-4
Gambar 4.7. Sampel pada titik P_2	IV-4
Gambar 4.8. Sampel pada titik P_3	IV-4
Gambar 4.9. Pengukuran elevasi muara	IV-5
Gambar 4.10. Grafik hujan rancangan <i>Log person type III</i>	IV-17
Gambar 4.11. Grafik intensitas curah hujan (5 jam)	IV-18
Gambar 4.12. Grafik curah hujan efektif (5 jam)	IV-19
Gambar 4.13. Unit hidrograf banjir HSS <i>Nakaysu</i> Periode hujan dengan kala ulang 2 tahun	IV-22
Gambar 4.14. Unit hidrograf banjir HSS <i>Nakaysu</i> Periode hujan dengan kala ulang 5 tahun	IV-23
Gambar 4.15. Unit hidrograf banjir HSS <i>Nakaysu</i> Periode hujan dengan kala ulang 10 tahun	IV-24
Gambar 4.16. Unit hidrograf banjir HSS <i>Nakaysu</i> Periode hujan dengan kala ulang 50 tahun	IV-25
Gambar 4.17. Unit hidrograf banjir HSS <i>Nakaysu</i> Periode hujan dengan kala ulang 100 tahun	IV-26
Gambar 4.18. Gabungan unit hidrograf banjir HSS <i>Nakaysu</i>	IV-27

Gambar 4.19.	Unit hidrograf banjir HSS <i>Snyder</i> periode hujan dengan kala ulang 2 tahun	IV-30
Gambar 4.20.	Unit hidrograf banjir HSS <i>Snyder</i> periode hujan dengan kala ulang 5 tahun	IV-31
Gambar 4.21.	Unit hidrograf banjir HSS <i>Snyder</i> periode hujan dengan kala ulang 10 tahun	IV-32
Gambar 4.22.	Unit hidrograf banjir HSS <i>Snyder</i> periode hujan dengan kala ulang 50 tahun	IV-33
Gambar 4.23.	Unit hidrograf banjir HSS <i>Snyder</i> periode hujan dengan kala ulang 100 tahun	IV-34
Gambar 4.24.	Gabungan unit hidrograf banjir HSS <i>Snyder</i>	IV-35
Gambar 4.25.	Grafik erosi lahan	IV-42
Gambar 4.26.	Grafik angkutan sedimen	IV-45

ABSTRAKSI

ANALISA DAN PREDIKSI JUMLAH ANGKUTAN SEDIMEN DAS MANIKIN BERDASARKAN DEBIT BANJIR DAN EROSI LAHAN

Oleh :

Vinsensius Taninas¹

Agustinus Haryanto Pattiraja, ST., MT²

Erosi merupakan proses alamiah yang tidak bisa atau sulit dihilangkan sama sekali atau tingkat erosinya nol, khususnya untuk lahan - lahan yang diusahakan untuk pertanian. Tindakan yang dapat dilakukan adalah mengusahakan supaya erosi yang terjadi masih di bawah ambang batas yang maksimum (*soil loss tolerance*), yaitu besarnya erosi tidak melebihi laju pembentukan tanah (Suripin, 2001).

kondisi daerah hilir sungai Manikin yang terletak di Kelurahan Tarus, Kecamatan Kupang Tengah Kabupaten Kupang dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2015 dalam perkembangannya telah mengalami perubahan akibat erosi lahan dan debit banjir yang membawa hasil erosi berupa sedimen pada saat musim penghujan dari arah sungai mampu menimbulkan permasalahan – permasalahan seperti pendangkalan mulut muara yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas penampang sungai untuk mengalirkan debit banjir, genangan di daerah sebelah hilir muara, penyempitan, penumpukan sampah, pembelokan alur sungai, gerusan aliran sungai juga menimbulkan kerusakan pada tebing, merusak vegetasi disekitar muara dan pengikisan lahan milik warga atau pemukiman.

Hasil analisa unit hidrograf banjir rancangan *Nakaysu* DAS Manikin periode hujan dengan kala ulang 2 tahun (Q_2) = 57,665 m³/dtk, 5 tahun (Q_5) = 81,224 m³/dtk, 10 tahun (Q_{10}) = 102,006 m³/dtk, 50 tahun (Q_{50}) = 168,949 m³/dtk dan 100 tahun (Q_{100}) = 209,246 m³/dtk. Sedangkan hasil analisa erosi metode *Musle* periode 2 tahun (A) = 2,539 ton/ha/thn, 5 tahun (A) = 3,718 ton/ha/thn, 10 tahun (A) = 5,416 ton/h/thn, 50 tahun (A) = 8,342 ton/ha/thn dan 100 tahun (A) = 10,551 ton/ha/thn dapat menyebabkan angkutan sedimen periode ulang 2 tahun (SY) = 0,251 ton/ha/thn, 5 tahun (SY) = 0,368 ton/ha/thn, 10 tahun (SY) = 0,474 ton/ha/thn, 50 tahun (SY) = 0,826 ton/ha/thn dan 100 tahun (SY) = 1,045 ton/ha/thn

Kata kunci: Erosi, Debit banjir, Angkutan sedimen

Keterangan:

¹ Mahasiswa

² Pembimbing 2

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan satu kesatuan ekosistem yang unsur-unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam tanah, air dan vegetasi serta sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya alam tersebut. DAS di beberapa tempat di Indonesia memikul beban amat berat sehubungan dengan tingkat kepadatan penduduknya yang sangat tinggi dan pemanfaatan sumberdaya alamnya yang intensif sehingga terdapat indikasi belakangan ini bahwa kondisi DAS semakin menurun dengan meningkatnya kejadian tanah longsor, erosi dan sedimen, banjir, dan kekeringan. Disisi lain tuntutan terhadap kemampuannya dalam menunjang sistem kehidupan, baik masyarakat di bagian hulu maupun hilir demikian besarnya (Susanto, 2012).

Erosi merupakan proses alamiah yang tidak bisa atau sulit dihilangkan sama sekali atau tingkat erosinya nol, khususnya untuk lahan - lahan yang diusahakan untuk pertanian. Tindakan yang dapat dilakukan adalah mengusahakan supaya erosi yang terjadi masih di bawah ambang batas yang maksimum (*soil loss tolerance*), yaitu besarnya erosi tidak melebihi laju pembentukan tanah (Suripin, 2001). Erosi yang disebabkan oleh aktivitas manusia umumnya disebabkan oleh adanya penggundulan hutan, kegiatan pertambangan, perkebunan, dan perladangan (Suriawiria, 2003). Proses alam yang menyebabkan terjadinya erosi merupakan karena faktor curah hujan, tekstur tanah, tingkat kemiringan dan tutupan tanah. Intensitas curah hujan yang tinggi di suatu lokasi yang tekstur tanahnya merupakan sedimen, misalnya pasir serta letak tanahnya juga agak curam menimbulkan tingkat erosi yang tinggi.

Hujan merupakan salah satu faktor utama penyebab terjadinya erosi tanah. tetesan air hujan merupakan media utama pelepasan partikel tanah. Pada saat butiran air hujan mengenai permukaan tanah yang gundul, partikel tanah dapat terlepas dan terlempar sampai beberapa sentimeter ke udara. Pada lahan datar partikel-partikel tanah tersebar lebih kurang merata ke segala arah, tapi untuk lahan miring terjadi dominasi ke arah bawah searah lereng.

Bencana banjir yang terjadi di beberapa wilayah dirasakan semakin meningkat. Salah satu penyebab terjadinya banjir adalah karena tidak lancarnya aliran air sungai

akibat pendangkalan dan sedimen di bagian hilir. Sungai Manikin yang terletak di Kelurahan Tarus Kabupaten Kupang, yang mengalami persoalan serius di bagian muara karena proses sedimen yang terjadi. Pendangkalan yang terjadi di muara sungai Manikin ini menimbulkan penggenangan air dan menurunkan fungsinya sebagai saluran drainase, akibatnya terjadi pembelokan alur sungai, penumpukan sampah penutupan muara sungai. dan gerusan pada lahan warga, muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran/ pembuangan debit sungai, terutama pada waktu banjir ke laut. Karena letaknya yang berada di ujung hilir, maka debit aliran di muara adalah lebih besar dibandingkan pada tampang sungai di sebelah hulu.



Gambar 1.1. Letak Kondisi Muara Manikin Tahun 2006

Sumber : Google Earth, 2006



Gambar 1.2. Letak Kondisi Muara Manikin Tahun 2015

Sumber : Google Earth, 2015

Berdasarkan data yang di dapat dari google earth dan pengamatan langsung dilapangan tentang kondisi daerah hilir sungai Manikin yang terletak di Kelurahan Tarus, Kecamatan Kupang Tengah Kabupaten Kupang dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2015 dalam perkembangannya telah mengalami perubahan akibat erosi lahan dan debit banjir yang membawa hasil erosi berupa sedimen pada saat musim penghujan dari arah sungai mampu menimbulkan permasalahan – permasalahan seperti pendangkalan mulut muara yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas penampang sungai untuk mengalirkan debit banjir, genangan di daerah sebelah hilir muara, penyempitan, penumpukan sampah, pembelokan alur sungai, gerusan aliran sungai juga menimbulkan kerusakan pada tebing, merusak vegetasi disekitar muara dan pengikisan lahan milik warga atau pemukiman , hal ini dapat dilihat pada hasil dokumentasi 2017 dibawah ini ;



Gambar 1.3. Pembelokan alur muara
Sumber : Dokumentasi, 2017



Gambar 1.4. Tumpukan sedimen
Sumber : Dokumentasi, 2017



Gambar 1.5. Penutupan muara
Sumber : Dokumentasi, 2017



Gambar 1.6. Gerusan lahan warga
Sumber : Dokumentasi, 2017

Pendugaan erosi lahan maupun angkutan sedimen dan teknik konservasi lahan sangat diperlukan dalam pengelolaan DAS sehingga pemanfaatan DAS dapat diberdayakan secara optimal dengan tetap menjaga kondisi DAS demi kebaikan di masa mendatang. Hal ini dapat terjadi jika segera dilakukan analisa angkutan sedimen pada DAS akibat erosi lahan yang tepat yaitu pengelolaan yang mempertimbangkan aspek tindakan konservasi lahan dan hidrologi. Untuk mengatasi permasalahan ini perlu dilakukan penelitian dengan judul **“ANALISA DAN PREDIKSI JUMLAH ANGKUTAN SEDIMEN DAS MANIKIN BERDASARKAN DEBIT BANJIR DAN EROSI LAHAN”** . Dalam penelitian ini lebih difokuskan untuk analisa debit banjir dengan periode hujan dengan kala ulang 2 tahun 5 tahun dan 10 tahun, 50 tahun, 100 tahun, besarnya erosi lahan dan angkutan sedimen menggunakan metode *Musle*

1.2. Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Berapa besar debit banjir yang terjadi pada DAS Manikin periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun ?
2. Berapa besar erosi lahan DAS Manikin periode kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun?
3. Berapa besar angkutan sedimen DAS Manikin periode kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini :

1. Mengetahui besarnya debit banjir yang terjadi pada DAS Manikin periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun ?
2. Mengetahui besarnya erosi lahan DAS Manikin periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun ?
3. Mengetahui besarnya angkutan sedimen DAS Manikin periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun ?

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang ada, maka manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai informasi dan bahan referensi bagi instansi pemerintah maupun instansi swasta tentang erosi lahan dan angkutan sedimen pada DAS

2. Sebagai masukan dan referensi bagi penulis lain yang tertarik permasalahan erosi lahan dan angkutan sedimen

1.5. Batasan Masalah

Untuk lebih mengarah pada sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini maka diberikan batasan - batasan masalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian DAS Manikin yang terletak di Kelurahan Tarus, Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang.
2. Mengetahui besarnya debit banjir DAS Manikin dengan periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun
3. Mengetahui besarnya erosi lahan dan angkutan sedimen DAS Manikin periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun

1.6. Keterkaitan Penelitian

Pada penelitian ini ada keterkaitan dengan penelitian terdahulu karena metode yang digunakan sama dengan metode yang digunakan peneliti terdahulu.

Tabel 1.1. Keterkaitan Dengan Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Judul	Persamaan	Perbedaan
1.	Dezanto Peo Gambe, Daniel (2009)	Analisis Jumlah Sedimen dan Alternatif Pengendaliannya (Studi Kasus Pada Pantai Manikin)	Lokasi yang ditinjau sama	Pada penelitian ini difokuskan pada permasalahan sedimen di pantai serta memberikan alternatif pengendalian sedimen
2.	Sofa, Theodorus (2010)	Identifikasi Faktor Penyebab Penutupan Muara Sungai (Studi Kasus Pada Muara Manikin)	Lokasi yang ditinjau sama	Pada penelitian ini difokuskan pada permasalahan sedimentasi di Muara dan Pantai Manikin serta memberikan alternatif pengendalian sedimen
3.	Ratu Koten, Fransiskus (2008)	Analisa muara pantai Paradiso Oesapa Barat Kota Kupang	Lokasi yang ditinjau tidak sama	Pada penelitian ini difokuskan pada kerusakan pada muara dan persoalan ROB

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Sehubungan dengan permasalahan yang dihadapi sesuai dengan penjelasan dalam latar belakang dan tujuan penulisan pada Bab I, maka dalam Bab II ini akan dijelaskan secara umum beberapa teori yang berkaitan dengan analisa curah hujan, erosi lahan dan angkutan sedimen, tingkat bahaya erosi (TBE)

2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Salah satu elemen terpenting dari sistem tata air dalam konsep hidrologi adalah daerah aliran sungai (DAS). DAS merupakan satu kesatuan sistem yang mentransformasikan hujan menjadi aliran dengan berbagai sifatnya (Tunas, 2005). Menurut Undang - undang No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak - anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Sungai atau aliran sungai sebagai komponen utama DAS didefinisikan sebagai suatu jumlah air yang mengalir sepanjang lintasan di darat menuju ke laut sehingga sungai merupakan suatu lintasan dimana air yang berasal dari hulu bergabung menuju ke satu arah yaitu hilir (muara). Sungai merupakan bagian dari siklus hidrologi yang terdiri dari beberapa proses yaitu evaporasi atau penguapan air, kondensasi dan presipitasi (Haslam, 1992 dalam Arini, 2005). Gangguan terhadap salah satu komponen ekosistem akan dirasakan oleh komponen lainnya dengan sifat dampak yang berantai. Keseimbangan ekosistem akan terjamin apabila kondisi hubungan timbal balik antar komponen berjalan dengan baik dan optimal (Arini, 2005). Daerah aliran sungai (DAS) terbagi atas daerah hulu, tengah dan hilir. Secara biogeofisik, daerah hulu, tengah dan hilir dicirikan oleh hal-hal sebagai berikut (Asdak, 2002) :

1. Daerah hulu dicirikan sebagai daerah konservasi, memiliki kerapatan drainase tinggi, kemiringan lereng besar ($> 15\%$), bukan merupakan daerah banjir, pemakaian air ditentukan oleh pola drainase dan jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan.

2. Daerah hilir dicirikan sebagai daerah pemanfaatan, memiliki kerapatan drainase kecil, kemiringan lereng sangat kecil ($< 8\%$), di beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan), pemakaian air ditentukan oleh bangun irigasi, jenis vegetasi didominasi oleh tanaman pertanian kecuali daerah estuaria yang didominasi oleh hutan bakau atau gambut.
3. Daerah tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik DAS yang berbeda antara hulu dan hilir. Asdak (2002) menyatakan bahwa beberapa aktivitas pengelolaan DAS yang diselenggarakan di daerah hulu seperti kegiatan pengelolaan lahan yang mendorong terjadinya erosi, pada gilirannya akan menimbulkan dampak di daerah hilir (dalam bentuk pendangkalan sungai atau saluran irigasi karena pengendapan sedimen yang berasal dari erosi di daerah hulu).

2.2.1. Morfologi Sungai

Morfologi sungai adalah ilmu yang mempelajari sifat, jenis dan perilaku sungai dengan semua aspek perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu. Gejala morfologi yang mempengaruhi sungai adalah :

1. Keadaan

Daerah aliran sungai, yang meliputi unsur topografi, vegetasi, geologi tanah dan penggunaan tanah yang berpengaruh terhadap koefisien rembesan pengaliran, sifat curah hujan serta keadaan hidrologi

2. Hidrologi di palung sungai

3. Material dasar saluran, tebing serta berubahnya alur aliran

4. Aktivitas manusia diantaranya :

- Dibangunnya prasarana air
- Pengambilan material dasar sungai, tebing sungai dan bantaran sungai
- Pembuangan material dan sampah ke sungai

5. Geometri dan Geoteknik Sungai

2.3. Analisa Hidrologi

Hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang berkaitan dengan air bumi, terjadinya peredaran dan agihannya, sifat - sifat kimia dan fisiknya, dan reaksinya dengan lingkungannya termasuk hubungannya dengan makhluk hidup (Seyhan,1990). Konsep dasar mengenai ilmu hidrologi sangat berkaitan dengan siklus hidrologi. Daur atau siklus hidrologi diberikan batasan sebagai tahapan - tahapan yang dilalui air dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer. Presipitasi dalam segala bentuk (salju, hujan batu es,

hujan dan lain - lain) jatuh ke atas vegetasi, batuan gundul, permukaan tanah, permukaan air dan saluran - saluran sungai (*presipitasi saluran*). Air yang jatuh pada vegetasi akan diintersepsi selama suatu waktu atau pun air akan secara langsung jatuh pada tanah (*through fall*), khususnya pada kasus hujan dengan intensitas tinggi dan lama. Sebagian besar presipitasi berevaporasi selama perjalanannya dari atmosfer dan sebagian pada permukaan tanah. Sebagian dari presipitasi yang membasahi permukaan tanah akan berinfiltrasi ke dalam tanah dan bergerak menurun sebagai perkolasi ke dalam mintakat jenuh di bawah muka air tanah. air ini secara perlahan berpindah melalui akifer ke saluran - saluran sungai.

Beberapa air yang berinfiltrasi bergerak menuju dasar sungai tanpa mencapai muka air tanah sebagai aliran bawah permukaan. Air yang berinfiltrasi juga memberikan kehidupan pada vegetasi sebagai lengas tanah. Beberapa dari lengas ini diambil oleh vegetasi dan transpirasi berlangsung dari stomata daun (Arini, 2005). Setelah bagian presipitasi yang pertama yang membasahi permukaan tanah dan berinfiltrasi, suatu selaput air yang tipis dibentuk permukaan tanah yang disebut detensi permukaan / lapis air. Selanjutnya detensi permukaan menjadi lebih tebal (lebih dalam) dan aliran air mulai dalam bentuk laminar. Dengan bertambahnya kecepatan aliran, aliran air menjadi turbulen (deras). Air yang mengalir disebut sebagai limpasan permukaan.

Selama perjalanannya menuju dasar sungai, bagian dari limpasan permukaan akan disimpan pada depresi permukaan yang disebut sebagai cadangan depresi. Akhirnya limpasan permukaan mencapai saluran sungai dan menambah debit sungai. Air pada sungai mungkin berevaporasi secara langsung ke atmosfer atau mengalir kembali ke dalam laut dan selanjutnya berevaporasi. Kemudian, air ini nampak kembali pada permukaan bumi sebagai presipitasi (Seyhan, 1990).

2.3.1 Analisa Curah Hujan Maksimum

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, informasi tentang curah hujan daerah yang menimbulkan limpasan permukaan/banjir pada sungai adalah informasi yang perlu dipertimbangkan dengan memperhatikan pengaruh limpasan - limpasan yang dimaksud dalam proses analisa sedimentasi di muara. Limpasan dapat diartikan sebagai air hujan yang turun dari atmosfer yang tidak ditangkap oleh vegetasi atau lapisan kedap air dan lapisan lainnya, yang jatuh di atas permukaan tanah dan sebagian akan menguap, terserap ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan tersimpan dalam cekungan – cekungan . Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan yaitu :

- a. Faktor - faktor meteorologi, berupa :

1. Jenis presipitasi yang berpengaruh secara langsung
2. Intensitas curah hujan
3. Lamanya curah hujan
4. Distribusi curah hujan dalam daerah pengaliran
- b. Faktor-faktor daerah pengaliran, terdiri dari :
 1. Kondisi penggunaan tanah (land use)
 2. Kondisi topografi dalam daerah pengaliran
 3. Jenis tanah
 4. Faktor-faktor lain yang memberikan pengaruh seperti jaringan sungai, adanya daerah pengaliran yang tidak langsung, drainase buatan, dan lain-lain.

2.3.2. Analisa Curah Hujan Rancangan Maksimum

Hujan rancangan maksimum dengan berbagai periode ulang diperoleh melalui suatu analisa data curah hujan dan akan digunakan untuk menentukan besaran debit banjir rencana dengan periode kala ulang tertentu. Hujan rancangan maksimum untuk menentukan debit banjir rencana adalah curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu berdasarkan data hujan selama 24 jam maksimum. Untuk perhitungan hujan maksimum rencana dapat menggunakan metode *Log Person Tipe III* (Sumber rumus: Soemarto, 1987) dan metode *Gumbel* (Sumber rumus: Soemarto, 1987 dan Suripin, 2003).

1. Metode *Log Person Tipe III*

Perhitungan curah hujan rencana dengan metode *Log Person Tipe III* adalah sebagai berikut :

- 1). Perhitungan logaritma curah hujan maksimum periode kala ulang ;

$$\log Xt = \bar{X} + k \cdot Sx \dots \dots \dots (2.1)$$

- 2). Perhitungan curah hujan rata-rata ($\log X_{\text{rerata}}$) ;

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log xi}{n} \dots \dots \dots (2.2)$$

- 3). Perhitungan standar deviasi (Sx) :

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n - 1}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

Sx = Standar deviasi
 $\bar{X}$ = Nilai rata-rata variasi
Xi = Nilai variasi ke-i
n = Jumlah data

2). Koefisien skewness / Kemencengan (Cs)

4). Perhitungan koefisien *skewness* digunakan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999);

$$Cs = \frac{n \sum_{i=2} n(Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sx^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Di mana :

Cs = Koefisien skewness
X = Curah hujan rata – rata (mm)
Xi = Curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)
n = jumlah data
Sx = standar deviasi

5). Perhitungan Koefisien kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=2} n(Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)Sx^4} \dots\dots\dots(2.5)$$

Di mana :

Cs = koefisien kurtosis
X = curah hujan rata – rata (mm)
Xi = curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)
n = jumlah data
Sx = standar deviasi

6). Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sx}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Di mana :

Cv = koefisien variasi
X = curah hujan rata – rata (mm)
Sx = standar deviasi

2). Metode *Gumbel*

Metode Gumbel diciptakan oleh *E.J. Gumble* pada tahun 1941. Dalam metode ini data yang diolah diasumsikan mempunyai sebaran tertentu yang disebut sebaran *Gumbel*. Langkah perhitungan curah hujan rancangan digunakan metode *Gumbel* (Suripin, 2003) sebagai berikut ;

1). Perhitungan curah hujan maksimum periode kala ulang ;

$$X_t = \bar{X} + k \cdot S_x \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

X_t = Curah hujan maksimum untuk periode t tahun (mm)

$\bar{X}$ = Curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)

k = Faktor Frekuensi

2). Perhitungan Curah hujan harian rata-rata (X_{rerata}) ;

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(2.8)$$

3). Perhitungan standar deviasi (S_x) ;

$$S_x = \left\{ \sum (X_i - \bar{X})^2 / (n - 1) \right\}^{0,5} \dots\dots\dots(2.9)$$

4). Perhitungan faktor frekuensi (K) ;

$$K = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \dots\dots\dots(2.10)$$

Y_t = hubungan antara kala ulang dengan faktor reduksi (lihat tabel 2.4)

Y_n = rata-rata tereduksi (lihat tabel 2.3)

S_n = simpangan baku tereduksi (lihat tabel 2.5)

n = jumlah tahun pengamatan

5). Perhitungan koefisien skewness / Kemencengan (C_s) Soemarto,1999 ;

$$C_s = \frac{n \sum_{i=2} n(X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_x^3} \dots\dots\dots(2.11)$$

Di mana :

C_s = koefisien skewness

X = curah hujan rata – rata (mm)

X_i = curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)

n = jumlah data

S_x = standar deviasi

6). Perhitungan Koefisien kurtosis (Ck) ;

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=2} n(X_i - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_x^4} \dots\dots\dots(2.12)$$

Di mana :

- Cs = koefisien kurtosis
- X = curah hujan rata – rata (mm)
- Xi = curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)
- n = jumlah data
- Sx = standar deviasi

7). Perhitungan Koefisien Variasi / keragaman (Cv) ;

$$Cv = \frac{S_x}{X} \dots\dots\dots(2.13)$$

Di mana :

- Cv = koefisien variasi
- X = curah hujan rata – rata (mm)
- Sx = standar deviasi

Tabel 2.1. Rata-rata Tereduksi (Yn), Metode *Gumbel*

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5282	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5548	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600									

Sumber : Soemarto, 1987

Tabel 2.2. Hubungan Antara Kala Ulang Dengan Faktor Reduksi (Yt), Metode *Gumbel*

Periode Ulang (tahun)	Reduced Variate (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : Soemarto, 1987

Tabel 2.3. Simpangan Baku Tereduksi (Sn), Metode *Gumbel*

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9697	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0494	1,0565
20	1,0628	1,0695	1,0755	1,0812	1,0865	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1653	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1960	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Sumber : Soemarto, 1987

2.3.3. Pemilihan Jenis Sebaran Distribusi

Ada berbagai macam distribusi teoritis yang semuanya dapat dibagi menjadi dua yaitu distribusi diskrit dan distribusi kontinyu. Distribusi diskrit meliputi distribusi binomial dan poisson, sedangkan distribusi kontinyu meliputi distribusi *log Person type III* dan *E. J Gumbel*. (Soewarno, 1995) :

Tabel : 2.4: Syarat analisa frekuensi untuk distribusi

No	Jenis distribusi	Syarat
1.	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2.	Log normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$ $C_k = 5,383$
3.	E. J Gumbel	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$
4.	Log person type III	$C_s \neq 0$

Sumber : Ir. C. D Soemarto, BIE, Dilp. H, hidrologi teknik

2.3.4. Uji Kecocokan / Sebaran Distribusi Frekuensi

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/ mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu *Chi-Kuadrat* atau pun dengan *Smirnov-Kolmogorov*.

1). Uji Kecocokan / Sebaran *Chi-Square (Chi-Kuadrat)*

Uji *Chi-Square (Chi-Kuadrat)* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisa. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut dengan uji *Chi-Square (Chi-Kuadrat)*.

Rumusnya sebagai berikut :

$$X^2_{Cr} = \left[\frac{E_{fi} - O_{fi}}{O_{fi}} \right]^2 \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

X^2_{Cr} = harga Chi kuadrat

E_{fi} = banyaknya frekuensi yang diharapkan pada data ke-i

O_{fi} = frekuensi yang terbaca dikelas yang sama pada data ke-i

n = jumlah data

Prosedur perhitungan uji *Chi-Square* adalah :

1) Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil

2). Menghitung rentang (r) $r = X_{\max} - X_{\min} \dots\dots\dots(2.15)$

2) Hitunglah jumlah kelas yang ada (K) $= 1 + 3,322 \log n \dots\dots\dots(2.16)$

3) Dalam pembagian kelas disarankan agar setiap kelas terdapat minimal tiga buah pengamatan.

4)Hitung E_{fi} nilai E_{fi} ;
 $E_{fi} = \left[\frac{\sum n}{\sum k} \right] \dots\dots\dots(2.17)$

5) Hitung banyaknya O_{fi} untuk masing-masing kelas.

6) Hitung nilai X^2_{Cr} untuk setiap kelas kemudian hitung nilai total X^2_{Cr} dari tabel untuk derajat nyata tertentu yang sering diambil sebesar 5% dengan parameter derajat kebebasan.

Dimana :

$$f_{cr}^2 \text{hitung} \leq f_{cr}^2 \text{tabel} = ok$$

$$f_{cr}^2 \text{hitung} \geq f_{cr}^2 \text{tabel} = tidak$$

7). Rumus derajat kebebasan :

$$DK = K - (R+1) \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

DK = Derajat Kebebasan

K = Bayaknya kelas

R = Banyaknya keterikatan (R = 2 untuk distribusi normal dan binominal dan R = 1 untuk distribusi *Person* dan *Gumbel*)

Tabel 2.5 : Nilai kritis untuk uji *Chi-Square test*

dk	a derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00004	0,00016	0,00098	0,00039	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,579
3	0,0717	0,115	0,051	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,207	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,41	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,533	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,932	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber : Soewarno, 1995

2). Uji Kecocokan / Sebaran *Smirnov-Kolmogorov*

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian kecocokan sebaran dengan cara ini dinilai lebih sederhana dibanding dengan pengujian dengan cara *Chi-Kuadrat*. Dengan membandingkan kemungkinan (*probability*) untuk setiap varian, dari distribusi empiris dan teoritisnya, akan terdapat perbedaan (Δ) tertentu. Apabila harga Δ max yang terbaca pada kertas

probabilitas lebih kecil dari Δ kritis maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila Δ max lebih besar dari Δ kritis maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 2.6 : Nilai Kritis untuk uji *Smirnov-Kolmogorov*

N	α			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
>50	$1,07/n^{0,5}$	$1,22/n^{0,5}$	$1,36/n^{0,5}$	$1,63/n^{0,5}$

Sumber : Soewarno, 1995

2.3.5. Analisa Distribusi Curah Hujan Rancangan Maksimum

Hal yang penting dalam pembuatan rancangan dan rencana adalah distribusi curah hujan. Distribusi curah hujan adalah berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan (jumlah curah hujan dalam setahun), curah hujan bulanan (jumlah curah hujan sebulan), curah hujan harian (jumlah curah hujan 24 jam), curah hujan per jam. Analisa frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Analisa frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan yang akan datang.

Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu. (Suripin, 2004) Perencanaan persungai biasanya diadakan setelah ditentukannya batas - batas besaran hidrologi yang terjadi karena fenomena alam yang mendadak dan tidak normal. Karena itu perlu dihitung kemungkinan debit atau curah hujan yang lebih kecil atau lebih besar dari suatu nilai tertentu, berdasarkan data-data yang diperoleh sebelumnya. (Sosrodarsono dan Tominaga, 1985).

Dalam analisis frekuensi curah hujan data hidrologi dikumpulkan, dihitung, disajikan dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu, yaitu metode statistik. Pada kenyataannya bahwa tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau

sama dengan nilai rata-ratanya. Variasi atau dispersi adalah besarnya derajat atau besaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran dispersi (Soewarno, 1995).

Adapun cara pengukuran dispersi antara lain :

- 1). Deviasi Standar (S)
- 2). Koefisien *Skewness* (Cs)
- 3). Pengukuran *Kurtosis* (Ck)
- 4). Koefisien Variasi (Cv)

2.3.5.1. Perhitungan Distribusi Hujan Jam Jaman

- I). Perhitungan intensitas curah hujan selama 5 jam

Daerah pengaliran di Indonesia biasanya diambil selang waktu 5 sampai dengan 7 jam. Sebagai pendekatan untuk pengaliran daerah aliran sungai/ DAS diambil hujan harian selama 5 jam. Pengambilan curah hujan tiap jamnya dihitung dengan rumus Mononobe, yaitu ;

$$I = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana ;

- R_{24} = nilai curah hujan rancangan (mm)
 T = waktu konsentrasi curah hujan pada suatu daerah (jam)
 t = curah hujan pada jam ke-i (jam)

- II) Perhitungan koefisien limpasan (C)

Koefisien aliran permukaan (C) didefinisikan sebagai laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan (Suripin, 2003)

- 1). Koefisien limpasan metode *Haspers* untuk luas DAS yang <300 km² ;

$$C = \frac{1 + 0,012 \times A^{0,70}}{1 + 0,075 \times A^{0,70}} \dots\dots\dots(2.20)$$

III) Perhitungan curah hujan efektif

Hujan efektif (*efektive rainfall*) atau hujan lebihan (*excess rainfall*) adalah bagian dari hujan yang menjadi aliran langsung di sungai. Dalam hal ini curah hujan efektif (*efektive rainfall*) sama dengan hujan total yang jatuh dipermukaan tanah dikurangi dengan kehilangan air seperti penguapan, peresapan, dan sebagainya. Apabila kehilangan tersebut dinyatakan sebagai bagian dari hujan rata-rata yang jatuh di dalam aliran sungai, maka besarnya curah hujan menjadi ;

$$\begin{aligned} R_e &= R_t - d \times R_t \\ &= R_t(1-d), \text{ jika } 1-d = C \\ R_e &= C \times R_c \dots\dots\dots(2.21) \end{aligned}$$

$$R_t = R_{rata-rata} + K \times Sx \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

- Re = Curah hujan efektif
- Rt = Curah hujan rata-rata yang jatuh di dalam daerah aliran sungai
- d = Koefisien yang menyatakan berapa bagian kehilangan curah hujan
- C = Koefisien aliran/ limpasan

2.3.5.2. Perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc)

Lama hujan dapat didekati dengan menghitung waktu konsentrasi DAS yang ditinjau. Menurut Sri Harto (1993), waktu konsentrasi (Tc) diartikan sebagai waktu yang diperlukan setetes air hujan yang jatuh ditempat terjauh dalam DAS untuk mengalir ke titik kontrol. Nilai Tc dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris *Haspers*, sebagai berikut :

$$T_c = 0,1 \times L^{0,8} \times S^{-0,3} \dots\dots\dots(2.23)$$

2.3.6. Perhitungan Unit Hidrograf Banjir Rancangan

Pada umumnya banjir rancangan (*design flood*) di Indonesia di tentukann berdasarkan analisa curah hujan harian maksimum yang tercatat. Frekuensi debit maksimum jarang di terapkan karena keterbatasan masa pengamatan. Maka analisisnya di lakukan dengan menggunakan persamaan – persamaan empiris dengan memperhitungkan parameter – parameter alam yang terkait.

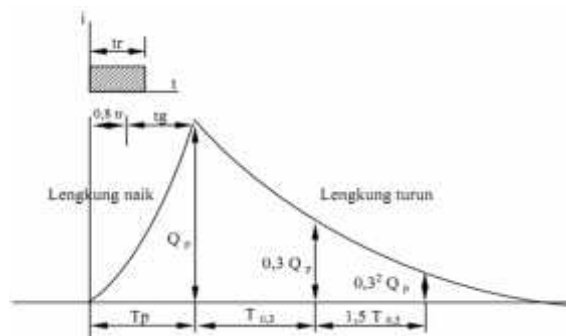
A. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Nakayasu*

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Nakayasu* merupakan suatu cara untuk mendapatkan hidrograf banjir rancangan dalam suatu DAS dengan panjang (L) > 15 km. Untuk membuat suatu hidrograf banjir pada sungai, perlu dicari karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut.

1. Adapun karakteristik tersebut adalah :

- Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time to peak magnitude*).
- Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time log*).
- Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograf*).
- Luas daerah pengaliran (*Catchment Area*)
- Panjang alur sungai utama (*length of the longest channel*).
- Koefisien Pengaliran (*Run Off Coefficient*)

Bentuk kurva dari HSS *Nakayasu* dapat dilihat pada Gambar 2.1. Dibawah ini ;



Gambar 2.1 : Unit hidrograf satuan sintetis *Nakayasu*

Adapun persamaan Hidrograf banjir Satuan Sintetis *Nakayasu* yaitu :

$$Q_p = \frac{1}{36} \times A \times \frac{Ro}{(0,3 * t_p + t_{0,3})} = \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

- Qp = debit puncak banjir (m³/detik)
- Ro = hujan satuan (mm) ===(Ro merupakan curah hujan spesifik = 1 mm)
- Tp = tenggang waktu (time log) dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam).
- T_{0,3} = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam).
- A = Luas DAS (km²)

2. Persamaan Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu*

Adapun unsur - unsur waktu untuk perhitungan debit pada persamaan hidrograf satuan sintetis *Nakayasu* adalah :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \dots\dots\dots(2.25)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g \dots\dots\dots(2.26)$$

$$t_g = 0,40 + 0,058 \times L \text{ (untuk } L > 15 \text{ km)} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$t_r = 0,75 \times t_g \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

T_p = tenggang waktu (time lag) dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

T_g = waktu konsentrasi hujan (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)

A = parameter hidrograf

T_r = waktu curah hujan (0,5 t_g s/d 1 t_g)

T_g = waktu konsentrasi (jam)

$T_g = 0,4 + 0,058 \cdot L$ ($L = 15 \text{ km}$) & $0,21 \cdot L^{0,7}$ ($L > 15 \text{ km}$)

$T_{0,3} = \alpha \times t_g$

L = Panjang sungai utama (km)

Untuk :

$\alpha = 0,5$ (parameter hidrograf)

- Pada Kurva Naik (*Rising Limb*), untuk $0 = t = T_p$ digunakan persamaan :

$$Q_n = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

Q_p = unsur aliran sebelum mencapai debit puncak (m³/det)

T = waktu (jam)

- Pada Kurva Turun (*Recission Limb*), untuk $T_p = t = (T_p + T_{0,3})$ digunakan persamaan :

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots(2.30)$$

Untuk $(T_p + T_{0,3}) = t = (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$ digunakan persamaan :

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}} \dots\dots\dots(2.31)$$

Untuk $t = (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$ digunakan persamaan :

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\frac{t-TP+0,5T0,3}{2T0,3}} \dots\dots\dots(2.32)$$

B. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Snyder*

Dalam permulaan tahun 1938, *F.F Snyder* dari Amerika Serikat, telah mengembangkan rumus dengan koefisien-koefisien empirik yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik DAS. Hidrograf satuan tersebut ditentukan dengan cukup baik pada tinggi $d = 1$ cm, dan dengan ketiga unsur lain, yaitu Q_p (m^3/dtk), T_p , serta tr (jam).

Unsur – unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan ;

A = luas daerah pengaliran (km^2)

L = panjang aliran utama (km)

L_c = jarak antara titik berat daerah pengaliran dengan pelepasan (*outlet*) yang diukur sepanjang aliran utama.

Dengan unsur – unsur tersebut diatas *SNYDER* membuat rumus - rumusnya sebagai berikut ;

$$t_p = C_t (L.L_c)^{0,3} \dots\dots\dots(2.33)$$

$$t_e = t_p/5,5 \dots\dots\dots(2.34)$$

$$q_p = 0,278 \times C_p \times A/T_p \dots\dots\dots(2.35)$$

$$Q_p = q_p \times A \dots\dots\dots(2.36)$$

$$tr = 1 \text{ jam}$$

Jika $t_e > t_p$

$$t_p' = t_p + 0,25 (t_e - t_p) \dots\dots\dots(2.37)$$

$$t_p = t_p' + 0,50 \dots\dots\dots(2.38)$$

jika $t_e < t_p$

$$T_p = t_p + tr/2 \dots\dots\dots(2.39)$$

Jika $t_e = t_p$

$$T_p = t_p \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana :

Q_p = puncak hidrograf satuan ($m^3/det/mm/km^2$)

Q_p = debit puncak ($m^3/det/mm$)

T_p = waktu antara titik berat curah hujan dengan puncak (jam)

T_p = waktu yang diperlukan antara permulaan hujan hingga mencapai puncak Hidrograf

Koefisien – koefisien C_t dan C_p harus ditentukan secara empirik, karena besarnya berubah-ubah antara daerah yang satu dengan daerah yang lain. Dalam sistem metrik besarnya C_t antara 0,75 dan 3,00, sedangkan C_p berada antara 0,90 hingga 1,40, dimana bila nilai C_p mendekati nilai terbesar maka nilai C_t akan mendekati nilai terkecil, demikian pula sebaliknya. *Snyder* hanya membuat model untuk menghitung debit puncak dan waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak dari suatu hidrograf saja, sehingga untuk mendapatkan lengkung hidrografnya memerlukan waktu untuk menghitung parameter-parameternya. Untuk mempercepat pekerjaan tersebut diberikan rumus *Alexeev*, yang memberikan bentuk hidrograf satuannya. Persamaan *Alexeev* adalah sebagai berikut ;

$$1). X = t/t_p \dots \dots \dots (2.41)$$

$$2). Y = Q/Q_p \dots \dots \dots (2.42)$$

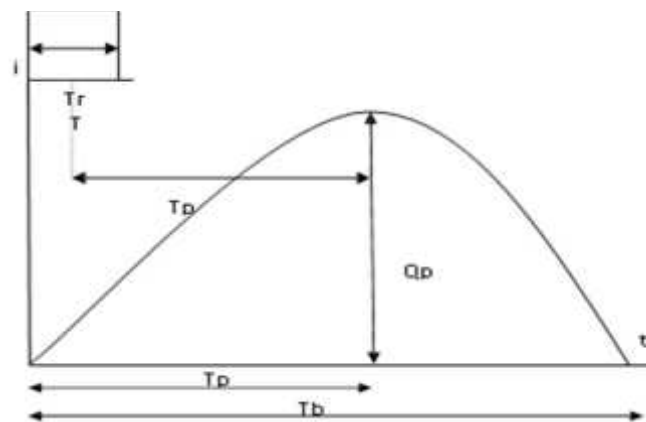
$$3). Y = 10^{-\alpha(1-x)^{2/x}} \dots \dots \dots (2.43)$$

Dengan a & λ diperoleh dengan pers.

$$\lambda = Q_p \times T_p / h.A \dots \dots \dots (2.44)$$

$$a = 1,32 \lambda^2 + 0,15\lambda + 0,045 \dots \dots \dots (2.45)$$

$$4). Q_t = y / Q_p \dots \dots \dots (2.46)$$



Gambar 2.2 : Unit hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Snyder*

2.4. Erosi Lahan

Erosi merupakan proses alamiah yang tidak bisa atau sulit dihilangkan sama sekali atau tingkat erosinya nol, khususnya untuk lahan-lahan yang diusahakan untuk pertanian. Tindakan yang dapat dilakukan adalah mengusahakan supaya erosi yang terjadi masih di bawah ambang batas yang maksimum (*soil loss tolerance*), yaitu besarnya erosi tidak melebihi laju pembentukan tanah (Suripin, 2001) Menurut Suripin (2001) erosi terjadi melalui tiga tahap, yaitu tahap pelepasan partikel tunggal dari masa

tanah dan tahap pengangkutan oleh media yang erosif seperti aliran air dan angin. Pada kondisi dimana energi yang tersedia tidak lagi cukup untuk mengangkut partikel, maka akan terjadi tahap yang ketiga yaitu pengendapan. Untuk dapat terjadi erosi, tanah harus dihancurkan oleh curah hujan dan aliran permukaan, kemudian diangkut ke tempat lain oleh curah hujan dan aliran permukaan.

2.4.1. Proses Terjadinya Erosi

Erosi tanah adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin (Suripin 2004). Sedangkan menurut (Frevert 1950 dalam Arba 2013) mengartikan erosi tanah sebagai proses hilangnya lapisan tanah yang jauh lebih cepat dari proses kehilangan tanah pada peristiwa erosi geologi. Proses erosi dapat menyebabkan merosotnya produktivitas tanah, daya dukung tanah untuk produksi pertanian dan kualitas lingkungan hidup. Di daerah tropis yang lembab seperti di Indonesia dengan rata-rata curah hujan yang tinggi maka air merupakan penyebab utama terjadinya erosi. Proses erosi yang disebabkan oleh air meliputi 3 tahap, yaitu :

1. Pemecahan bongkah-bongkah agregat tanah ke dalam bentuk butir-butir kecil atau partikel tanah
2. Pemindahan atau pengangkutan butir-butir yang kecil tersebut
3. Pengendapan butir-butir atau partikel tersebut di tempat yang lebih rendah, di dasar sungai atau waduk. Sebagai negara yang memiliki iklim tropis basah, maka dalam hal ini proses erosi tanah lebih banyak disebabkan oleh air akibat hujan yang turun di permukaan tanah.

Berdasarkan proses terjadinya, erosi tanah dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

a. Erosi normal

Erosi normal juga disebut sebagai erosi geologi atau erosi alami yaitu proses erosi tanah akibat pelapukan batuan atau bahan induk tanah secara geologi dan alamiah. Batuan padat atau bahan induk tanah akan menjadi lapuk oleh cuaca menjadi bagian-bagian besar dan kecil. Selanjutnya secara fisik (mekanik), biologi (aktivitas organik), dan kimia, batuan tersebut akan terurai dan terjadi retakan-retakan. Pada saat terjadi hujan, air akan masuk ke dalam retakan-retakan batuan dan lama-kelamaan batuan akan pecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lagi. Proses tersebut terjadi dengan laju yang relatif lambat dan berlangsung dalam waktu yang lama. Perubahan bentuk pada erosi normal merupakan proses keseimbangan alam, artinya kecepatan kerusakan tanah masih sama atau lebih kecil dari kecepatan proses pembentukan tanah.

b. Erosi dipercepat

Proses erosi dipercepat merupakan pengangkutan tanah yang menimbulkan kerusakan tanah akibat kegiatan manusia dalam mengelola tanah untuk meningkatkan produktivitas tanah yang menyebabkan terjadinya pemecahan agregat-agregat tanah, meliputi pengangkatan dan pemindahan tanah pada saat pengolahan tanah. Meningkatnya laju erosi tanah yang disebut erosi dipercepat, artinya kecepatan kerusakan tanah sudah lebih besar atau melebihi kecepatan proses pembentukan tanah.

Proses pengangkutan partikel-partikel tanah ini akan berhenti baik untuk sementara atau tetap sebagai pengendapan atau sedimentasi. Proses pengendapan sementara terjadi pada lereng yang bergelombang, yaitu bagian lereng yang cekung akan menampung endapan partikel yang hanyut untuk sementara dan pada hujan berikutnya endapan ini akan terangkat kembali menuju dataran rendah atau sungai. Sedangkan pengendapan akhir atau sedimentasi terjadi pada sungai.

Pada daerah aliran sungai partikel dan unsur hara yang larut dalam aliran permukaan akan mengalir ke sungai sehingga terjadi pendangkalan pada tempat tersebut. Keadaan ini akan mengakibatkan daya tampung sungai menjadi turun sehingga timbul bahaya banjir.

2.4.2. Faktor Yang Mempengaruhi Erosi

Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya erosi yang terpenting adalah curah hujan, tanah, lereng, vegetasi, dan manusia (Hardjowigeno, 1995).

a. Curah Hujan

Sifat hujan yang terpenting yang mempengaruhi besarnya erosi adalah curah hujan. Intensitas hujan menunjukkan banyaknya curah hujan per satuan waktu (mm/jam atau cm/jam). Kekuatan menghancurkan tanah dari curah hujan jauh lebih besar dibandingkan dengan kekuatan pengangkut dari aliran permukaan (Hardjowigeno, 1995). Hujan yang turun sampai ke permukaan tanah memiliki energi kinetik yang dapat menghancurkan tanah (butir - butir tanah), sehingga bagian - bagian tanah terhempas, hilang, dan hanyut oleh aliran permukaan. Hilang atau terkikisnya lapisan tanah inilah yang disebut erosi.

b. Tanah

Sifat fisik tanah sangat berpengaruh terhadap besarnya erosi. Kepekaan tanah terhadap erosi disebut erodibilitas. Semakin besar nilai erodibilitas suatu tanah maka semakin peka tanah tersebut terhadap erosi (Hardjoamidjojo dan Sukartaatmadja, 1992).

Hardjowigeno (1995) menyebutkan sifat-sifat tanah yang berpengaruh terhadap erosi adalah tekstur tanah, bentuk dan kemantapan struktur tanah, daya infiltrasi atau permeabilitas tanah, dan kandungan bahan organik. Nilwan (1987) menyebutkan sifat fisik tanah yang mudah mengalami erosi adalah tanah dengan tekstur kasar (pasir kasar), bentuk struktur tanah yang membulat, kapasitas infiltrasi yang rendah, dan kandungan bahan organik kurang dari 2%. Sedangkan sifat fisik tanah yang dapat menahan erosi adalah tanah dengan tekstur halus (liat, debu, pasir, pasir halus, kapasitas infiltrasinya besar, dan kandungan bahan organik yang besar untuk menambah kemantapan struktur tanah).

c. Lereng

Arsyad (2000) dan Hardjowigeno (1995) mengemukakan unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap erosi adalah panjang dan kemiringan lereng. Erosi akan meningkat apabila lereng semakin curam atau semakin panjang. Apabila lereng semakin curam maka kecepatan aliran permukaan meningkat sehingga kekuatan mengangkut semakin meningkat pula. Lereng yang semakin panjang menyebabkan volume air yang mengalir menjadi semakin besar.

d. Vegetasi

Menurut Hardjowigeno (1995) Pengaruh vegetasi terhadap erosi adalah :

1. Menghalangi air hujan agar tidak jatuh langsung di permukaan tanah, sehingga kekuatan tanah untuk menghancurkan dapat dikurangi
2. Menghambat aliran permukaan dan memperbanyak air infiltrasi
3. Penyerapan air ke dalam tanah diperkuat oleh tranpirasi (penguapan air) melalui vegetasi.

e. Manusia

Kepekaan tanah terhadap erosi dapat diubah oleh manusia menjadi lebih baik atau lebih buruk. Pembuatan teras - teras pada tanah yang berlereng curam merupakan pengaruh baik dari manusia karena dapat mengurangi erosi. Sebaliknya penggundulan hutan di daerahdaerah pegunungan merupakan pengaruh manusia yang buruk karena dapat menyebabkan erosi (Hardjowigeno,1995).

2.4.3. Analisa Pendugaan Erosi Lahan Dengan Metode *MUSLE*

Estimasi perhitungan erosi tanah dengan metode *MUSLE* (*Modified Universal Soil Loss Equation*) Metode *USLE* sebagai suatu persamaan hanya dapat menduga besar erosi Tanah tahunan yang berasal erosi permukaan yang terjadi pada bagian profil bentang lahan (*landscape*) dan tidak dapat menghitung deposisi yang terjadi. *MUSLE* juga tidak diperuntukkan untuk menghitung hasil sedimen yang berada pada hilirnya maupun bentuk erosi *gully*. Selanjutnya persamaan pendugaan erosi juga dikembangkan oleh *Williams* (1975) yaitu menerapkan faktor erosivitas hujan (*R*) sebagai persamaan *MUSLE* (*modified USLE*), sehingga persamaannya menjadi :

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \dots \dots \dots (2.47)$$

dimana :

a). *R* : untuk mengetahui faktor erosivitas hujan (*R*) melalui persamaan *Bols* (1978) :

$$R = (0,41 \times H)^{1,09} \dots \dots \dots (2.48)$$

Dimana ;

H = curah hujan (mm)

b). *K* : erodibilitas tanah yang dihitung dengan nomograph *USLE*, dari *Wischmeier* dan *Smith* , dimana parameter – parameternya adalah fraksi pasir sangat halus + debu (%), fraksi pasir (%), bahan organik (%), struktur tanah dan permeabilitas tanah. Nilai *K* ini juga dapat dihitung dengan persamaan :

$$100 K_{EU} = 2,1 M^{1,14} (10^{-4}) \times (12 - a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c - 3) \dots (2.52)$$

dimana untuk memperoleh nilai satuan metrik, maka nilai *K* adalah :

$$K = 1,292 \times \text{nilai } K_{EU} \text{ atau faktor erodibilitas tanah ditentukan dengan tabel 2.7}$$

Tabel 2.7. Faktor erodibilitas tanah berdasarkan tekstur tanah

No	Tekstur tanah	K
1	Latasol merah	0,12
2	Latasol merah kuning	0,26
3	Latasol coklat	0,23
4	Latasol	0,31
5	Regosol	0,12 – 0,16
6	Gley humic	0,13
7	Lithosol	0,16
8	Grumosol	0,21
9	Hidromof abu-abu	0,2

Sumber : Chay Asdak (1995)

Tabel 2.8 : Skor tanah menurut kepekaannya terhadap erosi

Tanah menurut kepekaannya terhadap erosi	Nilai skor
Kelas I , Aluvial, planosol, hidromorf kelabu, laterik (tidak peka)	15
Kelas II, Latosol (agak peka)	30
Kelas III, tanah hutan coklat, mediteran (kepekaan sedang)	45
Kelas IV, Andosol, laterik, gromosol, podsol, podsolic (peka)	60
Kelas V, Regosol, litosol, organosol, renzina (sangat peka)	75

Sumber : Asdak, 2004 : 416

Tabel 2.9 : Kode Permeabilitas Tanah (P) untuk Menghitung nilai K

Kelas Permeabilitas	Kecepatan (cm/jam)	Kode
Sangat lambat	< 0,5	1
Lambat	0,5 – 2,0	2
Lambat sampai sedang	2,0 – 6,3	3
Sedang	6,3 – 12,7	4
Sedang sampai cepat	12,7 – 25,4	5
Cepat	> 25,4	6

Sumber : Wischmeier dan Smith (1978 dalam Sari, 2008)

Tabel 2.10 : Nilai M untuk beberapa tekstur tanah

Kelas Tekstur Tanah	Nilai M
Lempung Berat	210
Lempung Sedang	750
Lempung Pasiran	1213
Lempung Ringan 1685	1685
Geluh Lempung	2160
Pasir Lempung Liatan	2830
Geluh Lempungan	2830
Pasir	3035
Pasir Geluhan	1245
Geluh Berlempung	3770
Geluh Pasiran	4005
Geluh	1390
Geluh Liatan	6330
Liat	8245
Campuran merata	4000

Sumber : Wischmeier dan Smith (1978 dalam Sari, 2008)

c. Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S)

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

LS = 1. dan Faktor LS, kombinasi antara faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S) merupakan nisbah besarnya erosi dari suatu lereng dengan panjang dan kemiringan tertentu terhadap besarnya erosi dari plot lahan. Nilai faktor lereng untuk beberapa kombinasi kemiringan dan panjang lereng di sajikan pada tabel 2.11

Pendugaan erosi, faktor lereng dihitung berdasarkan persamaan *Morgan* (1979) dalam *Bisri* (2009) sebagai berikut :

$$Ls = \sqrt{\left(\frac{L}{100}\right)} \times (0,136 + (0,0975S) + (0,0139S^2)) \dots\dots\dots(2.49)$$

Keterangan :

- LS = faktor panjang dan kemiringan lereng
- L = panjang lereng (m)
- S = kemiringan lereng (m)

Selain menggunakan rumus di atas, nilai LS dapat juga ditentukan menurut kemiringan lerengnya seperti ditunjukkan pada Tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.11 : Nilai faktor lereng untuk beberapa kombinasi kemiringan dan panjang lereng

No	Kemiringan lereng %	Panjang lereng (m)	Rata – rata nilai faktor lereng
1	0 - 5	45	0,35
2	6 -15	35	1,60
3	16 - 34	25	4,60
4	35 - 50	20	7,90
5	>50	20	4,00

Sumber : Gregory et al (1978) dalam Widiatmaka (2007)

d. Faktor Tanaman (C)

Faktor pengelolaan tanaman merupakan rasio tanah yang tererosi pada suatu jenis pengelolaan tanaman terhadap tanah yang tererosi dengan pada kondisi permukaan lahan yang sama tetapi tanpa pengelolaan tanaman atau diberikan tanpa tanaman. Pada tanah yang gundul (dibiarkan tanpa tanaman / petak baku) nilai C = 1.0. Untuk mendapatkan nilai C tahunan perlu diperhatikan perubahan - perubahan penggunaan tanah dalam setiap tahun. Besarnya nilai C dapat dilihat Tabel 2.12. untuk parameter sebagai faktor penentu besarnya nilai C, yaitu konsolidasi tanah, sisa - sisa tanaman, tajuk vegetasi, sistem perakaran, efek sisa perakaran dari kegiatan pengelolaan lahan, faktor countur, kekasaran permukaan tanah, gulma, dan rumput rumputan (Asdak, 1985).

Tabel 2.12 : Nilai indeks pengelolaan tanaman (C), untuk pertanaman tunggal (Abdurahman, 1984)

No	Jenis tanaman/ Tata guna lahan	Nilai C
1	Tanaman rumput	0,290
2	Tanaman kacang	0,161
3	Tanaman gandum	0,242
4	Tanaman ubi kayu	0,363
5	Tanaman kedelai	0,399
6	Tanaman serai wangi	0,434
7	Tanaman padi lahan kering	0,560
8	Tanaman padi lahan basah	0,010
9	Tanaman jagung	0,637
10	Tanaman jahe, cabe	0,900
11	Tanaman kentang ditanam searah lereng	1,000
12	Tanaman kentang ditanam searah kontur	0,350
13	Pola tanam tumpang gilir + mulsa jerami (6 ton/ha/thn)	0,079
14	Pola tanam berurutan + mulsa sisa tanam	0,347
15	Pola tanam berurutan	0,398
16	Pola tanam tumpang gilir + mulsa tanam berurutan	0,357
17	Kebun campuran	0,200
18	Ladang berpindah	0,400
19	Tanah kosong diolah	0,950
20	Tanah kosong tanpa tanaman	1,00
21	Hutan tidak terganggu	0,001
22	Semak belukar /padang rumput	0,300
23	Alang-alang permanen	0,020
24	Alang-alang dibakar	0,700
25	Sengon disertai semak	0,012
26	Sengon tidak disertai semak dan tanpa seresah	1,000
27	Pohon tanpa semak	0,320
28	Hutan	0,001
29	Badan air (River, lake, etc)	0,010

Sumber : Abdurahman dkk (1984) di dalam Hardjoamidjojo, S. dan Sukartaatmadja, S. (1992) dan Chay Asdak 1995

e. Faktor Usaha - usaha Pencegahan Erosi / Konservasi (P)

Faktor praktik konservasi tanah adalah rasio tanah yang hilang bila usaha konservasi tanah dilakukan (teras, tanaman, dan sebagainya) dengan tanpa adanya usaha konservasi tanah. Tanpa konservasi tanah nilai $P = 1,00$, sedangkan nilai LS didapat dengan menganggap panjang lereng sebagai jarak horizontal dari masing - masing teras. Besarnya nilai P pada beberapa kondisi dapat dilihat pada Tabel 2.13. Konservasi tanah tidak hanya tindakan konservasi secara mekanis dan fisik, tetapi termasuk juga usaha - usaha yang bertujuan untuk mengurangi erosi tanah. Penilaian

faktor P di lapangan lebih mudah apabila digabungkan dengan faktor C, karena dalam kenyataannya kedua faktor tersebut berkaitan erat. Beberapa nilai faktor CP. Pemilihan atau penentuan nilai faktor CP perlu dilakukan dengan hati-hati karena adanya variasi keadaan lahan dan variasi teknik konservasi yang dijumpai di lapangan.

Tabel 2.13 : Nilai indeks konservasi lahan (P) pada berbagai aktivitas konservasi tanah (Abdurahman, 1984)

No	Teknik konservasi tanah	Nilai P
1	Teras bangku Baik Jelek	0,20 0,35
2	Teras bangku : jagung-ubi kayu/ kedelai	0,06
3	Teras bangku : shorghum-shorgum	0,02
4	Teras tradisional	0,40
5	Teras gulud : padi-jagung	0,01
6	Teras gulud : ketela pohon	0,06
7	Teras gulud : jagung-kacang + mulsa sisa tanaman	0,01
8	Teras gulud : kacang kedelai	0,11
9	Tanaman dalam kontur : - kemiringan 0 – 8 % - kemiringan 9 – 20 % - kemiringan < 20 %	0,50 0,70 0,90
10	Tanaman dalam jalur-jalur : jagung-kacang tanah + mulsa	0,05
11	Mulsa limbah jerami : 6 ton/ha/thn 3 ton/ha/thn 1 ton/ha/thn	0,30 0,50 0,80
12	Tanaman perkebunan : Disertai penutup tanah rapat Disertai penutup tanah sedang	0,10 0,50
13	Padang rumput : Baik Jelek	0,04 0,40
14	Tanpa tindakan konservasi	1,00

Sumber : Abdurahman dkk (1984) di dalam Hardjoamidjojo, S. dan Sukartaatmadja, S. (1992), Hidrologi dan Pengelolaan DAS, Chay Asdak, 2004:376

2.4.4. Perbedaan Methode **USLE**, **RUSLE** dan **MUSLE**

1. Methode **USLE** (*Universal Soil Loss Equation*)

Menurut (*Manetsch dan Park, 1977*) Model adalah suatu gambaran abstrak dari sistem dunia nyata (*real world system*) yang mempunyai kelakuan seperti sistem dunia nyata dalam hal-hal tertentu. Suatu model yang baik biasanya akan menggambarkan dengan baik semua segi-segi yang penting dari kelakuan dunia nyata dalam masalah-

masalah tertentu. Dan *USLE* adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi rata-rata erosi tanah dalam jangka waktu panjang dari suatu areal usaha tani dengan sistem pertanian dan pengelolaan tertentu. Bentuk erosi yang dapat diprediksi adalah erosi lembar atau alur, tetapi tidak dapat memprediksi pengendapan dan tidak memperhitungkan hasil sedimen dari erosi parit, tebing sungai dan dasar sungai (Wischmeier dan Smith, 1978 dalam Arsyad, 2000). Wischmeier dan Smith (1978) juga menyatakan bahwa metode yang umum digunakan untuk menghitung laju erosi adalah metode *Universal Soil Loss Equation (USLE)*. Selain itu model *USLE (Universal Soil Loss Equation)* merupakan model prediksi erosi empirik yang paling populer dan secara luas digunakan sebagai referensi/acuan dalam perencanaan konservasi tanah dan air. Model tersebut dikembangkan berdasarkan pengamatan erosi jangka panjang pada skala plot dan dirancang untuk memprediksi erosi rata-rata tahunan dari suatu lahan dengan penggunaan dan pengolahan tertentu.

2. Methode *RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)*

RUSLE adalah suatu model erosi yang didesain untuk memprediksi besarnya erosi tahunan yang direvisi atau penyempurnaan oleh para ahli konservasi tanah amerika karena semakin banyaknya data yang di hasilkan dari penelitian dan percobaan yang berujung dengan dikembangkannya *RUSLE* akan tetapi *RUSLE* ini masih mempertahankan struktur dasar persamaan *USLE*. Dan oleh aliran permukaan dari suatu bentang lahan berlereng (*field slope*) dengan tanaman dan sistem pengelolaan tertentu. *RUSLE* telah digunakan juga untuk memprediksi besarnya erosi dari padang rumput (*rangelands*) dan lahan non pertanian seperti lahan untuk bangunan.

3. Methode *MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation)*

MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) Merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menduga laju sedimen yang merupakan metode yang dikembangkan dari metode yang sudah ada sebelumnya yakni metode *USLE (Universal Soil Loss Equation)*. Metode *MUSLE* dapat menduga laju sedimen dengan cukup baik. *MUSLE* tidak menggunakan faktor energi hujan sebagai trigger penyebab terjadinya erosi melainkan menggunakan faktor limpasan permukaan sehingga *MUSLE* tidak memerlukan faktor *sediment delivery ratio (SDR)*. Faktor limpasan permukaan mewakili energi yang digunakan untuk penghancuran dan pengangkutan sedimen.

Dan Metode *MUSLE* digunakan untuk menduga besarnya erosi yang terjadi di suatu Sub DAS dengan berbagai jenis penutupan lahan. Metode *MUSLE* berbeda

dengan metode *USLE* dalam menduga besar erosi yang terjadi. Metode *MUSLE* tidak menggunakan faktor energi hujan sebagai faktor penentu besarnya erosi, namun faktor limpasanlah yang menentukan besarnya erosi.

Data yang dibutuhkan pada perhitungan Metode *MUSLE* tidak jauh berbeda dengan Metode *USLE* yaitu Faktor erosivitas hujan, faktor erodibilitas tanah, faktor kelerengan, faktor kemiringan lereng, faktor penggunaan lahan, dan faktor konservasi tanah. Namun dalam Metode *MUSLE* diperhitungkan penggunaan faktor energi hujan sebagai pemacu penyebab terjadinya erosi.

2.4.5. Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Asdak, 1995 menyatakan bahwa keberhasilan pelaksanaan program konservasi tanah salah satu informasi penting yang harus diketahui adalah tingkat bahaya erosi (TBE) dalam suatu DAS atau Sub-DAS yang menjadi kajian dengan mengetahui (TBE) suatu DAS atau masing-masing Sub-DAS, prioritas rehabilitasi tanah dapat ditentukan.

Sedangkan tingkat bahaya erosi (TBE) pada dasarnya dapat ditentukan dari perhitungan nisbah antara laju erosi tanah (A) dengan laju erosi tanah yang masih ditoleransikan (T)

A). Laju erosi yang ditoleransikan (T)

Batas toleransi erosi adalah batas maksimal besarnya erosi yang masih diperkenankan terjadi pada suatu lahan, besarnya batas toleransi erosi dipengaruhi oleh kedalaman tanah, batuan asal pembentuk tanah, iklim dan permeabilitas tanah, evaluasi bahaya erosi merupakan penilaian atau prediksi terhadap besarnya erosi tanah dan potensi bahayanya terhadap sebidang tanah. Menurut Arsyad (2000) evaluasi bahaya erosi atau disebut juga tingkat bahaya erosi ditentukan berdasarkan perbandingan antara besarnya erosi tanah aktual dengan erosi tanah yang ditoleransikan (*tolerable soil loss*). Untuk mengetahui kejadian erosi pada tingkat membahayakan atau suatu ancaman degradasi lahan atau tidak, dapat diketahui dari tingkat bahaya erosi dari lahan tersebut.

Untuk kebanyakan tanah mineral kerapatan partikelnya rata-rata sekitar 2,6 gram/cm³. Hanafiah (2006), kerapatan partikel (bobot partikel) adalah bobot massa partikel padat persatuan volume tanah, biasanya tanah memiliki kerapatan partikel 2,6 gr/cm³ dan jenis tanah latosol memiliki nilai $T = 58,5 \text{ ton/ha/thn}$, jenis tanah gleisol memiliki nilai $T = 37,05 \text{ ton/ha/thn}$ sedangkan jenis tanah brown forest, andosol dan regosol memiliki nilai $T = 39 \text{ ton/ha/thn}$.

Tabel 2.14 : Nilai (T) yang ditolerasikan untuk erosi lahan

No	Jenis tanah	Taksonomi tanah (sub order)	de mm	Nilai fd	Nilai T (ton/ha/thn)
1	Gleisol	Tropepts	600	0,95	37,05
2	Latosol	Humox	900	1,00	58,50
3	Brown forest soil	Tropepts	600	1,00	39,00
4	Andosol	Andepts	600	1,00	39,00
5	Regosol	Orthents	600	1,00	39,00

Sumber : Hanafiah, 2006

Tabel 2.15 : Nilai faktor kedalaman tanah pada berbagai jenis tanah

No	USDA	Sub orde dan Kode	Faktor kedalaman tanah (mtr)	Umur pakai Tanah, W
1	Agualfs	(AQ)	0,90	400
2	Udalfs	(AD)	0,90	400
3	Ustalfs	(AU)	0,90	400
4	Aquents	(EQ)	0,90	400
5	Arents	(ER)	1,00	400
6	Fluvents	(EV)	1,00	400
7	Orthents	(EO)	1,00	400
8	Psamments	(ES)	1,00	400
9	Andepts	(IN)	1,00	400
10	Aquepts	(IQ)	0,95	400
11	Tropepts	(IT)	1,00	400
12	Albolls	(MW)	0,75	400
13	Aquqls	(MQ)	0,90	400
14	Rendolls	(MR)	0,90	400
15	Udolls	(MD)	1,00	400
16	Ustolls	(MU)	1,00	400
17	Aquox	(OQ)	0,90	400
18	Humox	(OH)	1,00	400
19	Orthox	(OO)	0,90	400
20	Ustox	(OU)	0,90	400
21	Aquods	(SQ)	0,90	400
22	Ferroids	(SI)	0,95	400
23	Hummods	(SH)	1,00	400
24	Arthods	(SO)	0,95	400
25	Aquults	(UQ)	0,80	400
26	Humults	(UH)	1,00	400
27	Udults	(UD)	0,80	400
28	Ustults	(UU)	0,80	400
29	Uderts	(VD)	1,00	400
30	Ustearts	(VU)	1,00	400

Sumber : Hammer, 1981

B). Tingkat bahaya erosi (TBE)

Tingkat bahaya erosi (TBE) adalah perkiraan jumlah tanah yang hilang maksimum yang akan terjadi pada suatu lahan, bila pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi tanah tidak mengalami perubahan.

Tabel 2.16 : Klasifikasi tingkat bahaya erosi (*the clasification of erosion danger level*)

No	Kelas TBE (<i>class of erosion danger level</i>)	Kehilangan tanah (<i>soil loss</i>) (ton/ha/thn)	Keterangan (<i>remark</i>)
1	I	<15	Sangat ringan (<i>very light</i>)
2	II	15 – 60	Ringan (<i>light</i>)
3	III	60 – 180	Sedang (<i>Moderate</i>)
4	IV	180 - 480	Berat (<i>heavy</i>)
5	V	>480	Sangat berat (<i>very heavy</i>)

Sumber (*Source*): Departemen Kehutanan (*Ministry of Forestry*) (1998)

Tingkat bahaya erosi (TBE) ditentukan dengan membandingkan erosi aktua (A) dengan erosi yang masih ditoleransikan (T) dengan menggunakan rumus (*Hammer*, 1981) ;

$$TBE = \left(\frac{A}{T} \right) \dots \dots \dots (2.50)$$

Dimana ;

A = Erosi aktual (ton/ha/thn)

T = Erosi yang ditoleransikan atau diperbolehkan (ton/ha/thn)

Erosi aktual sangat dipengaruhi oleh faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas (K), dan topografi yaitu panjang dan kemiringan lereng (LS), pengelolaan tanaman (C), dan pengelolaan tanah sedang erosi potensial hanya dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas (K), dan topografi yaitu panjang dan kemiringan lereng (LS).

2.4.6. Pengertian Sedimen

Sedimen atau endapan pada umumnya diartikan sebagai hasil dari proses pelapukan terhadap suatu tubuh batuan, mineral dan material organik, yang kemudian mengalami erosi, transportasi oleh air, angin, dan lain - lain, dan pada akhirnya terendapkan atau tersedimentasikan (Darmadi, 2010). Sedimentasi merupakan proses terangkutnya sedimen oleh suatu limpasan air yang diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan airnya melambat atau terhenti seperti pada saluran sungai, waduk, danau

maupun kawasan tepi teluk/ laut. Hembusan angin juga bisa mengangkat debu, pasir, bahkan bahan material yang lebih besar. Makin kuat hembusan itu, makin besar pula daya angkutnya. Pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin tadi membuat terjadinya sedimentasi (Ghiffary, 2011). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sedimen di sekitar muara dan pantai adalah material sedimen yang diendapkan dan berasal dari erosi pantai, dari daratan yang terbawa oleh sungai, dan dari laut dalam yang terbawa oleh arus ke daerah pantai.

Sedimen yang berada di daerah pantai dan muara diklasifikasikan berdasarkan ukuran butir menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, kerakal, dan batu. Tabel 2.1 menunjukkan klasifikasi menurut *American Geophysical Union*

Tabel 2.17 : Klasifikasi Ukuran Butir dan Sedimen

Interval/range (mm)	Nama
2048 – 4096	Batu Sangat Besar (<i>Very Large Boulders</i>)
1024 – 2048	Batu Besar (<i>Large Boulders</i>)
512 – 1024	Batu Sedang (<i>Medium Boulders</i>)
256 – 512	Batu Kecil (<i>Small Boulders</i>)
128 – 256	Kerakal Besar (<i>Large Cobbles</i>)
64 – 128	Kerakal Kecil (<i>Small Cobbles</i>)
32 – 64	Kerikil Sangat Kasar (<i>Very Coarse Gravel</i>)
16 – 32	Kerikil Kasar (<i>Coarse Gravel</i>)
8 – 16	Kerikil Sedang (<i>Medium Gravel</i>)
4 – 8	Kerikil Halus (<i>Fine Gravel</i>)
2 – 4	Kerikil Sangat Halus (<i>Very Fine Gravel</i>)
1 – 2	Pasir Sangat Kasar (<i>Very Coarse Sand</i>)
1/2 – 1	Pasir kasar (<i>Coarse Sand</i>)
1/4 – 1/2	Pasir Sedang (<i>Medium Sand</i>)
1/8 – 1/4	Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)
1/16 – 1/8	Pasir Sangat Halus (<i>Very Fine Sand</i>)
1/32 – 1/16	Lumpur Kasar (<i>Coarse Silt</i>)
1/64 – 1/32	Lumpur Sedang (<i>Medium Silt</i>)
1/128 – 1/64	Lumpur Halus (<i>Fine Silt</i>)
1/256 – 1/128	Lumpur Sangat Halus (<i>Very Fine Silt</i>)
1/512 – 1/256	Lempung Kasar (<i>Coarse Clay</i>)
1/1024 – 1/512	Lempung Sedang (<i>Medium Clay</i>)
1/2048 – 1/1024	Lempung Halus (<i>Fine Clay</i>)
1/4096 – 1/2048	Lempung Sangat Halus (<i>Very Fine Clay</i>)

Sumber : Junaidi, 2008

2.4.7. *Sedimen Delivery Rasio (SDR)*

Sediment Delivery Ratio merupakan perkiraan rasio tanah yang diangkut akibat erosi lahan saat terjadinya limpasan (*Wischmeier and Smith, 1978*). Nilai SDR dipengaruhi oleh bentuk muka bumi dan faktor lingkungan. Menurut Boyce (1975), *Sediment Delivery Ratio* dapat dirumuskan dengan :

$$SDR = 0,41 \times A^{-0,3} \dots\dots\dots(2.51)$$

Dimana :

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

A = Luas DAS (km²)

2.4.8. *Angkutan Sedimen*

Pengertian umum angkutan sedimen adalah sebagai pergerakan butiran - butiran material dasar saluran yang merupakan hasil erosi yang disebabkan oleh gaya dan kecepatan aliran sungai. Di dalam perhitungan sifat-sifat sedimen yang dipakai adalah: ukuran, kerapatan atau kepadatan, kecepatan jatuh dan porositas. Laju angkutan sedimen, perubahan dasar dan tebing saluran, perubahan morfologi sungai dapat diterangkan jika sifat sedimennya diketahui.

Hubungan antara erosi lahan, angkutan sedimen dan *Delivery Ratio* (SDR) dapat diformulasikan sebagai berikut ;

$$SY = SDR \times A \text{ (Suripin,1998)} \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana :

SY = Angkutan Sedimen (ton/ha)

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

A = Erosi Lahan (ton/ha)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Data

Data merupakan bagian – bagian yang dikumpulkan untuk dijadikan sebagai bahan analisa / kajian. Data sangat diperlukan dalam sebuah proses analisa dan pembahasan untuk mendapatkan tujuan akhir dari sebuah penelitian sehingga data yang diambil harus melalui proses yang baik dan sistematis.

3.1.1. Jenis Data

Data yang akan dipergunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua macam data pokok, yaitu :

1. Data Primer

Adalah semua data yang diperoleh secara langsung dari lapangan. Data - data tersebut berupa sampel sedimen yang dikumpulkan oleh peneliti selanjutnya akan di bawah ke laboratorium untuk dilakukan pengujian, morfologi daerah muara sedangkan untuk mengetahui perkembangan perubahan daerah muara sungai peneliti perlu membuat formulir survei dan daftar pertanyaan (kuesioner). Data primer yang dimaksud tersebut yaitu :

- a. Data sampel sedimen
- b. Data kemiringan
- c. Data visual

2. Data Sekunder

merupakan data atau informasi yang diperoleh dalam format yang sudah tersusun atau terstruktur yang bersumber dari instansi pemerintah atau swasta yang relevan dengan tujuan penelitian ini. Untuk mendapatkannya, peneliti mendatangi langsung instansi yang terkait dengan penelitian. Data sekunder yang dimaksud tersebut yaitu :

- a. Data curah hujan
- b. Peta topografi sungai dan peta Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT)
- c. Peta DAS Manikin
- d. Peta data fisik tanah
- e. Peta tutupan lahan

3.1.2. Sumber Data

Data penelitian ini diperoleh dari :

1. Data Primer

Data ini diperoleh dengan melakukan survei secara langsung pada lokasi penelitian.

2. Data Sekunder

Data sekunder berupa data curah hujan daerah yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Lasiana, peta topografi Sungai Manikin yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II dan referensi terkait yaitu Peta wilayah Nusa Tenggara Timur (NTT), peta DAS Manikin, peta topografi sungai serta peta tutupan lahan, peta kelas kemiringan lereng dan panjang, peta administrasi DAS Manikin, peta jenis tanah, peta ketinggian.

3.1.3. Cara Pengambilan Data

Cara pengambilan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data Primer

- a. Data sampel sedimen

Pengambilan sampel sedimen menggunakan sekop dan karung pada 3 titik berbeda di daerah muara berdasarkan jenis dan ukuran butiran. Sampel diambil secara acak dari tiap tumpukan sehingga dapat mewakili keseluruhan sampel sedimen di lapangan

- b. Data morfologi daerah muara

Untuk mendapat morfologi muara sungai dilakukan survey langsung dilapangan dengan membawa meter roll, alat tulis, kamera untuk dokumentasi

2. Data Sekunder

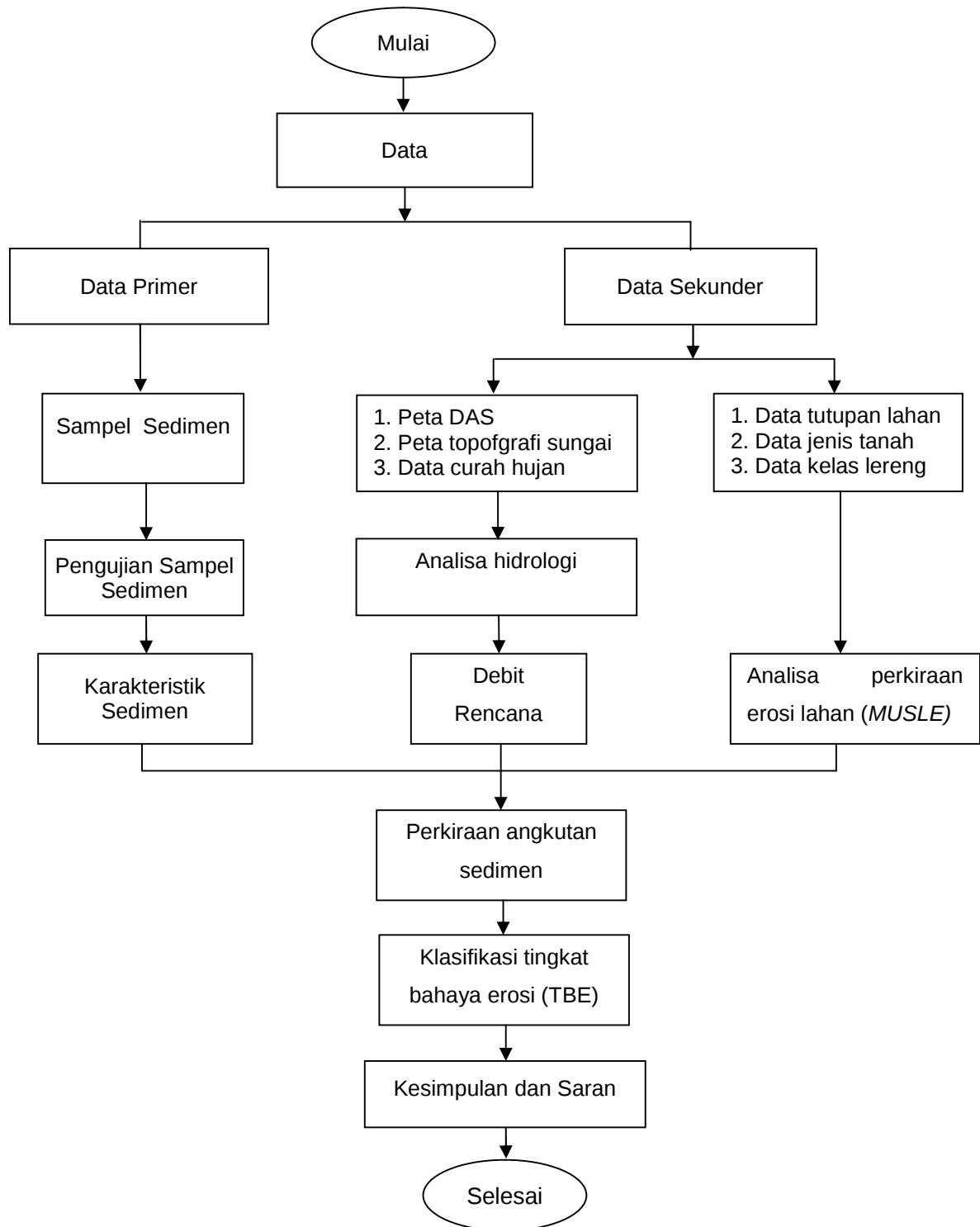
Diperoleh dari instansi - instansi terkait dan referensi yang berhubungan dengan penelitian ini berupa data curah hujan, peta topografi sungai, dan peta NTT, data peta DAS Manikin , data tutupan lahan, data kelas kemiringan lereng dan panjang, peta administrasi DAS Manikin, data jenis tanah, data ketinggian

3.1.4. Waktu Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan setelah proposal ini disetujui oleh para dosen dalam suatu seminar.

3.2. Proses Pengolahan Data

3.2.1. Diagram Alir



Gambar : 3.1 Diagram alir

3.2.2. Penjelasan Diagram Alir

1. Mulai

Kegiatan awal / mulai yaitu dengan membawa semua peralatan - peralatan yang dibutuhkan dalam pengambilan data primer seperti alat dokumentasi, meter roll, selang *waterpass*, sekop, dan alat tulis untuk pengisian kuesioner. Observasi lanjutan dilakukan dengan kegiatan pengukuran beda tinggi, pengambilan sampel sedimen, pada tiga titik yang berbeda pengambilan data morfologi daerah muara dan pengamatan langsung dilokasi penelitian. Pada tahapan ini juga dilakukan pengambilan data dari instansi terkait berupa data topografi sungai Manikin dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II, data peta DAS, data peta fisik tanah, data curah hujan dan data angin dari BMKG Stasiun klimatologi Lasiana Kupang.

2. Pengambilan Data

Data yang dikumpulkan adalah data primer yang diperoleh dari hasil kegiatan awal di lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait serta referensi - referensi yang berkaitan dengan penelitian ini.

a. Data Primer

Data yang diambil atau digunakan sebagai data primer antara lain :

1. Data sampel sedimen

Data sample sedimen diambil secara langsung di lokasi penelitian secara acak dari tiga sampel, tiap tumpukan sehingga dapat mewakili keseluruhan sampel sedimen di lapangan, selanjutnya sampel di bawah ke Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Provinsi Nusa Tenggara Timur

2. Pengujian sampel sedimen

Pengujian sampel sedimen yang sudah diambil dilakukan pengujian analisa saringan di Laboratorium untuk mengetahui jenis butiran sedimen

3. Karakteristik sedimen

Data sampel yang sudah diuji di Laboratorium selanjutnya dilakukan perhitungan diameter butiran guna mengetahui karakteristik butiran sedimen yang dominan dilokasi penelitian

-. Data morfologi muara sungai

Untuk mendapat morfologi sungai atau data muara sungai dilakukan survey langsung dilapangan dengan membawa meter roll, alat tulis untuk mengetahui beda tinggi dan lebar muara sungai

-. Data visual

Yaitu menyangkut kondisi existing muara sungai Manikin serta permasalahan sedimen melalui dokumentasi

b. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari instansi – instansi serta buku dan referensi terkait yaitu :

1. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan di lokasi penelitian yang diperoleh dari BMKG stasiun klimatologi Lasiana berupa data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun terakhir (2006 – 2015) yang diperoleh dari rekapitulasi data curah hujan harian.

2. Data Topografi Sungai

Meliputi luas daerah aliran sungai (DAS), panjang sungai, kemiringan, dan lebar rata - rata sungai Manikin.

3. Data Tutupan lahan

4. Data kelas kemiringan lereng dan panjang

5. Data jenis tanah

6. Data ketinggian

7. Peta administrasi DAS Manikin

3. Analisa Hidrologi

A). Curah hujan rancangan

1). Menentukan curah hujan maksimum yang di peroleh dari BMKG stasiun klimatologi Lasiana kupang (tabel 4.1)

2). Analisa curah hujan rancangan maksimum dengan ;

a). Metode *log person type III* ;

1). Perhitungan standar deviasi (S_x) dengan pers. 2.3

2). Perhitungan koefisien skewness (C_s) dengan pers. 2.4

3). Perhitungan koefisien kurtosis (C_k) dengan pers. 2.5

4). Perhitungan koefisien variasi (C_v) dengan pers. 2.6

b). Metode *E.J Gumbel/ Gumbel* ;

1). Perhitungan standar deviasi (S_x) dengan pers. 2.9

2). Perhitungan faktor frekuensi (K) dengan pers. 2.10

2).Perhitungan koefisien kemencengan / skewness (C_s) dengan pers. 2.11

3). Perhitungan koefisien kurtosis (C_k) dengan pers. 2.12

4). Perhitungan koefisien variasi (C_v) dengan pers. 2.13

3). Pemilihan jenis sebaran ;

a). Menentukan uji distribusi frekuensi dengan tabel 2.4

- 3). Uji kecocokan/ sebaran distribusi frekuensi ;
 - a). Uji *Smirnov-Kolmogorov*
 - b). Uji *Chi-Square test* (Chi-kuadrat)
- 4). Analisa distribusi curah hujan rancangan
 - a). Metode *Log person type III*
- 5). Perhitungan intensitas curah hujan menggunakan pers. 2.19
- 6). Perhitungan koefisien limpasan (C) menggunakan pers. 2.20
- 7). Perhitungan curah hujan efektif menggunakan pers. 2.21
- 8). Perhitungan waktu konsentrasi (Tc) menggunakan pers. 2.23
- B). Perhitungan Debit Banjir
 - 1). Perhitungan unit hidrograf HSS *Nakayasu*
 - 2). Perhitungan unit hidrograf HSS *Snyder*
- C). Analisa Erosi Lahan
 - 1). Analisa erosi lahan dengan methode (*Modified Universal Soil Loss Equation MUSLE* (A) menggunakan pers. 2.47
- D). Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE)
 - 1). Perhitungan tingkat bahaya erosi (TBE) menggunakan pers. 2.50
 - 2). Perhitungan *sedimen delivery rasio* (SDR) menggunakan pers. 2.51
- E). Perhitungan Angkutan Sedimen
 - 1). Perhitungan angkutan sedimen (SY) menggunakan pers. 2.52
- F). Kesimpulan dan Saran

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Dari tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini seperti tertuang dalam Bab I, maka perlu dibahas lebih lanjut tentang data primer dan data sekunder, kemudian melakukan analisa hidrologi, analisa pendugaan erosi lahan, dan angkutan sedimen serta membandingkan erosi aktual dengan erosi yang ditoleransikan yang terjadi pada DAS Manikin. Berikut adalah peta lokasi penelitian di Muara Manikin :



Gambar 4.1. Peta Lokasi Penelitian

Sumber : Google Earth, 2016

Titik P₁ hingga P₃ pada gambar 4.4 sampai 4.7 adalah titik – titik yang dijadikan acuan dalam pengambilan data kemiringan muara dan pengambilan sample sedimen.

4.2. Pengambilan Data

4.2.1. Kronologis Pengambilan Data

Kronologis pengambilan data pada penelitian ini meliputi :

A. Tahapan persiapan

1. Pada tahapan ini ditetapkan jenis data, sumber pengambilan data, waktu pengambilan data dan waktu penyelesaiannya.
2. Mempersiapkan peralatan yang diperlukan dalam pengambilan data lapangan
3. Mempersiapkan alat analisa dan pendukungnya berupa teori dan rumus empiris.

B. Tahapan pengambilan data

1. Pengambilan data lapangan sebagai data primer yaitu mendatangi lokasi penelitian untuk dokumentasi, pengambilan sampel sedimen, pengukuran kemiringan muara.
2. Data sekunder dalam penelitian ini yaitu peta Propinsi Nusa Tenggara Timur skala 1 : 25.000, data curah hujan selama 10 (sepuluh) tahun terakhir yang diperoleh dari BMKG Stasiun Klimatologi Lasiana Kupang serta data topografi Sungai Manikin, peta tutupan lahan dan peta kelas lereng, peta administrasi DAS Manikin, peta ketinggian diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II.

4.2.2. Data Hasil Penelitian

4.2.2.1. Data Primer

Adapun data primer pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Data dokumentasi berupa permasalahan sedimen

1. Sedimen menyebabkan gerusan serta pembelokan alur pada Muara Manikin, dapat dilihat pada gambar 4.1. dan 4.2. di bawah ini :



Gambar 4.2. Pembelokan alur muara
Sumber : Dokumentasi, 2017



Gambar 4.3. Gerusan lahan warga
Sumber : Dokumentasi, 2017

2. Tumpukan sedimen yang mengakibatkan pendangkalan dan penutupan muara dapat dilihat pada gambar 4.4 dan 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.4. Penutupan muara
Sumber : Dokumentasi, 2017



Gambar 4.5. Tumpukan sedimen
Sumber : Dokumentasi, 2017

Data Sedimen

Sedimen yang diambil untuk uji analisa sedimen pada penelitian ini diambil pada daerah sekitar muara sungai Manikin. Untuk perhitungan dan langkah pengujian analisa sedimen bisa dilihat pada lampiran B. Adapun penentuan titik pengambilan sampel sedimen tersebut untuk uji analisa saringan untuk mengetahui sebaran diameter butiran sedimen yang dominan sebagai berikut :

1. Pengambilan sedimen di sekitar muara Manikin :

Data sedimen berupa hasil analisa di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Provinsi Nusa Tenggara Timur dimana sampel yang diambil langsung dari lapangan selanjutnya sampel yang diambil pada tiga titik yang berbeda dengan masing - masing berat P1 2751 gram, P2 3330 gram dan P3 1695 gram selanjutnya dikeringkan dalam oven selama 24 jam kemudian sampel dikeluarkan dan dilakukan pengayakan (*sieve analysis*) sedimen untuk mengetahui sebaran butiran sedimen pada muara DAS Manikin

Data sedimen sedimen yang di ambil :

- Sampel pertama diambil pada titik P_1 dengan ukuran butiran sedimen 0,107 mm (pasir sangat halus) berdasarkan tabel 2.17
- Sampel kedua diambil pada titik P_2 dengan ukuran butiran sedimen 0,306 mm (pasir sedang) berdasarkan tabel 2.17
- Sampel ketiga diambil pada titik P_3 dengan ukuran butiran sedimen 0,06 mm (pasir

Sangat halus) berdasarkan tabel 2.17

- Berdasarkan hasil pengujian sampel sedimen yang di ambil pada tiga titik yaitu P_1 sampai P_3 dan setelah dilakukan pengujian sampel pada Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Provinsi Nusa Tenggara Timur dapat di ketahui bahwa sebaran sedimen yang berada pada muara DAS Manikin didominasi oleh sedimen dengan sebaran ukuran butiran 0,064 - 0,107 mm (pasir sangat halus) berdasarakan pada tabel 2.17 Klasifikasi ukuran butir dan sedimen
- Hasil pengujian dari tiga sampel yang diambil pada masing – masing titik mengandung kadar lumpur P_1 19,30 %, P_2 23,30 % dan P_3 14,63 %



Gambar 4.6. Sampel Pada Titik P_1
Sumber : Dokumentasi, 2017



Gambar 4.7. Sampel Pada Titik P_2
Sumber : Dokumentasi, 2017



Gambar 4.8. Sampel Pada Titik P_3
Sumber : Dokumentasi, 2017

B. Data Elevasi Muara

Untuk mendapatkan kemiringan atau kelandaian muara, pengukuran dilakukan ini dilakukan secara langsung dari hasil pengukuran menggunakan meter kecil, di dapat beda tinggi dasar muara dengan muka tanah asli 3,75 meter



Gambar 4.9. Pengukuran elevasi muara
Sumber : Dokumentasi, 2017

D. Informasi Masalah Kerusakan

Data ini diperoleh melalui wawancara secara langsung menggunakan kuesioner dengan pihak Kantor Kelurahan Tarus dan penduduk asli Pantai Manikin.

4.2.2.2. Data Sekunder

Data sekunder yang diambil meliputi :

- Data hujan daerah dari tahun 2006 – 2015 (Lampiran A)
- Data topografi Sungai Manikin meliputi luas daerah aliran sungai (DAS), panjang sungai, kemiringan, dan lebar rata-rata sungai (Lampiran F)
- Data tutupan lahan, kemiringan kelas lereng, dan peta administrasi DAS Manikin
- Peta Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) skala 1 : 25.000

4.3. Analisa Data

Dalam penelitian ini ada 4 (empat) tahapan besar dalam melakukan analisa terhadap data agar memperoleh tujuan yang ingin dicapai pada Bab I, yaitu

1. Analisis hidrologi

Analisa data dalam penelitian ini yaitu proses pengolahan data curah hujan harian maksimum untuk memperoleh hujan rancangan maksimum dengan periode hujan dengan kala hujan ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Dengan data hujan rancangan maksimum dan data topografi sungai Manikin yang ada dapat dilakukan analisa untuk menentukan debit banjir rencana berdasarkan metode HSS *Nakayasu* dan HSS *Snyder*. Dari hasil perhitungan dapat di ketahui debit banjir maksimum tetapi dalam perhitungan ini saya menggunakan metode HSS *Nakayasu*

2. Analisa pendugaan erosi dengan metode (*Modified Universal Soil Loss Equation MUSLE (modified USLE)*)
3. Analisa angkutan sedimen akibat dari erosi lahan dengan mengalikan nilai (*SDR sediment delivery ratio*) dengan nilai erosi
4. Analisa perhitungan tingkat bahaya erosi dengan membandingkan erosi aktual dengan erosi yang ditoleransikan

Data peta fisik tanah, peta kelas lereng, peta tutupan lahan dan peta NTT menjadi acuan untuk melakukan analisa perhitungan pendugaan erosi yang terjadi di DAS Manikin.

4.4. Analisa Hidrologi

4.4.1. Analisa Curah Hujan Maksimum

Penentuan curah hujan maksimum tahunan dilakukan dengan cara rekapitulasi data curah hujan harian. Dari data yang telah direkap tadi diambil nilai curah hujan yang paling tinggi pada setiap tahun pengamatan. Rekapitulasi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1. Data Curah Hujan Maksimum

Tahun	Bulan												Max (X)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
2006	62	98	193	126	9	13	0	0	0	0	5	34	193
2007	70	113	101	49	0	16	0	0	0	0	34	44	113
2008	66	170	32	40	0	3	0	0	0	16	32	60	170
2009	86	113	43	2	32	0	2	0	0	0	79	173	173
2010	100	35	72	28	37	7	4	20	20	32	4	42	100
2011	51	78	53	62	62	0	0	0	0	17	24	37	78
2012	51	100	59	74	16	0	0	0	13	3	15	64	100
2013	58	56	100	11	9	21	0	0	0	8	32	30	100
2014	112	78	17	23	8	0	6	0	0	0	23	26	112
2015	100	27	44	21	6	0	3	0	0	0	9	33	100

Sumber : BMKG Stasiun Klimatologi Lasiana

4.4.2. Analisa Curah Hujan Rancangan Maksimum

Berdasarkan curah hujan tahunan, ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan harian maksimum untuk menentukan debit banjir rencana. Suatu kenyataan bahwa tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata - ratanya, akan tetapi ada kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil. Besarnya derajat sebaran varian di sekitar nilai rata - ratanya disebut variasi atau dispersi,

yang besarnya dapat dihitung dengan perhitungan dispersi di bawah ini. Hasil perhitungan data statistik dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut :

1). Metode *Log person type III*

Selain itu, dilakukan perhitungan parameter statistik untuk nilai Log, dimana hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4.2 ;

Tabel 4.2 : Perhitungan curah hujan tahunan (*Log person type III*)

No	Curah hujan (mm)	Log Xi	(logXi-log X)	(logXi-logX) ²	(logXi-logX) ³	(logXi-logX) ⁴
1	193	2,286	0,211	0,044	0,009	0,002
2	113	2,053	-0,022	0,000	0,000	0,000
3	170	2,230	0,156	0,024	0,004	0,001
4	173	2,238	0,163	0,027	0,004	0,001
5	100	2,000	-0,075	0,006	0,000	0,000
6	78	1,892	-0,183	0,033	-0,006	0,001
7	100	2,000	-0,075	0,006	0,000	0,000
8	100	2,000	-0,075	0,006	0,000	0,000
9	112	2,049	-0,026	0,001	0,000	0,000
10	100	2,000	-0,075	0,006	0,000	0,000
Jlh	1239	20,748	0,000	0,152	0,010	0,005
Log Xi _{rerata}	12,39	2,075				

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.4 dapat di hitung faktor – faktor uji distribusi sebagai berikut ;

1). Perhitungan curah hujan rata-rata (logX_{rerata}) dengan pers. 2.2 ;

$$\log \bar{X} = \frac{20,748}{10} = 2,075$$

1). Perhitungan standar deviasi (Sx) dengan pers. 2.3 ;

$$Sx = \sqrt{\frac{0,152}{10-1}} = \sqrt{\frac{0,152}{9}} = 0,130$$

2). Perhitungan koefisien skewness (Cs) dengan pers. 2.4 ;

$$Cs = \frac{10x(0,010)^3}{(10-1)(10-2)0,130^3} = 0,610$$

3). Perhitungan koefisien kurtosis (Ck) dengan pers. 2.5 ;

$$Ck = \frac{10^2(0,005)^4}{(10-1)(10-2)(10-3)0,130^4} = 3,129$$

4). Perhitungan koefisien variasi (Cv) dengan pers. 2.6 ;

$$C_v = \frac{0,130}{2,075} = 0,063$$

Tabel 4.3 : Parameter uji statistik distribusi curah hujan tahunan (*log person type III*)

No	Parameter	Stasiun Lasiana
1	Hujan rata-rata ($\text{Log}X_{\text{rerata}}$)	2,075
2	Standart deviai (S_x)	0,130
3	Koefisien skewness (C_s)	0,610
4	Koefisien kurtosis (C_k)	3,129
5	Koefisien variasi (C_v)	0,063

Sumber : Hasil perhitungan

2). Metode *Gumbel*

Tabel 4.4 : Perhitungan curah hujan rancangan tahunan (*Gumbel*)

No	Curah hujan (mm) / X_i	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	193	69.100	4774.81	329939.371	22,798,810.54
2	113	-10.900	118.81	-1295.029	14,115.82
3	170	46.100	2125.21	97972.181	4,516,517.54
4	173	49.100	2410.81	118370.771	5,812,004.86
5	100	-23.900	571.21	-13651.919	326,280.86
6	78	-45.900	2106.81	-96702.579	4,438,648.38
7	100	-23.900	571.21	-13651.919	326,280.86
8	100	-23.900	571.21	-13651.919	326,280.86
9	112	-11.900	141.61	-1685.159	20,053.39
10	100	-23.900	571.21	-13651.919	326,280.86
Jumlah	1239	0.000	13,962.90	391,991.88	38,905,273.98
Rata-rata ($\bar{X}$)	123,90				

Sumber : Hasil Perhitungan

Parameter dalam perhitungan curah hujan rancangan periode hujan dengan kala ulang ;

1). Perhitungan curah hujan harian rata – rata (X_{rerata}) dengan pers. 2.8 ;

$$\bar{X} = \frac{1239}{10} = 123,900 \text{ mm / thn}$$

2). Perhitungan standar deviasi (S_x) menggunakan persamaan (2.9) ;

$$S_x = \left[\frac{13,962.90}{(10-1)} \right] = 39,388$$

4). Perhitungan koefisien kemencengan / skewness (C_s) dengan pers. 2.11 ;

$$Cs = \frac{10 \times (391,991.88)^3}{(10-1)(10-2)39,388^3} = 0,891$$

5). Perhitungan koefisien kurtosis (Ck) dengan pers. 2.12 ;

$$Ck = \frac{10^2 \times (38,905,273.98)^4}{(10-1)(10-2)(10-3)39,388^4} = 3,207$$

4). Perhitungan koefisien variasi (Cv) dengan pers. 2.13 ;

$$Cv = \frac{39,388}{123,90} = 0,318$$

Tabel 4.5 : Parameter uji statistik distribusi curah hujan tahunan (*Gumbel*)

No	Parameter	Stasiun Lasiana
1	Hujan rata-rata (X_{rerata})	123,90
2	Standart deviai (Sx)	39,388
3	Koefisien skewness (Cs)	0,891
4	Koefisien kurtosis (Ck)	3,207
5	Koefisien variasi (Cv)	0,318

Sumber : Hasil perhitungan

3). Rekap hasil perhitungan dispersi

Tabel 4.6 : Hasil perhitungan dispersi

No	Parameter	Parameter	
		Statik	Logaritma
1	Hujan rata-rata (X_{rerata})	123,90	2,075
2	Standart deviai (Sx)	39,388	0,130
3	Koefisien skewness (Cs)	0,891	0,610
4	Koefisien kurtosis (Ck)	3,207	3,129
5	Koefisien variasi (Cv)	0,318	0,063

Sumber : Hasil perhitungan

4.4.3. Pemilihan Jenis Sebaran Distribusi

Dari hasil perhitungan faktor - faktor diatas maka dapat ditentukan metode distribusi yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan periode hujan dengan kala ulang yang sesuai dengan ketentuan pada tabel 4,7 ;

Tabel 4.7 : Syarat analisa frekuensi untuk distribusi

No	Jenis distribusi	Syarat	Perhitungan	Keterangan
1.	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	0,891 3,207	Tidak Tidak
2.	Log normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$ $C_k = 5,383$	$3C_v + C_v^2 = 0,193$ 3,129	Tidak Tidak
3.	E.J Gumbel	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$	0,891 3,207	Memenuhi Memenuhi
4.	Log person type III	$C_s \neq 0$	0,610	Memenuhi

Sumber : Soewarno,1995 dan hasil perhitungan, 2017

4.4.4. Uji Kecocokan/ Sebaran Distribusi Frekuensi

1). Uji sebaran distribusi *Chi-Square test untuk metode Gumbel*

Uji *Chi-Square test* digunakan untuk membandingkan data observasi dengan data yang diharapkan untuk menguji hipotesis. Berikut adalah perhitungan Uji *Chi-Square test* untuk Distribusi *Gumbel* :

Langkah - langkah untuk melakukan Uji *Chi-Square test* (Sarwono,1995) yaitu :

Tabel 4.8 : Mengurutkan data dari besar ke kecil

No	Xi	Xi dari besar ke kecil
1	193	193
2	113	173
3	170	170
4	173	113
5	100	112
6	78	100
7	100	100
8	100	100
9	112	100
10	100	78

Sumber : Hasil perhitungan

1. Mencari nilai terbesar dan terkecil.

$X_{\max}$: 193

$X_{\min}$: 78

2. Mencari jumlah kelas (K) menggunakan pers. 2.16 ;

$K = 1 + 3.32 \log 10$

$= 5.320 \text{ -----} > \textbf{Diambil nilai 5 kelas ---- Maksimal}$

3. Mencari nilai (Ef) menggunakan pers. 2.17 ;

$E_f = 10 / 5 = 2$

4. Mencari derajat kebebasan (dk) menggunakan pers. 2.18 ;

$$Dk = 5 - (1 + 1) = 3$$

(Nilai R = 1 untuk distribusi person dan *Gumbel* dan Nilai R = 2 untuk distribusi normal dan binomial). Untuk Dk = 3, signifikan (α) = 5 %, maka dari tabel uji *Chi-Square* didapat harga $X^2_{cr} = 7,815$ dari tabel 2.5

$$5. \Delta x = \frac{R_{\text{terbesar}} - R_{\text{terkecil}}}{K - 1} = \frac{193 - 78}{5 - 1} = 28,75$$

$$\frac{1}{2} \Delta x = 14,38$$

$$X_{\text{awal}} = \left[R_{\text{terkecil}} - \frac{1}{2} \Delta x \right] = 78 - 14,38 = 63,63$$

$$X_{\text{akhir}} = \left[R_{\text{terbesar}} - \frac{1}{2} \Delta x \right] = 193 - 14,38 = 178,63$$

6. Membuat tabel distribusi frekuensi

Tabel 4.9 : Perhitungan nilai X^2_h *Chi-Square test* sebaran distribusi *Gumbel*

No	Interval kelas	Ef	Of	(Of-Ef) ²	(Of-Ef) ² /Ef
1	63,63 < Xi < 92,38	2	1	1	0,5
2	98,32 < Xi < 121,13	2	6	16	8
3	121,13 < Xi < 148,99	2	0	4	2
4	148,99 < Xi < 178,63	2	2	0	0
5	< 178,63	2	1	1	0,5
Jumlah		10	10	22	11,00

Sumber : Hasil perhitungan

Karena nilai $X^2_h = 11,00 > X^2_{cr} = 7,815$ dari tabel 2.5 *Chi-Square* (**Tidak Memenuhi**), untuk menghitung curah hujan rancangan periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun

2). Uji sebaran distribusi *Smirnov – Kolmogorov metode Gumbel*

Untuk menguatkan perkiraan pemilihan distribusi yang diambil, maka dilakukan pengujian distribusi dengan menggunakan metode *Smirnov-Kolmogorov* dari masing - masing distribusi. Metode ini dikenal dengan uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Berdasarkan data yang ada, nilai n adalah 10, sehingga didapat harga kritis *Smirnov - Kolmogorov* dengan derajat kepercayaan 0,05 (5%) dengan menggunakan tabel 2.6 didapat nilai $D_{cr} = 0,41$. Hasil uji *Smirnov-Kolmogorov* dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10 : Perhitungan Dmax *Smirnov-Kolmogorov* sebaran distribus *Gumbel*

Tahun	Rmax	m	$P(x)=m/(n+1)$	$P(x<)=1-P$	$kt=(\log xi - \log x)/Sx$	$P'(x)=m/(n-1)$	$P'(x<)=1-P'(x)$	$D_{max}=P(x<)-P'(x<)$
2006	193	1	0,091	0,909	0,005	0,111	0,889	0,020
2007	113	2	0,182	0,818	0,004	0,222	0,778	0,040
2008	170	3	0,273	0,727	0,004	0,333	0,667	0,061
2009	173	4	0,364	0,636	-0,001	0,444	0,556	0,081
2010	100	5	0,455	0,545	-0,001	0,556	0,444	0,101
2011	78	6	0,545	0,455	-0,002	0,667	0,333	0,121
2012	100	7	0,636	0,364	-0,002	0,778	0,222	0,141
2013	100	8	0,727	0,273	-0,002	0,889	0,111	0,162
2014	112	9	0,818	0,182	-0,002	1,000	0,000	0,182
2015	100	10	0,909	0,091	-0,005	1,111	-0,111	0,202
Jlh	1239							
Rata-rata (X)	123,90							
Sx	39,388							

Sumber : Hasil perhitungan

$$D_{max} = 0,202$$

Dari tabel kritis *Smirnov – Kolmogorov* tabel 2.6 didapat $D_{cr} (0,05) = 0,41$, $D_{max} < D_{cr}$ (Memenuhi)

3). Uji sebaran distribusi *Chi-Square test untuk metode Log person type III*

Uji *Chi-Square test* digunakan untuk membandingkan data observasi dengan data yang diharapkan untuk menguji hipotesis. Berikut adalah perhitungan Uji *Chi-Square test* untuk Distribusi *Log person type III*:

Langkah - langkah untuk melakukan Uji *Chi-Square test* (Sarwono,1995) yaitu :

Tabel 4.11 : Mengurutkan data dari besar ke kecil

No	Xi	Xi dari besar ke kecil
1	2,286	2,286
2	2,053	2,238
3	2,230	2,230
4	2,238	2,053
5	2,000	2,049
6	1,892	2,000
7	2,000	2,000
8	2,000	2,000
9	2,049	2,000
10	2,000	1,892

Sumber : Hasil perhitungan

1. Mencari nilai terbesar dan terkecil.

$$X_{max} : 2,286$$

$$X_{min} : 1,892$$

2. Mencari jumlah kelas (K) menggunakan pers. 2.16 ;

$$K = 1 + 3.32 \log 10 \\ = 5.320 \text{ -----} > \text{Diambil nilai 5 kelas ---- Maksimal}$$

3. Mencari nilai (Ef) menggunakan pers. 2.17 ;
 $Ef = 10 / 5 = 2$

4. Mencari derajat kebebasan (dk) menggunakan pers. 2.18 ;
 $Dk = 5 - (1 + 1) = 3$
 (Nilai R = 1 untuk distribusi person dan *Gumbel* dan Nilai R = 2 untuk distribusi normal dan binomial). Untuk $Dk = 3$, signifikan (α) = 5 %, maka dari tabel uji *Chi-Square* didapat harga $X^2_{cr} = 7,815$ dari tabel 2.5

$$5. \Delta x = \frac{R_{\text{terbesar}} - R_{\text{terkecil}}}{K - 1} = \frac{2,286 - 1,892}{5 - 1} = 0,099$$

$$\frac{1}{2} \Delta x = 0,049$$

$$X_{\text{awal}} = \left[R_{\text{terkecil}} - \frac{1}{2} \Delta x \right] = 1,892 - 0,049 = 1,843$$

$$X_{\text{akhir}} = \left[R_{\text{terbesar}} - \frac{1}{2} \Delta x \right] = 2,286 - 0,049 = 2,237$$

6. Membuat tabel distribusi frekuensi

Tabel 4.12 : Perhitungan nilai X^2_h *Chi-Square test* sebaran distribusi *Log person type III*

No	Interval kelas	Ef	Of	(Of-Ef) ²	(Of-Ef) ² /Ef
1	1,843 < Xi < 1,941	2	1	1	0,5
2	1,941 < Xi < 2,040	2	5	9	4,5
3	2,040 < Xi < 2,138	2	1	1	0,5
4	2,138 < Xi < 2,237	2	2	0	0
5	< 2,237	2	1	1	0,5
Jumlah		10	10	12	6,0

Sumber : Hasil perhitungan

Karena nilai $X^2_h = 6,0 < X^2_{cr} = 7,815$ dari tabel 2.5 *Chi-Square* (**Memenuhi**), untuk menghitung curah hujan rancangan periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun

4). Uji sebaran distribusi **Smirnov – Kolmogorov metode Log person type III**

Untuk menguatkan perkiraan pemilihan distribusi yang diambil, maka dilakukan pengujian distribusi dengan menggunakan metode *Smirnov-Kolmogorov* dari masing - masing distribusi. Metode ini dikenal dengan uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Berdasarkan data yang ada, nilai n adalah 10, sehingga didapat harga kritis *Smirnov - Kolmogorov* dengan derajat

kepercayaan 0,05 (5%) dengan menggunakan tabel 2.6 didapat nilai $D_{cr} = 0,41$. Hasil uji *Smirnov-Kolmogorov* dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4.13 : Perhitungan D_{max} *Smirnov-Kolmogorov* sebaran distribus *Log person type III*

Tahun	Rmax	m	$P(x)=m/(n+1)$	$P(x<)=1-P$	$kt=(\log xi - \log x)/Sx$	$P'(x)=m/(n-1)$	$P'(x<)=1-P'(x)$	$D_{max}=P(x<)-P'(x<)$
2006	2,286	1	0,091	0,909	1,623	0,111	0,889	0,020
2007	2,053	2	0,182	0,818	-0,169	0,222	0,778	0,040
2008	2,230	3	0,273	0,727	1,200	0,333	0,667	0,061
2009	2,238	4	0,364	0,636	8,946	0,444	0,556	0,081
2010	2,000	5	0,455	0,545	-0,577	0,556	0,444	0,101
2011	1,892	6	0,545	0,455	-1,408	0,667	0,333	0,121
2012	2,000	7	0,636	0,364	-0,577	0,778	0,222	0,141
2013	2,000	8	0,727	0,273	-0,577	0,889	0,111	0,162
2014	2,049	9	0,818	0,182	-0,200	1,000	0,000	0,182
2015	2,000	10	0,909	0,091	-0,577	1,111	-0,111	0,202
Jlh	20,748							
Rata-rata (X)	2,075							
Sx	0,130							

Sumber : Hasil perhitungan

$$D_{max} = 0,202$$

Dari tabel kritis *Smirnov – Kolmogorov* tabel 2.6 didapat $D_{cr} (0,05) = 0,41$

$D_{max} < D_{cr}$ (**Memenuhi**), untuk menghitung curah hujan rancangan periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun menggunakan distribusi *Log person type III*.

4.4.5. Analisa Distribusi Curah Hujan Rancangan

Dari hasil analisa uji statistik di atas menunjukkan bahwa dari dua metode distribusi yang ada hanya Metode Distribusi *Log person type III* yang memenuhi persyaratan untuk menghitung curah hujan rancangan periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun untuk Daerah Aliran Sungai Manikin.

4.4.5.1. Metode *Log Person Type III*

Dari hasil analisa parameter uji statistik di atas, Metode yang terpilih dalam menghitung distribusi curah hujan rancangan yaitu Metode *Log person type III*. Rumus yang digunakan adalah rumus pada bab 2 yang telah dibahas sebelumnya.

a). Menentukan nilai Y_n -----dari tabel 2.1

$$Y_n = 0,4996 \text{ -----pengamatan 10 tahun}$$

b). Menentukan nilai S_n -----dari tabel 2.3

$$S_n = 0,9697 \text{ -----pengamatan 10 tahun}$$

c). Menentukan nilai Y_t -----dari tabel 2.2

$Y_t = 0,3665$ -----periode kala ulang 2 tahun
 $Y_t = 1,4999$ -----periode kala ulang 5 tahun
 $Y_t = 2,2502$ -----periode kala ulang 10 tahun
 $Y_t = 3,9019$ -----periode kala ulang 50 tahun
 $Y_t = 4,6001$ -----periode kala ulang 100 tahun

1). Perhitungan faktor frekuensi (K) dengan menggunakan persamaan (2.10) adalah sebagai berikut :

Contoh :

Periode kala ulang 2 tahun ;

$$Y_n = 0,4996$$

$$S_n = 0,9697$$

$$Y_t = 0,3665$$

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \\
 &= \frac{(0,3665 - 0,4996)}{0,9697} = -0,137
 \end{aligned}$$

Periode kala ulang 5 tahun ;

$$Y_n = 0,4996$$

$$S_n = 0,9697$$

$$Y_t = 1,4999$$

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \\
 &= \frac{(1,4999 - 0,4996)}{0,9697} = 1,032
 \end{aligned}$$

Periode kala ulang 10 tahun ;

$$Y_n = 0,4996$$

$$S_n = 0,9697$$

$$Y_t = 2,2502$$

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \\
 &= \frac{(2,2502 - 0,4996)}{0,9697} = 1,805
 \end{aligned}$$

Periode kala ulang 50 tahun ;

$$Y_n = 0,4996$$

$$\begin{aligned}
S_n &= 0,9697 \\
Y_t &= 3,9019 \\
k &= \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \\
&= \frac{(3,9019 - 0,4996)}{0,9697} = 3,509
\end{aligned}$$

Periode kala ulang 100 tahun ;

$$\begin{aligned}
Y_n &= 0,4996 \\
S_n &= 0,9697 \\
Y_t &= 4,6001 \\
k &= \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \\
&= \frac{(4,6001 - 0,4996)}{0,9697} = 4,229
\end{aligned}$$

2). Perhitungan curah hujan maksimum periode hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun menggunakan pers. 2.1 ;

Periode kala ulang 2 tahun ;

$$\log X_t = 2,075 + -0,137 \times 0,130 = 2,057 \text{ mm}$$

Periode kala ulang 5 tahun ;

$$\log X_t = 2,075 + 1,032 \times 0,130 = 2,209 \text{ mm}$$

Periode kala ulang 10 tahun ;

$$\log X_t = 2,075 + 1,805 \times 0,130 = 2,310 \text{ mm}$$

Periode kala ulang 50 tahun ;

$$\log X_t = 2,075 + 3,509 \times 0,130 = 2,531 \text{ mm}$$

Periode kala ulang 100 tahun ;

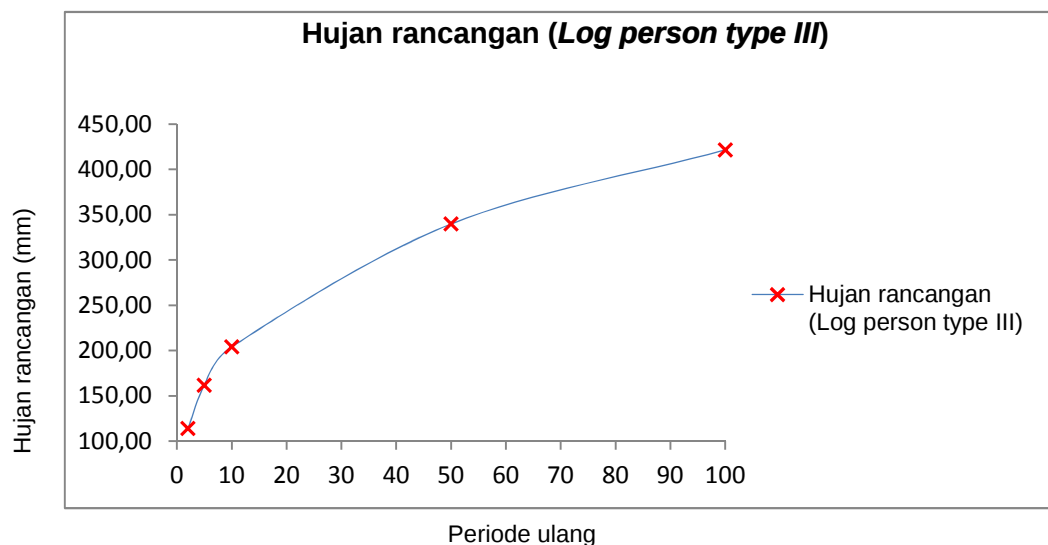
$$\log X_t = 2,075 + 4,229 \times 0,130 = 2,625 \text{ mm}$$

Tabel 4.14 : Perhitungan curah hujan rancangan maksimum periode hujan dengan kala ulang

No	Periode ulang (T)	k	Yt	Cs	Sx	$\log X_{\text{rata-rata}}$ (mm)	Besarnya curah hujan rancangan $X_t = 10^{\log X_t}$ (mm)
1	2	-0,137	0,3665	0,610	0,130	2,075	114,075
2	5	1,032	1,4999	0,610	0,130	2,075	161,868
3	10	1,805	2,2502	0,610	0,130	2,075	204,009
4	50	3,509	3,9019	0,610	0,130	2,075	339,758
5	100	4,229	4,6001	0,610	0,130	2,075	421,473

Sumber : Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.14 nilai X_t merupakan hujan yang terjadi pada periode hujan kala ulang T tahun dengan menggunakan persamaan *Log person type III*. didapatkan dari perhitungan yaitu besarnya curah hujan rancangan yang akan terjadi dalam periode hujan dengan kala ulang hujan 2 tahun sebesar 114,868 mm, 5 tahun sebesar 161,868 mm, 10 tahun sebesar 204,009 mm, 50 tahun sebesar 339,758 mm dan 100 tahun sebesar 421,473 mm selanjutnya X_t menjadi data hujan maksimum (R_t) pada perhitungan curah hujan efektif (R_e)



Gambar 4.10 : Grafik hujan rancangan (Metode *Log person type III*)

4.4.5.2. Perhitungan Distribusi Hujan Jam Jaman

I). Perhitungan intensitas curah hujan selama 5 jam

Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis yang terdiri dari dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Distribusi hujan yang sering terjadi di Indonesia dengan hujan terpusat 5 jam untuk menghitung distribusi hujan jam – jam yang didasarkan pada rumus Mononobe ;

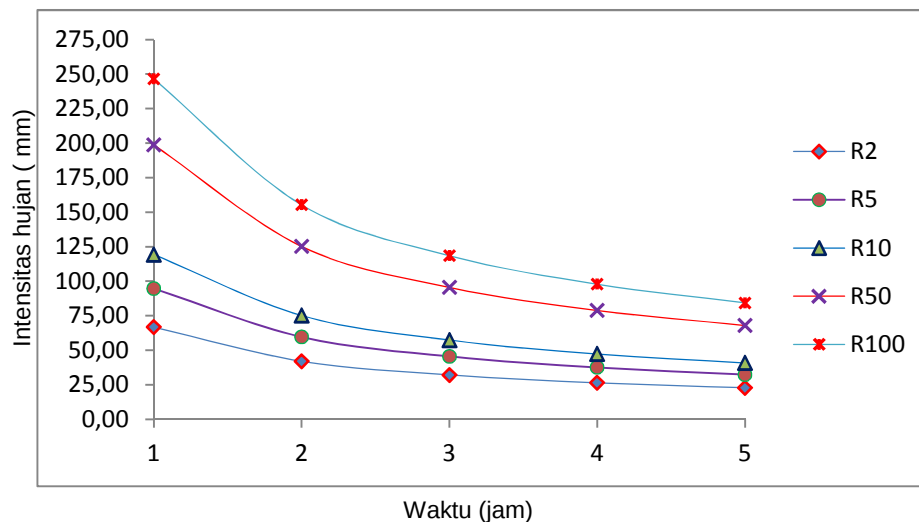
Perhitungan intensitas curah hujan untuk jam ke-1 periode hujan dengan kala ulang hujan 2 tahun menggunakan pers. 2.19 ;

$$I = \frac{114,075}{5} \times \left(\frac{5}{1}\right)^{2/3} = \frac{114,975}{5} \times \left(\frac{5}{1}\right)^{0,667} = 66,711 \text{ mm}$$

Tabel 4.15 : Perhitungan intensitas curah hujan selama 5 jam

Jam	Intensitas hujan selama 5 jam				
	R2	R5	R10	R50	R100
	114,075	161,868	204,009	339,758	421,473
1	66,711	94,661	119,305	198,692	246,479
2	42,026	59,633	75,158	125,168	155,272
3	32,071	45,508	57,356	95,521	118,495
4	26,474	37,566	47,346	78,851	97,815
5	22,815	32,374	40,802	67,952	84,295

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.11 : Grafik intensitas curah hujan (5 jam)

II) Perhitungan koefisien limpasan (C)

1). Koefisien aliran menggunakan pers. 2.20 metode *Haspers* ;

$$C = \frac{1 + 0,012 \times 112,536^{0,70}}{1 + 0,075 \times 112,536^{0,70}} = 0,436$$

III). Perhitungan curah hujan efektif selama 5 jam

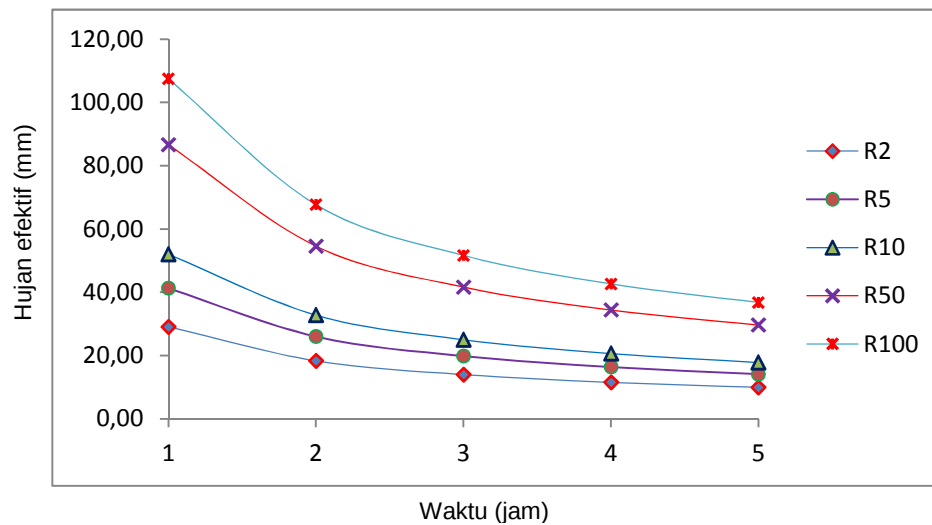
Perhitungan curah hujan efektif menggunakan pers. 2.21 ;

$$Re = 0,436 \times 66,747 = 29,086$$

Tabel 4.16 : Perhitungan curah hujan efektif selama 5 jam

Jam	Curah hujan efektif selama 5 jam				
	R2	R5	R10	R50	R100
1	29,086	41,272	52,017	86,630	107,465
2	18,323	26,000	32,769	54,573	67,699
3	13,983	19,842	25,007	41,647	51,664
4	11,543	16,379	20,643	34,379	42,647
5	9,947	14,115	17,790	29,627	36,752

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.12 : Grafik curah hujan efektif (5 jam)

4.4.6. Perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi (Tc) diartikan sebagai waktu yang diperlukan setetes air hujan yang jatuh ditempat terjauh dalam DAS untuk mengalir ke titik kontrol. Nilai Tc dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris *Haspers* atau pers. 2.23 ;

$$T_c = 0,1 \times L^{0,8} \times S^{-0,3} = 0,1 \times 20^{0,8} \times 0,02^{-0,3} = 3,552$$

4.4.7. Perhitungan Unit Hidrograf Banjir Rancangan

a. Perhitungan hidrograf satuan sintesis (HSS) *Nakayasu*

1. Menghitung debit puncak (Qp) metode hidrograf HSS *Nakayasu* menggunakan pers. 2.24 ;

$$Q_p = \frac{1}{36} \times 112,356 \times \frac{1}{(0,3 \times 2,496 + 1,56)} = 1,352 m^3 / dtk$$

2. Menghitung nilai tg, tr, tp dan t_{0,3} :

$$t_p = 1,560 + 0,8 \times 1,170 = 2,496 \text{ jam (menggunakan pers. 2.25)}$$

$$t_{0,3} = 0,5 \times 1,960 = 1,560 \text{ jam (menggunakan pers. 2.26)}$$

$$t_g = 0,40 + 0,058 \times 20 = 1,560 \text{ jam (menggunakan Pers. 2.27)}$$

$$t_r = 0,75 \times 1,960 = 1,170 \text{ jam (menggunakan pers. 2.28)}$$

3. Hitung debit banjir puncak maksimum periode ulang 2 tahun :

a. Hitung debit bagian lengkungan naik (Q_n) ;

0 < t < t_p atau pada bagian 0 < t < 2,496 jam dibulatkan 2 jam

Menggunakan Pers. 2.29 ;

$$Q_n = Q_p \times \left(\frac{t}{t_p} \right)^{2,4} = 1,352 \times \left(\frac{2}{2,496} \right)^{2,4} = 0,794 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

Tabel : 4.17 : perhitungan kurva naik (Q_n)

t	$t/t_p^{2,4}$	Q (m^3/dtk)
0	0,000	0,000
1	0,111	0,151
2	0,588	0,794

Sumber : Hasil perhitungan

- b. Hitung debit bagian lengkung turun (Q_{r1}) $t_p < t < (t_p + t_{0,3})$ atau pada bagian 2 jam $< t < (2,496 + 1,560)$ jam atau $2 < t < 4,056$ jam dibulatkan 4 jam
Menggunakan Pers. 2.30 :

$$Q_{r1} = Q_p \times 0,3^{\left(\frac{t-t_p}{t_{0,3}} \right)} = 1,352 \times 0,3^{\left(\frac{4-2,496}{1,560} \right)} = 0,424 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

Tabel : 4.18 : perhitungan kurva turun 1 (Q_{r1})

t	$0,3^{((t-t_p)/t_{0,3})}$	Q (m^3/dtk)
3	0,678	0,916
4	0,313	0,424

Sumber : Hasil perhitungan

- c. Hitung debit pada bagian turun (Q_{r2}) : $t_{0,3} < t < (t_p + t_{0,3} + 1,5 \times t_{0,3})$ atau 4 jam $< t < (2,496 + 1,560 + 1,5 \times 1,560)$ atau $4 < t < 6,396$ jam dibulatkan 6 jam
Menggunakan Pers. 2.31 ;

$$Q_{r2} = Q_p \times 0,3^{((t-t_p)+(0,5 \times t_{0,3}))/((1,5 \times t_{0,3}))} = 1,352 \times 0,3^{((6-2,496)+(0,5 \times 1,560))/(1,5 \times 1,560)} = 0,149 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

Tabel : 4.19 : perhitungan kurva turun 2 (Q_{r2})

t	$0,3^{(((t-t_p)+(0,5 \times t_{0,3}))/((1,5 \times t_{0,3})))}$	Q (m^3/dtk)
5	0,185	0,250
6	0,110	0,149

Sumber : Hasil perhitungan

- d. Hitung debit pada bagian turun (Q_{r3}) : $t > (t_p + t_{0,3} + 1,5 \times t_{0,3})$ atau $t > 8,036$ jam atau $t > (2,496 + 1,560 + 1,5 \times 1,560)$ $t > 8,036$ jam dibulatkan 8 jam

Menggunakan Pers. 2.32 :

$$Q_{r3} = Q_p \times 0,3^{((t-t_p)+(1,5 \times t_{0,3}))/((2 \times t_{0,3}))} = 1,352 \times 0,3^{((8-2,496)+(1,5 \times 1,560))/(2 \times 1,560)} = 0,096 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

Hasil perhitunga kurva turun 3 (Q_{r3}) dapat dilihat pada tabel 4.20 ;

Tabel : 4.20 : perhitungan kurva turun 3 (Q_{r3})

t	$0,3^{\frac{((t-t_p)+(1,5 \cdot t_{0,3}))}{(2 \cdot t_{0,3})}}$	Q (m ³ /dtk)
7	0,071	0,096
8	0,048	0,066
9	0,033	0,045
10	0,022	0,030
11	0,015	0,021
12	0,010	0,014
13	0,007	0,010
14	0,005	0,006
15	0,003	0,004
16	0,002	0,003
17	0,002	0,002
18	0,001	0,001
19	0,001	0,001
20	0,000	0,001
21	0,000	0,000
22	0,000	0,000
23	0,000	0,000
24	0,000	0,000

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel : 4.21 : Ordinat unit hidrograf satuan sintetis (HSS) *Nakayasu*

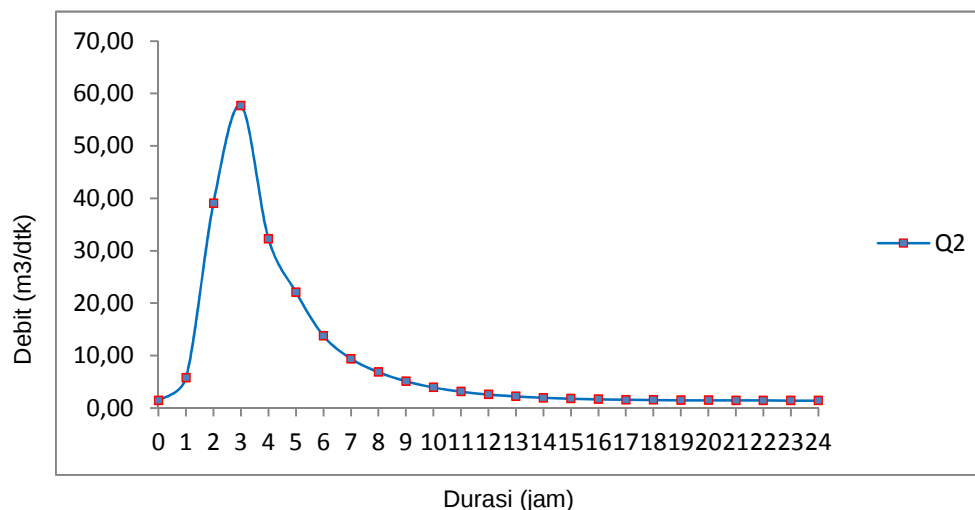
t (jam)	Qn	Qr1	Qr2	Qr3
0	0,000			
1	0,151			
2	0,794			
3		0,916		
4		0,424		
5			0,250	
6			0,149	
7				0,096
8				0,066
9				0,045
10				0,030
11				0,021
12				0,014
13				0,010
14				0,006
15				0,004
16				0,003
17				0,002
18				0,001
19				0,001
20				0,001
21				0,000
22				0,000
23				0,000
24				0,000

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.22 : Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) *Nakayasu* banjir periode hujan dengan kala ulang 2 tahun
(hasil perhitungan dapat dilihat pada lamp. G1)

t (jam)	Q (m ³ /dtk)	R1 29,086	R2 18,323	R3 13,983	R4 11,543	R5 9,947	Qb (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400
1	0,151	4,378	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	5,778
2	0,794	23,107	14,557	0,000	0,000	0,000	1,400	39,064
3	0,916	26,652	16,790	12,813	0,000	0,000	1,400	57,655
4	0,424	12,318	7,760	5,922	4,889	0,000	1,400	32,289
5	0,250	7,258	4,573	3,490	2,881	2,482	1,400	22,083
6	0,149	4,339	2,733	2,086	1,722	1,484	1,400	13,764
7	0,096	2,803	1,766	1,348	1,113	0,959	1,400	9,388
8	0,066	1,906	1,201	0,916	0,756	0,652	1,400	6,831
9	0,045	1,296	0,816	0,623	0,514	0,443	1,400	5,092
10	0,030	0,881	0,555	0,423	0,350	0,301	1,400	3,910
11	0,021	0,599	0,377	0,288	0,238	0,205	1,400	3,106
12	0,014	0,407	0,256	0,196	0,162	0,139	1,400	2,560
13	0,010	0,277	0,174	0,133	0,110	0,095	1,400	2,189
14	0,006	0,188	0,119	0,090	0,075	0,064	1,400	1,936
15	0,004	0,128	0,081	0,062	0,051	0,044	1,400	1,765
16	0,003	0,087	0,055	0,042	0,035	0,030	1,400	1,648
17	0,002	0,059	0,037	0,028	0,023	0,020	1,400	1,568
18	0,001	0,040	0,025	0,019	0,016	0,014	1,400	1,515
19	0,001	0,027	0,017	0,013	0,011	0,009	1,400	1,478
20	0,001	0,019	0,012	0,009	0,007	0,006	1,400	1,453
21	0,000	0,013	0,008	0,006	0,005	0,004	1,400	1,436
22	0,000	0,009	0,005	0,004	0,003	0,003	1,400	1,424
23	0,000	0,006	0,004	0,003	0,002	0,002	1,400	1,417
24	0,000	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	1,400	1,411

Sumber : Hasil perhitungan

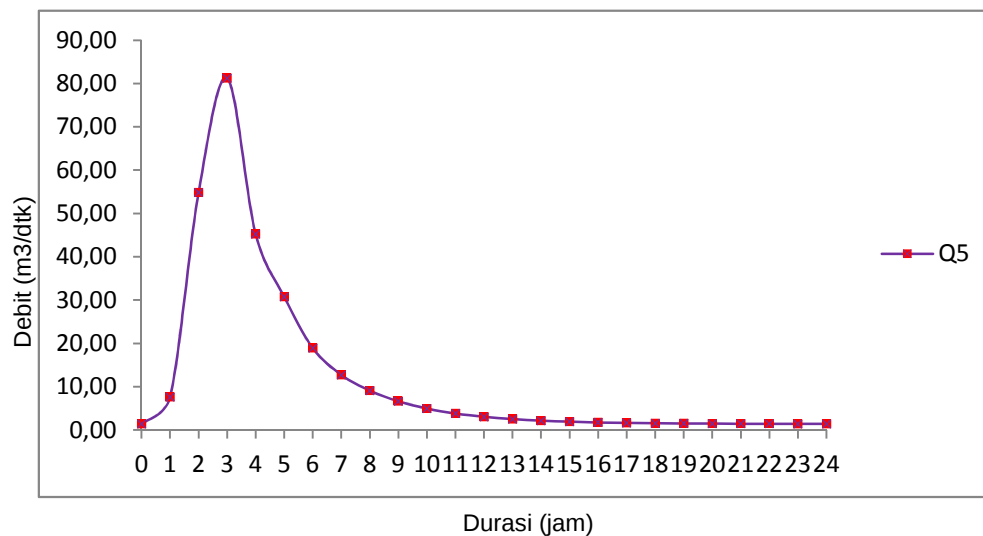


Gambar 4.13 : Unit hidrograf banjir HSS *Nakayasu* periode hujan dengan kala ulang 2 tahun

Tabel 4.23 : Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) *Nakayasu* banjir periode hujan dengan kala ulang 5 tahun
(hasil perhitungan sama dengan lamp. G1)

t (jam)	Q (m ³ /dtk)	R1 41,272	R2 26,000	R3 19,842	R4 16,379	R5 14,115	Qb (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400
1	0,151	6,212	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	7,612
2	0,794	32,788	20,655	0,000	0,000	0,000	1,400	54,844
3	0,916	37,818	23,824	18,181	0,000	0,000	1,400	81,224
4	0,424	17,479	11,011	8,403	6,937	0,000	1,400	45,230
5	0,250	10,299	6,488	4,951	4,087	3,522	1,400	30,749
6	0,149	6,157	3,879	2,960	2,443	2,106	1,400	18,944
7	0,096	3,978	2,506	1,912	1,579	1,360	1,400	12,735
8	0,066	2,704	1,704	1,300	1,073	0,925	1,400	9,106
9	0,045	1,839	1,158	0,884	0,730	0,629	1,400	6,639
10	0,030	1,250	0,787	0,601	0,496	0,427	1,400	4,962
11	0,021	0,850	0,535	0,409	0,337	0,291	1,400	3,821
12	0,014	0,578	0,364	0,278	0,229	0,198	1,400	3,046
13	0,010	0,393	0,247	0,189	0,156	0,134	1,400	2,519
14	0,006	0,267	0,168	0,128	0,106	0,091	1,400	2,161
15	0,004	0,182	0,114	0,087	0,072	0,062	1,400	1,917
16	0,003	0,123	0,078	0,059	0,049	0,042	1,400	1,752
17	0,002	0,084	0,053	0,040	0,033	0,029	1,400	1,639
18	0,001	0,057	0,036	0,027	0,023	0,020	1,400	1,563
19	0,001	0,039	0,024	0,019	0,015	0,013	1,400	1,510
20	0,001	0,026	0,017	0,013	0,010	0,009	1,400	1,475
21	0,000	0,018	0,011	0,009	0,007	0,006	1,400	1,451
22	0,000	0,012	0,008	0,006	0,005	0,004	1,400	1,435
23	0,000	0,008	0,005	0,004	0,003	0,003	1,400	1,424
24	0,000	0,006	0,004	0,003	0,002	0,002	1,400	1,416

Sumber : Hasil perhitungan

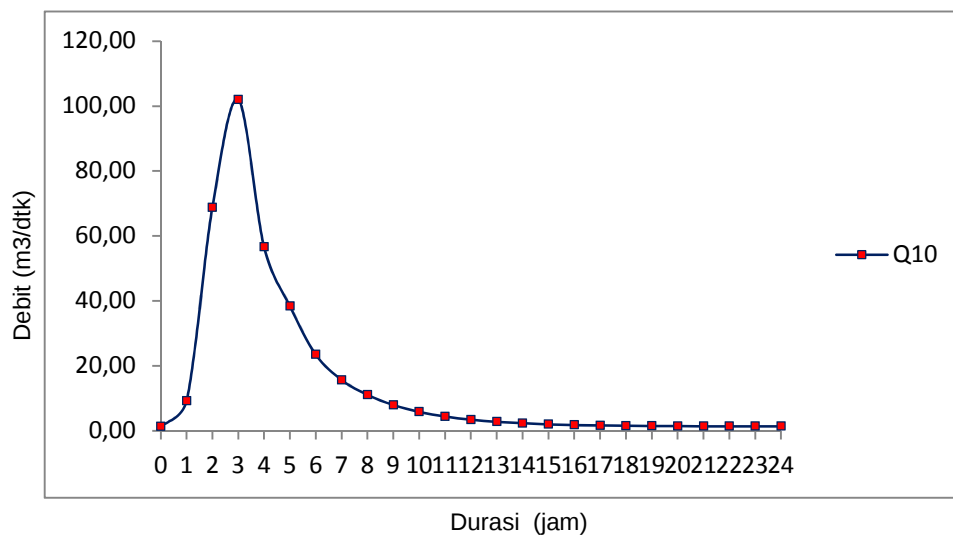


Gambar 4.14 : Unit hidrograf banjir HSS *Nakayasu* periode hujan dengan kala ulang 5 tahun

Tabel 4.24 : Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) *Nakayasu* banjir periode hujan dengan kala ulang 10 tahun (hasil perhitungan sama dengan lamp. G1)

t (jam)	Q (m ³ /dtk)	R1 52,017	R2 32,769	R3 25,007	R4 20,643	R5 17,790	Qb (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400
1	0,151	7,830	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	9,230
2	0,794	41,325	26,033	0,000	0,000	0,000	1,400	68,757
3	0,916	47,664	30,027	22,915	0,000	0,000	1,400	102,006
4	0,424	22,030	13,878	10,591	8,743	0,000	1,400	56,642
5	0,250	12,981	8,177	6,241	5,151	4,439	1,400	38,390
6	0,149	7,760	4,888	3,731	3,079	2,654	1,400	23,512
7	0,096	5,014	3,158	2,410	1,990	1,715	1,400	15,686
8	0,066	3,408	2,147	1,639	1,353	1,166	1,400	11,112
9	0,045	2,317	1,460	1,114	0,920	0,792	1,400	8,003
10	0,030	1,575	0,992	0,757	0,625	0,539	1,400	5,889
11	0,021	1,071	0,675	0,515	0,425	0,366	1,400	4,452
12	0,014	0,728	0,459	0,350	0,289	0,249	1,400	3,475
13	0,010	0,495	0,312	0,238	0,196	0,169	1,400	2,811
14	0,006	0,337	0,212	0,162	0,134	0,115	1,400	2,359
15	0,004	0,229	0,144	0,110	0,091	0,078	1,400	2,052
16	0,003	0,156	0,098	0,075	0,062	0,053	1,400	1,843
17	0,002	0,106	0,067	0,051	0,042	0,036	1,400	1,701
18	0,001	0,072	0,045	0,035	0,029	0,025	1,400	1,605
19	0,001	0,049	0,031	0,023	0,019	0,017	1,400	1,539
20	0,001	0,033	0,021	0,016	0,013	0,011	1,400	1,495
21	0,000	0,023	0,014	0,011	0,009	0,008	1,400	1,464
22	0,000	0,015	0,010	0,007	0,006	0,005	1,400	1,444
23	0,000	0,010	0,007	0,005	0,004	0,004	1,400	1,430
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400

Sumber : Hasil perhitunga

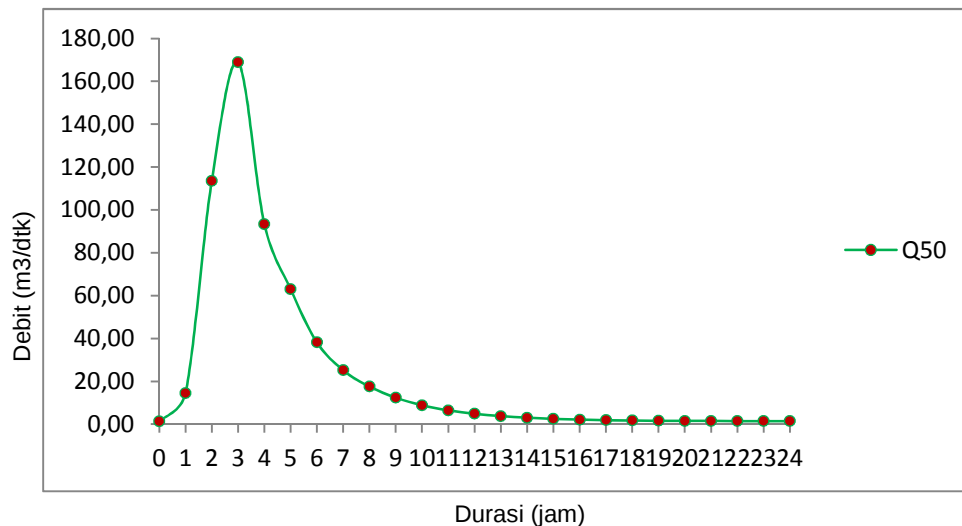


Gambar 4.15 : Unit hidrograf banjir HSS *Nakayasu* periode hujan dengan kala ulang 10 tahun

Tabel 4.25 : Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) *Nakayasu* banjir periode hujan dengan kala ulang 50 tahun (hasil perhitungan sama dengan lamp. G1)

t (jam)	Q (m ³ /dtk)	R1 86,630	R2 54,573	R3 41,647	R4 34,379	R5 29,627	Qb (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400
1	0,151	13,039	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	14,439
2	0,794	68,822	43,355	0,000	0,000	0,000	1,400	113,577
3	0,916	79,380	50,007	38,162	0,000	0,000	1,400	168,949
4	0,424	36,689	23,113	17,638	14,560	0,000	1,400	93,400
5	0,250	21,618	13,619	10,393	8,579	7,393	1,400	63,003
6	0,149	12,923	8,141	6,213	5,129	4,420	1,400	38,226
7	0,096	8,350	5,260	4,014	3,314	2,855	1,400	25,192
8	0,066	5,676	3,576	2,729	2,253	1,941	1,400	17,575
9	0,045	3,859	2,431	1,855	1,531	1,320	1,400	12,397
10	0,030	2,624	1,653	1,261	1,041	0,897	1,400	8,876
11	0,021	1,784	1,124	0,857	0,708	0,610	1,400	6,483
12	0,014	1,213	0,764	0,583	0,481	0,415	1,400	4,855
13	0,010	0,824	0,519	0,396	0,327	0,282	1,400	3,749
14	0,006	0,560	0,353	0,269	0,222	0,192	1,400	2,997
15	0,004	0,381	0,240	0,183	0,151	0,130	1,400	2,486
16	0,003	0,259	0,163	0,125	0,103	0,089	1,400	2,138
17	0,002	0,176	0,111	0,085	0,070	0,060	1,400	1,902
18	0,001	0,120	0,075	0,058	0,048	0,041	1,400	1,741
19	0,001	0,081	0,051	0,039	0,032	0,028	1,400	1,632
20	0,001	0,055	0,035	0,027	0,022	0,019	1,400	1,558
21	0,000	0,038	0,024	0,018	0,015	0,013	1,400	1,507
22	0,000	0,026	0,016	0,012	0,010	0,009	1,400	1,473
23	0,000	0,017	0,011	0,008	0,007	0,006	1,400	1,450
24	0,000	0,012	0,007	0,006	0,005	0,004	1,400	1,434

Sumber : Hasil perhitungan

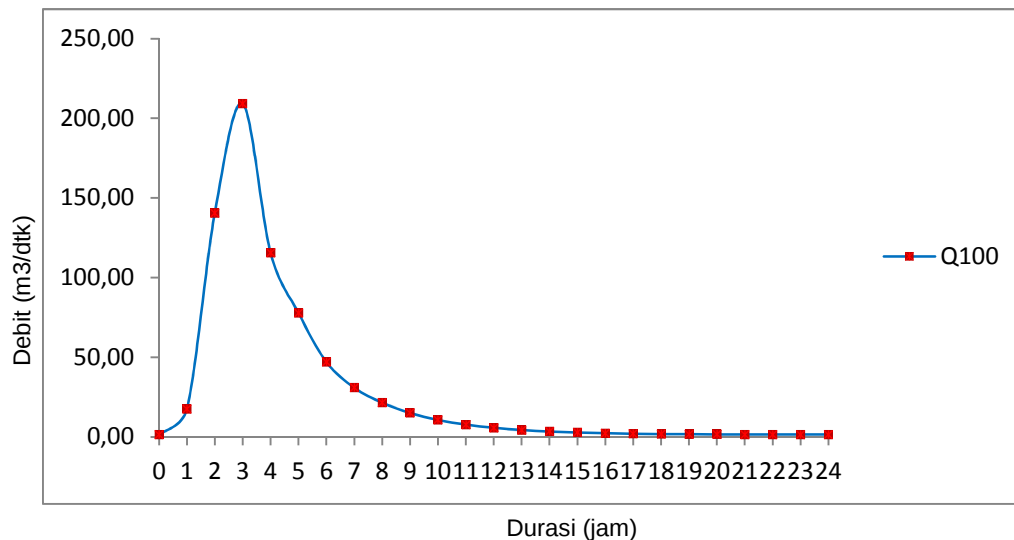


Gambar 4.16 : Unit hidrograf banjir HSS *Nakayasu* periode hujan dengan kala ulang 50 tahun

Tabel 4.26 : Rekap unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) *Nakayasu* banjir periode hujan dengan kala ulang 100 tahun (hasil perhitungan sama dengan lamp. G1)

t (jam)	Q (m ³ /dtk)	R1 107,465	R2 67,699	R3 51,664	R4 42,647	R5 36,752	Qb (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400
1	0,151	16,175	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	17,575
2	0,794	85,375	53,783	0,000	0,000	0,000	1,400	140,557
3	0,916	98,472	62,034	47,340	0,000	0,000	1,400	209,246
4	0,424	45,513	28,671	21,880	18,062	0,000	1,400	115,526
5	0,250	26,818	16,894	12,893	10,643	9,172	1,400	77,819
6	0,149	16,031	10,099	7,707	6,362	5,483	1,400	47,083
7	0,096	10,358	6,525	4,979	4,110	3,542	1,400	30,915
8	0,066	7,042	4,436	3,385	2,794	2,408	1,400	21,465
9	0,045	4,787	3,016	2,301	1,900	1,637	1,400	15,041
10	0,030	3,255	2,050	1,565	1,292	1,113	1,400	10,674
11	0,021	2,213	1,394	1,064	0,878	0,757	1,400	7,705
12	0,014	1,504	0,948	0,723	0,597	0,514	1,400	5,686
13	0,010	1,023	0,644	0,492	0,406	0,350	1,400	4,314
14	0,006	0,695	0,438	0,334	0,276	0,238	1,400	3,381
15	0,004	0,473	0,298	0,227	0,188	0,162	1,400	2,747
16	0,003	0,321	0,202	0,154	0,128	0,110	1,400	2,316
17	0,002	0,218	0,138	0,105	0,087	0,075	1,400	2,023
18	0,001	0,149	0,094	0,071	0,059	0,051	1,400	1,823
19	0,001	0,101	0,064	0,049	0,040	0,035	1,400	1,688
20	0,001	0,069	0,043	0,033	0,027	0,023	1,400	1,596
21	0,000	0,047	0,029	0,022	0,019	0,016	1,400	1,533
22	0,000	0,032	0,020	0,015	0,013	0,011	1,400	1,490
23	0,000	0,022	0,014	0,010	0,009	0,007	1,400	1,461
24	0,000	0,015	0,009	0,007	0,006	0,005	1,400	1,442

Sumber : Hasil perhitungan

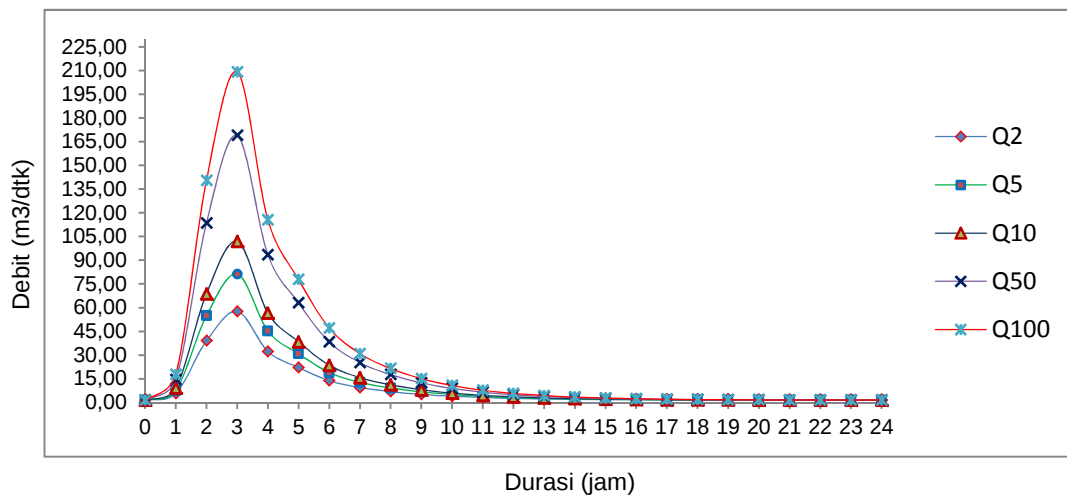


Gambar 4.17 : Unit hidrograf banjir HSS *Nakayasu* periode hujan dengan kala ulang 100 tahun

Tabel 4.27 : Rekap perhitungan unit hidrograf satuan sintetis (HSS) *Nakayasu* banjir rancangan

t (jam)	Periode kala ulang				
	2	5	10	50	100
0	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
1	5,778	7,612	9,230	14,439	17,575
2	39,064	54,844	68,757	113,577	140,557
3	57,655	81,224	102,006	168,949	209,246
4	32,289	45,230	56,642	93,400	115,526
5	22,083	30,749	38,390	63,003	77,819
6	13,764	18,944	23,512	38,226	47,083
7	9,388	12,735	15,686	25,192	30,915
8	6,831	9,106	11,112	17,575	21,465
9	5,092	6,639	8,003	12,397	15,041
10	3,910	4,962	5,889	8,876	10,674
11	3,106	3,821	4,452	6,483	7,705
12	2,560	3,046	3,475	4,855	5,686
13	2,189	2,519	2,811	3,749	4,314
14	1,936	2,161	2,359	2,997	3,381
15	1,765	1,917	2,052	2,486	2,747
16	1,648	1,752	1,843	2,138	2,316
17	1,568	1,639	1,701	1,902	2,023
18	1,515	1,563	1,605	1,741	1,823
19	1,478	1,510	1,539	1,632	1,688
20	1,453	1,475	1,495	1,558	1,596
21	1,436	1,451	1,464	1,507	1,533
22	1,424	1,435	1,444	1,473	1,490
23	1,417	1,424	1,430	1,450	1,461
24	1,411	1,416	1,420	1,434	1,442

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.18 : Gabungan unit hidrograf banjir HSS *Nakayasu*

b. Perhitungan hidrograf satuan sintetis (HSS) *Snyder*

Parameter - parameter HSS *Snyder* ;

1. Luas DAS, A = 112,36 km²

2. Panjang sungai utama, L = 20 km
3. Panjang sungai dari bagian hilir ke titik berta, Lc = 10 km
4. Kemiringan sungai rata-rata, S = 0,02
5. Koef. N, n = 0,025
6. Koef. Ct, (Koef. Snyder 0,75 – 3,00), Ct = 0,75
7. Koef. Cp, (Peaking Coeficient 0,40 – 1,40, Cp = 1,30
8. Q base flow, Qb (sumber BWS Nursa II) = 1,40

Parameter bentuk hidrograf banjir HSS *Snyder*

1. Perhitungan waktu dari titik berat hujan ke debit puncak (tp) menggunakan pers. 2.33

$$tp = 0,75 \times (20 \times 10)^{0,3} = 3,676 \text{ jam}$$

2. Perhitungan curah hujan efektif (te) menggunakan pers. 2.34 ;

$$te = 3,676/5,5 = 0,668 \text{ jam}$$

3. Perhitungan debit puncak (Qp)

$$qp = 0,278 \times (1,30 / 3,676) = 0,0983 \text{ m}^3/\text{dtk}/\text{km}^2 \text{ -----pers.2.35}$$

$$Qp = 0,0983 \times 112,36 = 11,046 \text{ m}^3/\text{dtk} \text{ -----pers.2.36}$$

4. perhitungan waktu untuk mencapai puncak (Tp)

$$te = 0,668 \text{ jam}$$

$$tp = 3,676 \text{ jam} \text{ maka ;}$$

$$te < tp$$

$$tr = 1 \text{ jam}$$

$$tp' = 3,676 + 1,00/2 = 4,176 \text{ jam} \text{ -----pers. 2.39}$$

5. Perhitungan absis (nilai x) menggunakan pers. 2.41

Perhitungan ordinat x untuk jam ke-0

$$X = 0,000/4,176 = 0,000$$

Perhitungan ordinat x untuk jam ke-1

$$X = 1/4,176 = 0,239$$

6. Perhitungan koef. λ dan a

Koef. λ menggunakan pers. 2.44

$$\lambda = 11,046 \times 3,676 / 1 \times 112,36 = 0,361$$

$$h = 1 \text{ tinggi curah hujan}$$

koef. a menggunakan pers. 2.45

$$a = 1,32 \times 0,361^2 + 0,15 \times 0,361 + 0,045 = 0,272$$

7. Perhitungan ordinat y menggunakan pers. 2.43

Perhitungan ordinat y untuk jam ke-0

$$Y = 10^{(-0,000*((1-0)^{2/0}))} = 0,000$$

Perhitungan ordinat y untuk jam ke-1

$$Y = 10^{(-0,656*((1-0,239)^2/0,239))} = 0,221$$

Perhitungan ordinat y untuk jam ke-2

$$Y = 10^{(-0,154*((1-0,479)^2/0,479))} = 0,701$$

8. Perhitungan besarnya Q_t menggunakan pers. 2.46

Perhitungan Q_t pada jam ke-0

$$Q_t = 0,000/11,046 = 0,000 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Perhitungan Q_t pada jam ke-1

$$Q_t = 0,221/11,046 = 0,020 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Perhitungan Q_t pada jam ke-2

$$Q_t = 0,701/11,046 = 0,064 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Selanjutnya Hasil perhitungan Q_t untuk jam ke-3 sampai jam ke-24 dapat di sajikan pada tabel 4.28

Tabel 4.28 : Ordinat unit hidrograf satuan sintetis (HSS) *Snyder*

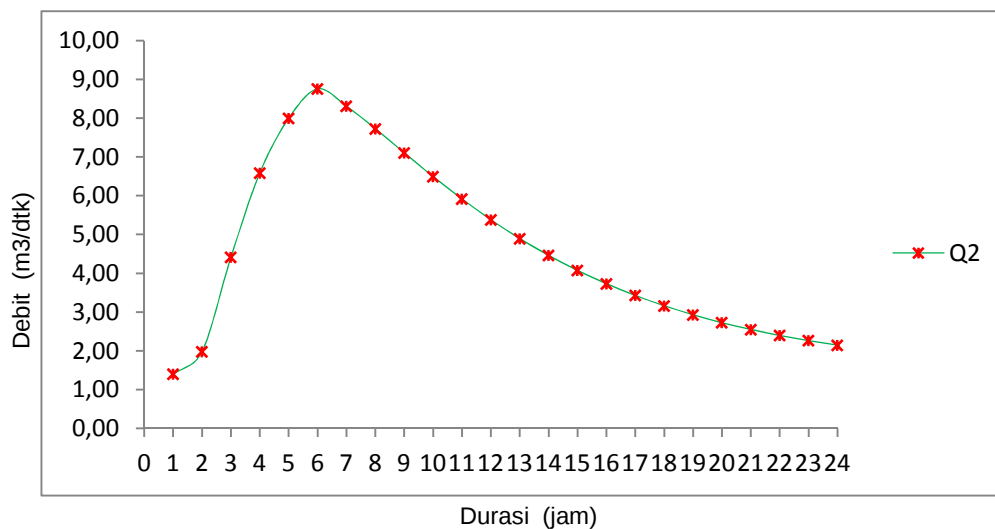
t (jam)	X =t/tp	$Y=10^{(-a*((1-x)^2/x))}$	$Q_t = y/Q_p$ (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000
1	0,239	0,221	0,020
2	0,479	0,701	0,064
3	0,718	0,933	0,084
4	0,958	0,999	0,090
5	1,197	0,980	0,089
6	1,437	0,920	0,083
7	1,676	0,843	0,076
8	1,916	0,761	0,069
9	2,155	0,679	0,061
10	2,395	0,602	0,054
11	2,634	0,530	0,048
12	2,874	0,466	0,042
13	3,113	0,408	0,037
14	3,353	0,356	0,032
15	3,592	0,310	0,028
16	3,831	0,270	0,024
17	4,071	0,235	0,021
18	4,310	0,204	0,018
19	4,550	0,177	0,016
20	4,789	0,153	0,014
21	5,029	0,133	0,012
22	5,268	0,115	0,010
23	5,508	0,100	0,009
24	5,747	0,086	0,008

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.29 : Rekap unit hidrograf satuan sintetis (HSS) *Snyder* banjir periode hujan dengan kala ulang 2 tahun (hasil perhitungan dapat dilihat pada lamp. F1)

t (jam)	Q (m ³ /dtk)	R1 29,086	R2 18,323	R3 13,983	R4 11,543	R5 9,947	Qb (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400
1	0,020	0,581	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,981
2	0,064	1,847	1,164	0,000	0,000	0,000	1,400	4,411
3	0,084	2,457	1,548	1,181	0,000	0,000	1,400	6,587
4	0,090	2,630	1,657	1,264	1,044	0,000	1,400	7,995
5	0,089	2,580	1,625	1,240	1,024	0,882	1,400	8,752
6	0,083	2,423	1,527	1,165	0,962	0,829	1,400	8,305
7	0,076	2,220	1,399	1,067	0,881	0,759	1,400	7,726
8	0,069	2,003	1,262	0,963	0,795	0,685	1,400	7,106
9	0,061	1,788	1,126	0,859	0,709	0,611	1,400	6,494
10	0,054	1,584	0,998	0,762	0,629	0,542	1,400	5,915
11	0,048	1,397	0,880	0,672	0,554	0,478	1,400	5,380
12	0,042	1,227	0,773	0,590	0,487	0,419	1,400	4,895
13	0,037	1,074	0,676	0,516	0,426	0,367	1,400	4,460
14	0,032	0,938	0,591	0,451	0,372	0,321	1,400	4,072
15	0,028	0,817	0,515	0,393	0,324	0,280	1,400	3,729
16	0,024	0,711	0,448	0,342	0,282	0,243	1,400	3,427
17	0,021	0,618	0,390	0,297	0,245	0,211	1,400	3,162
18	0,018	0,537	0,338	0,258	0,213	0,184	1,400	2,930
19	0,016	0,466	0,293	0,224	0,185	0,159	1,400	2,727
20	0,014	0,404	0,254	0,194	0,160	0,138	1,400	2,551
21	0,012	0,350	0,220	0,168	0,139	0,120	1,400	2,397
22	0,010	0,303	0,191	0,146	0,120	0,104	1,400	2,263
23	0,009	0,262	0,165	0,126	0,104	0,090	1,400	2,147
24	0,008	0,227	0,143	0,109	0,090	0,078	1,400	2,046

Sumber : Hasil perhitungan

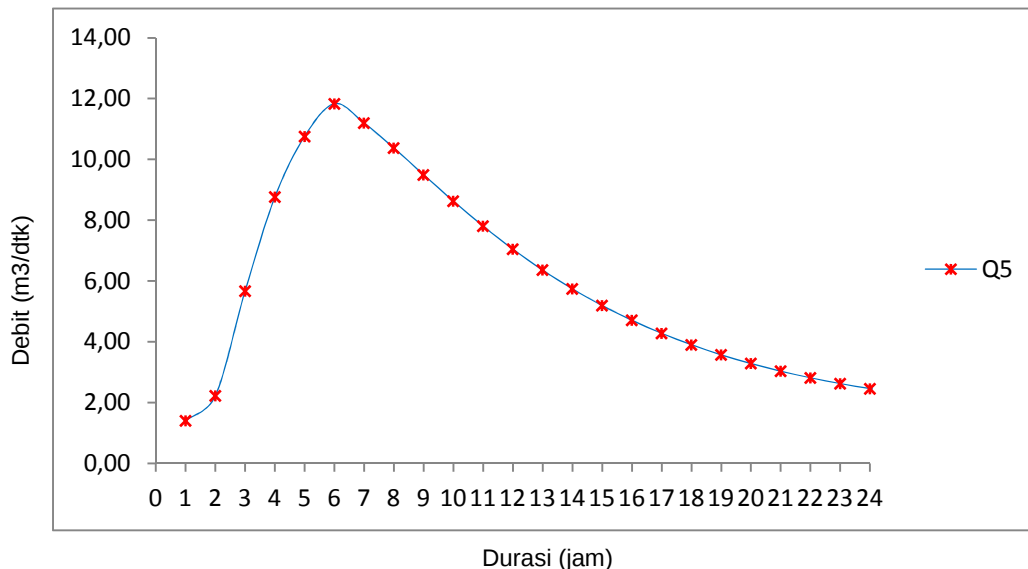


Gambar 4.19 : Unit hidrograf banjir HSS *Snyder* periode hujan dengan kala ulang 2 tahun

Tabel 4.30 : Rekap unit Hidrograf satuan sintesis (HSS) *Snyder* banjir periode hujan dengan kala ulang 5 tahun (hasil perhitungan sama dengan lamp. F1)

t (jam)	Q (m ³ /dtk)	R1 41,272	R2 26,000	R3 19,842	R4 16,379	R5 14,115	Qb (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400
1	0,020	0,825	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	2,225
2	0,064	2,621	1,651	0,000	0,000	0,000	1,400	5,672
3	0,084	3,487	2,197	1,676	0,000	0,000	1,400	8,760
4	0,090	3,732	2,351	1,794	1,481	0,000	1,400	10,758
5	0,089	3,661	2,306	1,760	1,453	1,252	1,400	11,832
6	0,083	3,439	2,166	1,653	1,365	1,176	1,400	11,198
7	0,076	3,150	1,985	1,514	1,250	1,077	1,400	10,377
8	0,069	2,842	1,790	1,366	1,128	0,972	1,400	9,497
9	0,061	2,537	1,598	1,220	1,007	0,868	1,400	8,628
10	0,054	2,248	1,416	1,081	0,892	0,769	1,400	7,806
11	0,048	1,982	1,249	0,953	0,787	0,678	1,400	7,048
12	0,042	1,740	1,096	0,837	0,691	0,595	1,400	6,359
13	0,037	1,524	0,960	0,733	0,605	0,521	1,400	5,742
14	0,032	1,331	0,838	0,640	0,528	0,455	1,400	5,192
15	0,028	1,160	0,731	0,558	0,460	0,397	1,400	4,705
16	0,024	1,010	0,636	0,485	0,401	0,345	1,400	4,277
17	0,021	0,878	0,553	0,422	0,348	0,300	1,400	3,901
18	0,018	0,762	0,480	0,366	0,302	0,261	1,400	3,571
19	0,016	0,661	0,416	0,318	0,262	0,226	1,400	3,284
20	0,014	0,573	0,361	0,275	0,227	0,196	1,400	3,033
21	0,012	0,496	0,313	0,239	0,197	0,170	1,400	2,814
22	0,010	0,430	0,271	0,207	0,171	0,147	1,400	2,625
23	0,009	0,372	0,234	0,179	0,148	0,127	1,400	2,460
24	0,008	0,322	0,203	0,155	0,128	0,110	1,400	2,317

Sumber : Hasil perhitungan

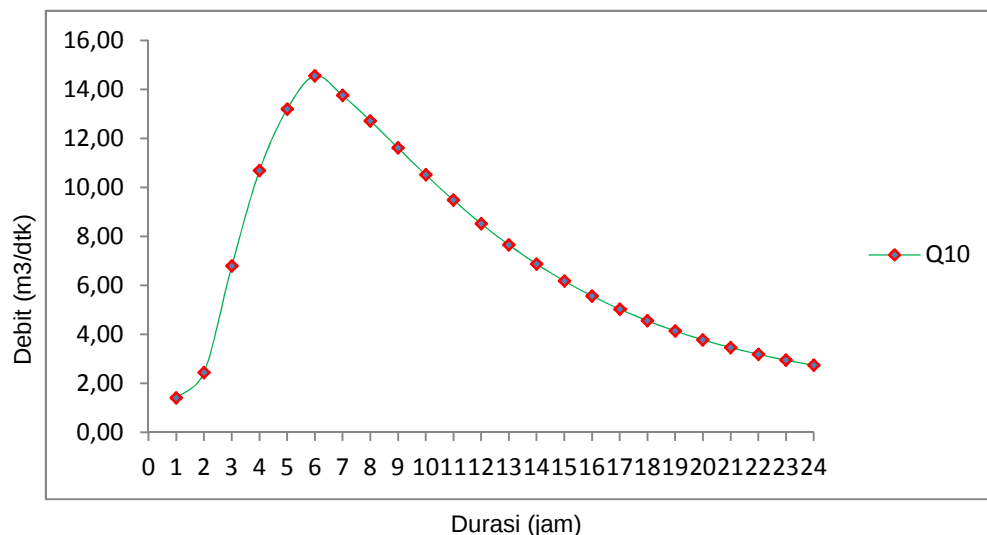


Gambar 4.20 : Unit hidrograf banjir HSS *Snyder* periode hujan dengan kala ulang 5 tahun

Tabel 4.31 : Rekap unit Hidrograf satuan sintesis (HSS) *Snyder* banjir periode hujan dengan kala ulang 10 tahun (hasil perhitungan sama dengan lamp. F1)

t (jam)	Q (m ³ /dtk)	R1 52,017	R2 32,769	R3 25,007	R4 20,643	R5 17,790	Qb (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400
1	0,020	1,040	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	2,440
2	0,064	3,303	2,081	0,000	0,000	0,000	1,400	6,784
3	0,084	4,395	2,769	2,113	0,000	0,000	1,400	10,676
4	0,090	4,704	2,963	2,261	1,867	0,000	1,400	13,195
5	0,089	4,614	2,907	2,218	1,831	1,578	1,400	14,549
6	0,083	4,334	2,730	2,083	1,720	1,482	1,400	13,749
7	0,076	3,970	2,501	1,909	1,576	1,358	1,400	12,714
8	0,069	3,581	2,256	1,722	1,421	1,225	1,400	11,605
9	0,061	3,197	2,014	1,537	1,269	1,093	1,400	10,510
10	0,054	2,833	1,785	1,362	1,124	0,969	1,400	9,474
11	0,048	2,498	1,574	1,201	0,991	0,854	1,400	8,518
12	0,042	2,194	1,382	1,055	0,871	0,750	1,400	7,651
13	0,037	1,920	1,210	0,923	0,762	0,657	1,400	6,872
14	0,032	1,677	1,057	0,806	0,666	0,574	1,400	6,179
15	0,028	1,462	0,921	0,703	0,580	0,500	1,400	5,566
16	0,024	1,272	0,802	0,612	0,505	0,435	1,400	5,026
17	0,021	1,106	0,697	0,532	0,439	0,378	1,400	4,552
18	0,018	0,960	0,605	0,462	0,381	0,328	1,400	4,136
19	0,016	0,833	0,525	0,401	0,331	0,285	1,400	3,774
20	0,014	0,722	0,455	0,347	0,287	0,247	1,400	3,458
21	0,012	0,626	0,394	0,301	0,248	0,214	1,400	3,183
22	0,010	0,542	0,341	0,260	0,215	0,185	1,400	2,943
23	0,009	0,469	0,295	0,225	0,186	0,160	1,400	2,736
24	0,008	0,405	0,255	0,195	0,161	0,139	1,400	2,555

Sumber : Hasil perhitungan

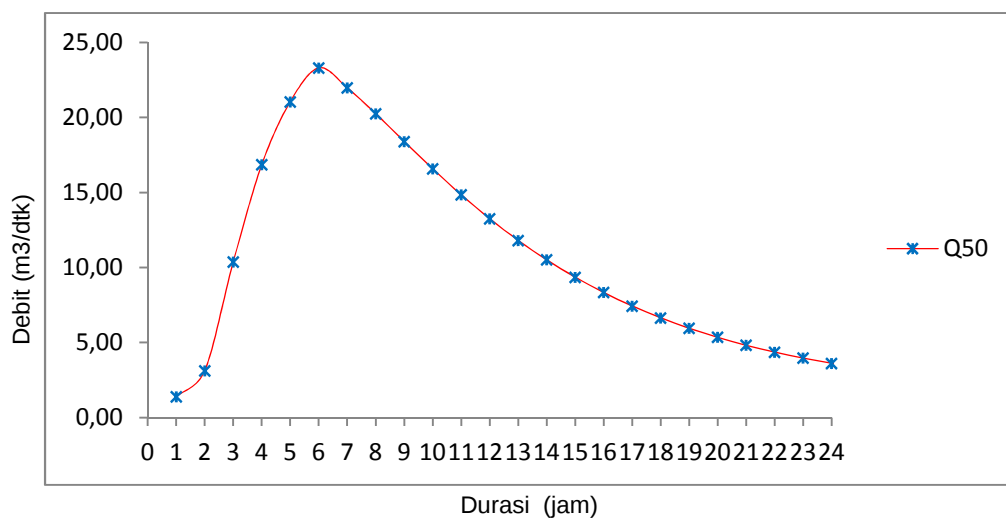


Gambar 4.21 : Unit hidrograf banjir HSS *Snyder* periode hujan dengan kala ulang 10 tahun

Tabel 4.32 : Rekap unit Hidrograf satuan sintesis (HSS) *Snyder* banjir periode hujan dengan kala ulang 50 tahun (hasil perhitungan sama dengan lamp. F1)

t (jam)	Q (m ³ /dtk)	R1 86,630	R2 54,573	R3 41,647	R4 34,379	R5 29,627	Qb (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400
1	0,020	1,731	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	3,131
2	0,064	5,501	3,466	0,000	0,000	0,000	1,400	10,367
3	0,084	7,319	4,611	3,519	0,000	0,000	1,400	16,849
4	0,090	7,833	4,935	3,766	3,109	0,000	1,400	21,043
5	0,089	7,685	4,841	3,694	3,050	2,628	1,400	23,298
6	0,083	7,217	4,547	3,470	2,864	2,468	1,400	21,967
7	0,076	6,612	4,165	3,179	2,624	2,261	1,400	20,242
8	0,069	5,964	3,757	2,867	2,367	2,040	1,400	18,396
9	0,061	5,325	3,354	2,560	2,113	1,821	1,400	16,572
10	0,054	4,719	2,973	2,269	1,873	1,614	1,400	14,847
11	0,048	4,160	2,621	2,000	1,651	1,423	1,400	13,255
12	0,042	3,653	2,301	1,756	1,450	1,249	1,400	11,810
13	0,037	3,198	2,015	1,538	1,269	1,094	1,400	10,513
14	0,032	2,793	1,760	1,343	1,108	0,955	1,400	9,359
15	0,028	2,435	1,534	1,171	0,966	0,833	1,400	8,338
16	0,024	2,119	1,335	1,019	0,841	0,725	1,400	7,438
17	0,021	1,842	1,160	0,886	0,731	0,630	1,400	6,649
18	0,018	1,599	1,008	0,769	0,635	0,547	1,400	5,957
19	0,016	1,387	0,874	0,667	0,551	0,474	1,400	5,354
20	0,014	1,203	0,758	0,578	0,477	0,411	1,400	4,827
21	0,012	1,042	0,656	0,501	0,413	0,356	1,400	4,369
22	0,010	0,902	0,568	0,434	0,358	0,309	1,400	3,970
23	0,009	0,781	0,492	0,375	0,310	0,267	1,400	3,624
24	0,008	0,675	0,425	0,325	0,268	0,231	1,400	3,324

Sumber : Hasil perhitungan

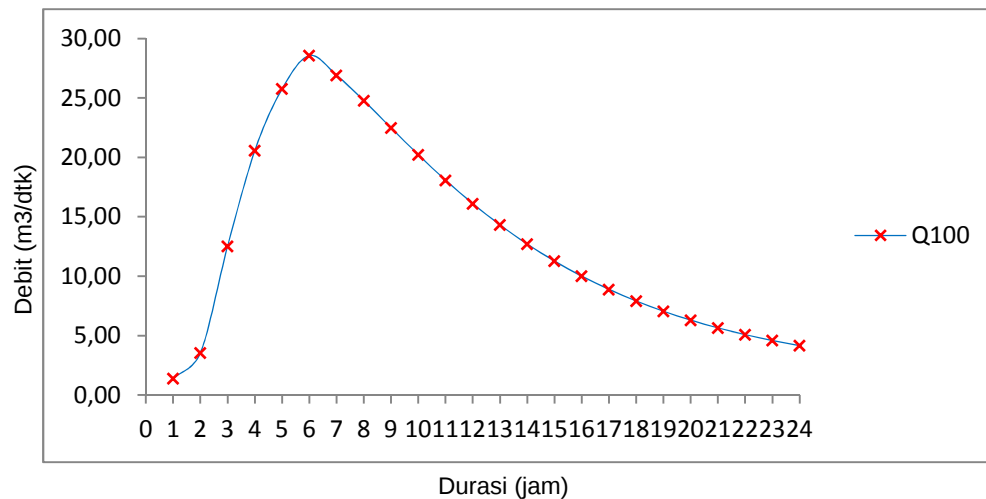


Gambar 4.22 : Unit hidrograf banjir HSS *Snyder* periode hujan dengan kala ulang 50 tahun

Tabel 4.33 : Rekap unit Hidrograf satuan sintesis (HSS) *Snyder* banjir periode hujan dengan kala ulang 100 tahun (hasil perhitungan sama dengan lamp. F1)

t (jam)	Q (m ³ /dtk)	R1 107,465	R2 67,699	R3 51,664	R4 42,647	R5 36,752	Qb (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,400
1	0,020	2,148	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	3,548
2	0,064	6,825	4,299	0,000	0,000	0,000	1,400	12,524
3	0,084	9,080	5,720	4,365	0,000	0,000	1,400	20,565
4	0,090	9,717	6,122	4,672	3,856	0,000	1,400	25,767
5	0,089	9,533	6,005	4,583	3,783	3,260	1,400	28,564
6	0,083	8,953	5,640	4,304	3,553	3,062	1,400	26,913
7	0,076	8,203	5,167	3,943	3,255	2,805	1,400	24,774
8	0,069	7,399	4,661	3,557	2,936	2,530	1,400	22,484
9	0,061	6,605	4,161	3,175	2,621	2,259	1,400	20,222
10	0,054	5,854	3,688	2,814	2,323	2,002	1,400	18,081
11	0,048	5,161	3,251	2,481	2,048	1,765	1,400	16,106
12	0,042	4,532	2,855	2,179	1,798	1,550	1,400	14,314
13	0,037	3,967	2,499	1,907	1,574	1,357	1,400	12,705
14	0,032	3,465	2,183	1,666	1,375	1,185	1,400	11,273
15	0,028	3,020	1,903	1,452	1,199	1,033	1,400	10,007
16	0,024	2,629	1,656	1,264	1,043	0,899	1,400	8,891
17	0,021	2,285	1,439	1,098	0,907	0,781	1,400	7,911
18	0,018	1,984	1,250	0,954	0,787	0,679	1,400	7,053
19	0,016	1,721	1,084	0,827	0,683	0,589	1,400	6,304
20	0,014	1,492	0,940	0,717	0,592	0,510	1,400	5,651
21	0,012	1,292	0,814	0,621	0,513	0,442	1,400	5,083
22	0,010	1,119	0,705	0,538	0,444	0,383	1,400	4,589
23	0,009	0,968	0,610	0,466	0,384	0,331	1,400	4,159
24	0,008	0,838	0,528	0,403	0,332	0,286	1,400	3,787

Sumber : Hasil perhitungan

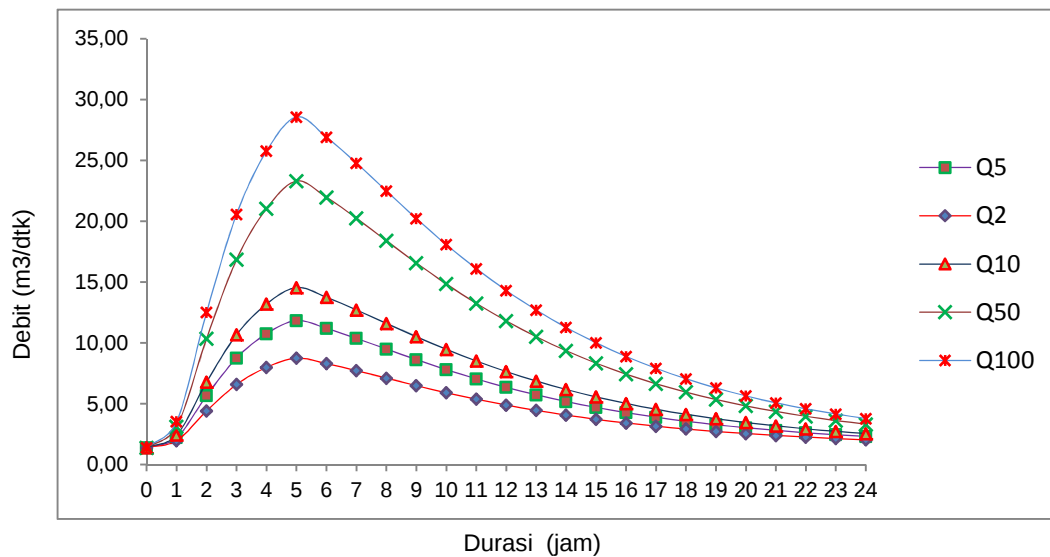


Gambar 4.23 : Unit hidrograf banjir HSS *Snyder* periode hujan dengan kala ulang 100 tahun

Tabel 4.34 : Rekap perhitungan unit Hidrograf satuan sintetis (HSS) *Snyder* banjir rancangan

t (jam)	Periode kala ulang				
	2	5	10	50	100
0	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
1	1,981	2,225	2,440	3,131	3,548
2	4,411	5,672	6,784	10,367	12,524
3	6,587	8,760	10,676	16,849	20,565
4	7,995	10,758	13,195	21,043	25,767
5	8,752	11,832	14,549	23,298	28,564
6	8,305	11,198	13,749	21,967	26,913
7	7,726	10,377	12,714	20,242	24,774
8	7,106	9,497	11,605	18,396	22,484
9	6,494	8,628	10,510	16,572	20,222
10	5,915	7,806	9,474	14,847	18,081
11	5,380	7,048	8,518	13,255	16,106
12	4,895	6,359	7,651	11,810	14,314
13	4,460	5,742	6,872	10,513	12,705
14	4,072	5,192	6,179	9,359	11,273
15	3,729	4,705	5,566	8,338	10,007
16	3,427	4,277	5,026	7,438	8,891
17	3,162	3,901	4,552	6,649	7,911
18	2,930	3,571	4,136	5,957	7,053
19	2,727	3,284	3,774	5,354	6,304
20	2,551	3,033	3,458	4,827	5,651
21	2,397	2,814	3,183	4,369	5,083
22	2,263	2,625	2,943	3,970	4,589
23	2,147	2,460	2,736	3,624	4,159
24	2,046	2,317	2,555	3,324	3,787

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.24 : Gabungan unit hidrograf banjir HSS *Snyder*

Tabel 4.35 : Rekap perhitungan unit hidrograf satuan sintetis (HSS) *Nakayasu* dan *Snyder* banjir rancangan

Periode ulang	Debit Q (m ³ /dtk)	
	<i>HSS Nakayasu</i>	<i>HSS Snyder</i>
2	57,665	8,752
5	81,224	11,832
10	102,006	14,549
50	168,949	23,298
100	209,246	28,564

Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil rekapan unit hidrograf satuan sintetis (HSS) *Nakayasu* dan *Snyder* pada tabel 4.35 untuk perhitungan debit banjir periode hujan dengan dengan kala ulang hujan 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun digunakan HSS *Nakaysu* karena luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Manikin < 15 km²

4.5. Erosi Lahan

4.5.1. Analisa Perkiraan Erosi Lahan Dengan Metode *Musle*

Parameter dalam perhitungan analisa perkiraan erosi dengan metode *Musle* ;

A. Faktor erosivitas hujan (R)

Faktor erosivitas hujan di hitung dengan menggunakan pers. 2.48 (*Bols* 1978) ;

Perhitungan erosivitas hujan periode hujan kala ulang 2 tahun

$$R = (0,41 \times 114,075)^{1,09} = 66,111$$

Perhitungan erosivitas hujan periode hujan kala ulang 5 tahun

$$R = (0,41 \times 161,870)^{1,09} = 96,811$$

Perhitungan erosivitas hujan periode hujan kala ulang 10 tahun

$$R = (0,41 \times 204,009)^{1,09} = 124,581$$

Perhitungan erosivitas hujan periode hujan kala ulang 50 tahun

$$R = (0,41 \times 339,758)^{1,09} = 217,225$$

Perhitungan erosivitas hujan periode hujan kala ulang 100 tahun

$$R = (0,41 \times 421,473)^{1,09} = 274,747$$

B. Faktor Tanaman Penutup dan Manajemen Tanaman (C)

Faktor ini menggambarkan nisbah antara besarnya erosi dari lahan yang bertanaman tertentu dan dengan manajemen (pengelolaan) tertentu terhadap besarnya erosi tanah yang tidak ditanami dan diolah bersih, faktor ini mengukur kombinasi pengaruh tanaman dan pengelolaannya, nilai C merupakan faktor yang sangat rumit dan dipengaruhi oleh banyak variabel, variabel yang berpengaruh dapat dikelompokkan

menjadi dua grup yaitu variabel alami dan variabel yang dipengaruhi oleh sistem pengelolaan yang dapat di sajikan pada tabel 2.12

C. Faktor Konservasi Praktis (*P*)

Nilai faktor tindakan manusia dalam konservasi tanah (*P*) adalah nisbah antara besarnya erosi dari lahan dengan suatu tindakan konservasi tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa tindakan konservasi, nilai dasar *P* adalah suatu yang diberikan untuk lahan tanpa tindakan konservasi, beberapa nilai faktor *P* untuk berbagai tindakan konservasi disajikan pada tabel 2.13, beberapa tindakan yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya erosi, tindakan – tindakan tersebut antara lain :

1. Menanami dengan tanaman penutup pada bukit - bukit yang gundul
2. Pada tebing - tebing yang miring atau curam ditanami dengan tanam - tanaman keras
3. Menghutankan sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan tanam - tanaman keras
4. Pengolahan lahan pertanian di lereng - lereng gunung dan daerah - daerah miring dilakukan secara sengkedan
5. Menghutankan daerah pantai dengan tanaman bakau atau api - api
6. Membangun bangunan - bangunan pemecah ombak pada pantai - pantai yang bertebing curam

Sesuai ketentuan yang diatur dalam pasal 13 Ayat (5) Peraturan Pemerintah Nomor 76 Tahun 2008, tentang aspek biofisik yang digunakan sebagai dasar perencanaan terutama pada suatu bidang lahan didasarkan pada permasalahan utama yang telah atau sedang berjalan (misalnya, erosi) dan tingkat kekritisan lahan terhadap masing - masing masalah tersebut. Dengan mengacu pada peraturan pemerintah nomor 76 tahun 2008, maka perlu adanya tindakan konservasi lahan dan usaha pengelolaan tanah dengan penutup tanaman untuk pencegahan tingkat erosi dengan cara menurunkan nilai *P* dan *C* sesuai dengan tabel 2.13. dan tabel 2.12

Tabel 4.36 : Data Tutupan lahan DAS Manikin

No	Tutupan lahan	Luas (ha)	%
1	Hutan	1.532,07	13,636
2	Padang rumput	2.679,47	23,848
3	Pertanian/ Perkebunan	674,86	6,006
4	Semak belukar	5.686,70	50,613
5	Tanah terbuka/ Lahan tidur	163,10	1,452
6	Tubuh air	499,42	4,445
Total luas tutupan lahan		11.235,62	100

Sumber : Badan Informasi Geospasial (BIG) 2015

Tabel 4.37 : Data Kelas lereng DAS Manikin

No	Kelas lereng	Topografi	Luas (ha)	%
1	0 - 3 %	Datar	2.11,27	18,80
2	3 – 8 %	Landai	3.279,71	29,19
3	8 – 15 %	Agak miring/ Bergelombang	3.422,95	30,47
4	15 – 30 %	Miring / Berbukit	2.420,71	21,54

Sumber : Badan Informasi Geospasial (BIG) 2015

Tabel 4.38 : Data Elevasi (ketinggian) DAS Manikin

No	Elevasi	Luas (ha)	%
1	0 – 99 mdpl	2.141,30	19,06
2	100 – 199 mdpl	2.906,26	25,87
3	200 – 299 mdpl	3.007,16	26,76
4	300 – 399 mdpl	2.153,41	19,17
5	400 – 500 mdpl	1.027,50	9,15

Sumber : Badan Informasi Geospasial (BIG) 2015

Tabel 4.39 : Data Wilayah Administrasi DAS Manikin

Wilayah Administrasi	No	Nama Desa	Luas Dalam DAS (ha)
KOTA KUPANG	1	Kel. Kolhwa	314,71
Wilayah Administrasi	No	Nama Desa	Luas Dalam DAS (ha)
KAB. KUPANG	1	Desa Mata air	281,02
	2	Kel. Tarus	314,77
	3	Desa Noelbaki	191,86
	4	Desa Penfui Timur	496,92
	5	Desa Oelnasi	1.244,14
	6	Desa Baumata Barat	60,14
	7	Desa Baumata Utara	761,76
	8	Desa Baumata Timur	1.264,20
	9	Desa Baumata	435,93
	10	Desa Oeltua	278,00
	11	Desa Oeletsala	853,99
	12	Desa Kuaklalo	436,34
	13	Desa Bokong	758,16
	14	Desa Tunbaun	406,74
	15	Desa Toobaun	507,17
	16	Desa Soba	755,48
	17	Desa Oben	1.237,58
	18	Desa Bismarak	327,74
	19	Desa Niukbaun	349,72
	20	Kel. Teunbaun	59,25
Total luasan DAS			11.235,62 ha

Sumber : Badan Informasi Geospasial (BIG) 2015

Tabel 4.40 : Nilai faktor lereng untuk beberapa kombinasi kemiringan dan panjang lereng

No	Kemiringan lereng %	Panjang lereng (m)	Rata – rata nilai faktor lereng
1	0 - 5	45	0,35
2	6 -15	35	1,60
3	16 - 34	25	4,60
4	35 - 50	20	7,90
5	>50	20	4,00

Sumber : Gregory et al (1978) dalam Widiatmaka (2007)

Tabel 4.41 : Nilai faktor lereng untuk beberapa kombinasi kemiringan dan panjang lereng DAS Manikin

No	Kemiringan lereng %	Panjang lereng (m)	Rata – rata nilai faktor lereng
1	0 - 3	45	0,35
2	3 - 8	35	1,60
3	8 - 15	35	1,60
4	15 - 30	25	4,60

Sumber : Badan Informasi Geospasial (BIG) 2015, Gregory et al (1978) dalam Widiatmaka (2007)

D. Erodibilitas Tanah (K)

Jenis tanah yang terdapat pada DAS manikin didalam kawasan DAS manikin umumnya didominasi oleh endapan mediteran renzine/ latosol dan jenis tanah lainnya seperti : litosol, alluvial dan regosol yang hanya berupa sisipan (sumber : Aleksius D. Richardson, Dosen Unwira dan Novie Handajmi, Dosen FSSP – Veteran Jawa Timur dalam jurnal AKSIAL Desember 2003, hal 93).

Tabel 4.42 : Faktor erodibilitas tanah berdasarkan tekstur tanah

No	Tekstur tanah	K
1	Latasol merah	0,12
2	Latasol merah kuning	0,26
3	Latasol coklat	0,23
4	Latasol	0,31
5	Regosol	0,12 – 0,16
6	Gley humic	0,13
7	Lithosol	0,16
8	Grumosol	0,21
9	Hidromof abu-abu	0,2

Sumber : Chay Asdak (1995)

E. Faktor Panjang dan kemiringan lereng (LS)

Faktor *LS*, kombinasi antara faktor panjang lereng (*L*) dan kemiringan lereng (*S*) untuk DAS Manikin dapat disajikan pada tabel 4.18

A). Analisa erosi lahan DAS Manikin

Faktor pengelolaan tanaman merupakan rasio tanah yang tererosi pada suatu jenis pengelolaan tanaman terhadap tanah yang tererosi dengan pada kondisi permukaan lahan yang sama dan apabila dilakukan pengelolaan tanaman maka nilai indeks pengelolaan tanaman C dapat disesuaikan dengan tabel 2.12, sedangkan faktor praktik konservasi tanah adalah rasio tanah yang hilang dan bila adanya usaha konservasi tanah, maka nilai indeks P dapat disesuaikan dengan tabel 2.13, (Sumber : Abdulkrahman, dkk. (1981) di dalam Hardjoamidjojo, S. dan Sukartaatmadja S. (1992) ;

Tabel 4.43 : Penentuan indeks pengelolaan tanaman (C)

No	Tutupan lahan	Luas (ha)	Prosen (%)	Nilai C	Keterangan
1	Hutan	1.532,07	13,636	0,001	Hutan
2	Padang rumput	2.679,47	23,848	0,30	Padang rumput
3	Pertanian/	674,86	6,006	0,20	Kebun campuran
4	Semak belukar	5.686,70	50,613	0,30	Semak belukar
5	Tanah terbuka/	163,10	1,452	1,00	Tanah terbuka tanpa tanaman
6	Tubuh air	499,42	4,445	0,01	Badan air (river, lake, etc)

Sumber : hasil analisa

- 1). Perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) DAS Manikin sesuai dengan keadaan topografi yang di dominasi oleh tutupan lahan hutan dengan kemiringan lereng 8-15 % dengan luas lahan 1.532,07 ha atau 13,636 %

Perhitungan nilai LS menggunakan pers. 2.49 :

$$LS = \sqrt{\left(\frac{35}{100}\right) \times (0,136 + (0,0975 \times 1,60) + (0,0139 \times 1,60^2))}$$

$$LS = \sqrt{0,11}$$

$$LS = 0,34$$

Perhitungan erosi lahan dengan *Musle* menggunakan pers. 2.47 ;

$$A = 66,111 \times 0,31 \times 0,34 \times 0,001 \times 1,00 = 0,007 \text{ ton/ha/thn}$$

- 2). Perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) DAS Manikin sesuai dengan keadaan topografi yang didominasi oleh tutupan lahan padang rumput dengan kemiringan 0-8% dengan luas lahan 2.679,47 ha atau 23,848 %

Perhitungan nilai LS menggunakan pers. 2.49 ;

$$LS = \sqrt{\left(\frac{35}{100}\right) \times (0,136 + (0,0975 \times 1,60) + (0,0139 \times 1,60^2))}$$

$$LS = \sqrt{0,11}$$

$$LS = 0,34$$

Perhitungan erosi lahan dengan *Musle* menggunakan pers. 2.47 ;

$$A = 66,111 \times 0,31 \times 0,34 \times 0,30 \times 1,00 = 2,082 \text{ ton/ha/thn}$$

- 3). Perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) DAS Manikin sesuai dengan keadaan topografi yang didominasi oleh tutupan lahan pertanian/ perkebunan dengan dengan kemiringan 3-15% dengan luas lahan 674,860 ha atau 6,006 %

Perhitungan nilai LS menggunakan pers. 2.49 ;

$$LS = \sqrt{\left(\frac{35}{100}\right) \times (0,136 + (0,0975 \times 1,60) + (0,0139 \times 1,60^2))}$$

$$LS = \sqrt{0,11}$$

$$LS = 0,34$$

Perhitungan erosi lahan dengan *Musle* menggunakan pers. 2.47 ;

$$A = 66,111 \times 0,31 \times 0,34 \times 0,20 \times 1,00 = 1,388 \text{ ton/ha/thn}$$

- 4). Perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) DAS Manikin sesuai dengan keadaan topografi yang didominasi oleh tutupan lahan semak belukar dengan dengan kemiringan 0-15% dengan luas lahan 5.686,70 ha atau 50,613 %

Perhitungan nilai LS menggunakan pers. 2.49 ;

$$LS = \sqrt{\left(\frac{35}{100}\right) \times (0,136 + (0,0975 \times 1,60) + (0,0139 \times 1,60^2))}$$

$$LS = \sqrt{0,11}$$

$$LS = 0,34$$

Perhitungan erosi lahan dengan *Musle* menggunakan pers. 2.47 ;

$$A = 66,111 \times 0,31 \times 0,34 \times 0,30 \times 1,00 = 2,082 \text{ ton/ha/thn}$$

- 5). Perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) DAS Manikin sesuai dengan keadaan topografi yang didominasi oleh tutupan lahan tanah terbuka/ lahan tidur dengan dengan kemiringan 0-30% dengan luas lahan 163,10 ha atau 1,452 %

Perhitungan nilai LS menggunakan pers. 2.49 ;

$$LS = \sqrt{\left(\frac{25}{100}\right) \times (0,136 + (0,0975 \times 4,60) + (0,0139 \times 4,60^2))}$$

$$LS = \sqrt{0,22}$$

$$LS = 0,47$$

Perhitungan erosi lahan dengan *Musle* menggunakan pers. 2.47 ;

$$A = 66,111 \times 0,31 \times 0,47 \times 1,00 \times 1,00 = 9,605 \text{ ton/ha/thn}$$

- 6). Perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) DAS Manikin sesuai dengan keadaan topografi yang didominasi oleh tutupan lahan tubuh air dengan dengan

kemiringan 0-15% dengan luas lahan 499,42 ha atau 4,445 %

Perhitungan nilai LS menggunakan pers. 2.49 ;

$$LS = \sqrt{\left(\frac{35}{100}\right) \times (0,136 + (0,0975 \times 1,60) + (0,0139 \times 1,60^2))}$$

$$LS = \sqrt{0,11}$$

$$LS = 0,34$$

Perhitungan erosi lahan dengan *Musle* menggunakan pers. 2.47 ;

$$A = 66,111 \times 0,31 \times 0,34 \times 0,01 \times 1,00 = 0,069 \text{ ton/ha/thn}$$

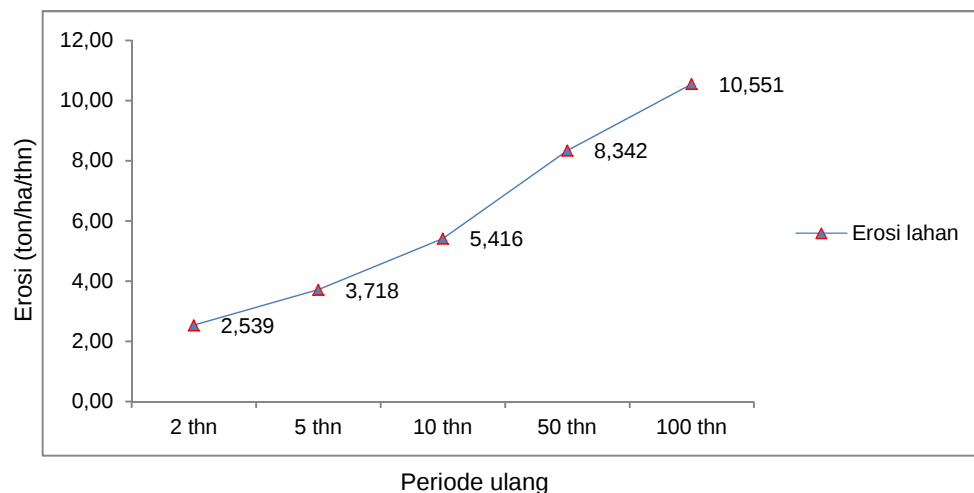
Hasil perhitungan erosi lahan DAS Manikin periode kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun dan 100 tahun dapat di sajikan dalam tabel 4.44 ;

Tabel 4.44 : Rekap erosi lahan DAS Manikin

(Hasil perhitungan dapat di lihat pada lampiran 6,7 8,9 dan 10) ;

No	Tutupan lahan	Luas (ha)	Prosen (%)	Erosi lahan (ton/ha/thn)	Erosi lahan (ton/ha/thn)	Erosi lahan (ton/ha/thn)	Erosi lahan (ton/ha/thn)	Erosi lahan (ton/ha/thn)
				2 thn	5 thn	10 thn	50 thn	100 thn
1	Hutan	1.532,07	13,636	0,007	0,010	0,013	0,023	0,029
2	Padang rumput	2.679,47	23,848	2,082	3,049	3,923	6,840	8,652
3	Pertanian/ perkebunan	674,86	6,006	1,388	2,032	2,615	4,560	5,768
4	Semak belukar	5.686,70	50,613	2,082	3,049	3,923	6,840	8,652
5	Tanah terbuka/ lahan tidur	163,10	1,452	9,605	14,066	18,100	31,560	39,918
6	Tubuh air	499,42	4,445	0,069	0,102	3,923	0,228	0,228
Total luasan		11.235,62	100	15,233	22,307	32,498	50,053	63,307
Luas rata-rata erosi				2,539	3,718	5,416	8,342	10,551

Sumber : Badan Informasi Geospasial (BIG) 2012 dan hasil perhitungan



Gambar 4.25 : Grafik erosi lahan

4.5.2. Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

A. Laju erosi yang ditoleransi (T)

Untuk jenis tanah DAS Manikin didominasi oleh tanah latosol/humox (sumber : Aleksius D. Richardson, Dosen Unwira dan Novie Handajmi, Dosen FSSP – Veteran Jawa Timur dalam jurnal AKSIAL Desember 2003, hal 93). dengan faktor kedalaman tanah 100 cm (sumber Hammer,1981) dalam tabel 2.17 sedangkan nilai laju erosi yang diperbolehkan (T) untuk untuk tanah latosol (humox) menurut Hanafiah,2006 dalam tabel 2.14, sebesar 58,50 ton/ha/thn

Tabel 4.45 : Nilai (T) yang ditoleransikan untuk erosi lahan

No	Jenis tanah	Taksonomi tanah (sub order)	de mm	Nilai fd	Nilai T (ton/ha/thn)
1	Gleisol	Tropepts	600	0,95	37,05
2	Latosol	Humox	900	1,00	58,50
3	Brown forest soil	Tropepts	600	1,00	39,00
4	Andosol	Andepts	600	1,00	39,00
5	Regosol	Orthents	600	1,00	39,00

Sumber : Hanafiah,2006

B. Tingkat bahaya erosi (TBE)

Perhitungan TBE ditentukan dengan membandingkan erosi aktual (A) dengan erosi yang masih ditoleransikan (T) pers. 2.50 (Hammer, 1981) ;

$$TBE_{2thn} = \left(\frac{2,539}{58,50} \right) = 0,043 \text{ ton / ha / thn}$$

$$TBE_{5thn} = \left(\frac{3,718}{58,50} \right) = 0,064 \text{ ton / ha / thn}$$

$$TBE_{10thn} = \left(\frac{5,416}{58,50} \right) = 0,093 \text{ ton / ha / thn}$$

$$TBE_{50thn} = \left(\frac{8,342}{58,50} \right) = 0,143 \text{ ton / ha / thn}$$

$$TBE_{100thn} = \left(\frac{10,551}{58,50} \right) = 0,180 \text{ ton / ha / thn}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tingkat bahaya erosi (TBE) untuk lokasi penelitian yang didominasi oleh tanah latosol dengan solum tanah (kedalaman tanah > 90 cm) tingkat bahaya erosi (TBE) dapat dikatakan sangat ringan (SR) dan termasuk kelas I dengan erosi < 15 ton/ha/thn

4.5.3. Perhitungan *Sedimen Delivery Ratio* (SDR)

Dalam penelitian ini perhitungan *Sediment Delivery Ratio* (SDR) atau nisbah pelepasan sedimen Menggunakan pers. 2.51 Menurut Boyce (1975), dapat dirumuskan dengan ;

$$SDR = 0,41 \times 112,36^{-0,3} = 0,099$$

4.5.4. Perhitungan Angkutan Sedimen

A. Analisa angkutan sedimen DAS Manikin

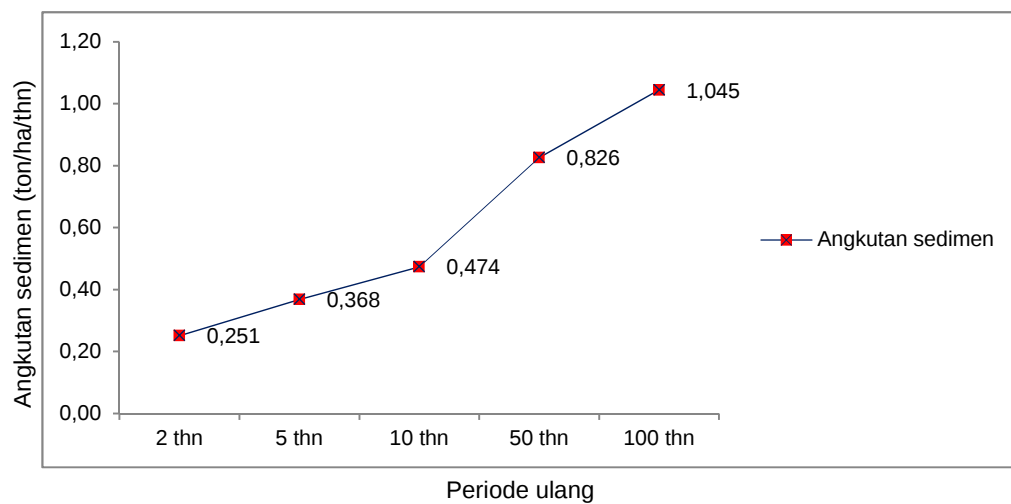
Perhitungan angkutan sedimen menggunakan pers. 2.52 ;

- 1). Analisa angkutan sedimen DAS Manikin sesuai kondisi lapangan tutupan lahan hutan dengan luas lahan 1.532,07 ha atau 13,636 % dengan erosi lahan ;
A = 0,007 ton/ha/thn, maka angkutan sedimen yang terjadi dapat dihitung ;
SY = 0,099 x 0,007 = 0,001 ton/ha/thn
- 2). Analisa angkutan sedimen DAS Manikin sesuai kondisi lapangan tutupan padang rumput dengan luas lahan 2.679,47 ha atau 23,848 % dengan erosi lahan ;
A = 2,082 ton/ha/thn, maka angkutan sedimen yang terjadi dapat dihitung ;
SY = 0,099 x 2,082 = 0,206 ton/ha/thn
- 3). Analisa angkutan sedimen DAS Manikin sesuai kondisi lapangan tutupan lahan pertanian/ perkebunan dengan luas lahan 674,860 ha atau 6,006 % dengan erosi lahan ;
A = 1,388 ton/ha/thn, maka angkutan sedimen yang terjadi dapat dihitung ;
SY = 0,099 x 1,388 = 0,137 ton/ha/thn
- 4). Analisa angkutan sedimen DAS Manikin sesuai kondisi lapangan tutupan lahan semak belukar dengan luas lahan 5.686,70 ha atau 50,613 % dengan erosi lahan ;
A = 2,082 ton/ha/thn, maka angkutan sedimen yang terjadi dapat dihitung ;
SY = 0,099 x 2,082 = 0,206 ton/ha/thn
- 5). Analisa angkutan sedimen DAS Manikin sesuai kondisi lapangan tutupan lahan tanah terbuka/ lahan tidur dengan luas lahan 163,10 ha atau 1,452 % dengan erosi lahan ;
A = 9,605 ton/ha/thn, maka angkutan sedimen yang terjadi dapat dihitung ;
SY = 0,099 x 9,605 = 0,951 ton/ha/thn
- 6). Analisa angkutan sedimen DAS Manikin sesuai kondisi lapangan tutupan lahan tubuh air dengan luas lahan 499,42 ha atau 4,445 % dengan erosi lahan ;
A = 0,069 ton/ha/thn, maka angkutan sedimen yang terjadi dapat dihitung ;
SY = 0,099 x 0,069 = 0,007 ton/ha/thn

Tabel 4.46 : Rekap hasil perhitungan analisa angkutan sedimen DAS Manikin

No	Tutupan lahan	Luas	Prosen	Angkutan sedimen (ton/ha/thn)				
		(ha)	(%)	2 thn	5 thn	10 thn	50 thn	100 thn
1	Hutan	1.532,07	13,636	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003
2	Padang rumput	2.679,47	23,848	0,206	0,302	0,388	0,677	0,857
3	Pertanian/ perkebunan	674,860	6,006	0,137	0,201	0,259	0,451	0,571
4	Semak belukar	5.686,70	50,613	0,206	0,302	0,388	0,677	0,857
5	Tanah terbuka/ lahan tidur	163,10	1,452	0,951	1,392	1,792	3,124	3,952
6	Tubuh air	499,42	4,445	0,007	0,010	0,013	0,023	0,029
Total		11.235,62	100	1,508	2,208	2,842	4,955	6,267
Total luas rata-rata angkutan sedimen				0,251	0,368	0,474	0,826	1,045

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.26 : Grafik angkutan sedimen

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dapat disimpulkan beberapa hal berikut :

- 1). Hasil perhitungan debit banjir yang akan terjadi pada DAS Manikin periode hujan dengan kala ulang 2 tahun (Q_2) = 57,665 m³/dtk, 5 tahun (Q_5) = 81,224 m³/dtk, 10 tahun (Q_{10}) = 102,006 m³/dtk, 50 tahun (Q_{50}) = 168,949 m³/dtk dan 100 tahun (Q_{100}) = 209,246 m³/dtk
- 2). Hasil perhitungan erosi lahan rata-rata DAS Manikin tanpa konservasi lahan sesuai kondisi lapangan periode kala ulang 2 tahun (A) = 2,539 ton/ha/thn, 5 tahun (A) = 3,718 ton/ha/thn, 10 tahun (A) = 5,416 ton/ha/thn, 50 tahun (A) = 8,342 ton/ha/thn dan 100 tahun (A) = 10,551 ton/ha/thn, sedangkan angkutan sedimen rata-rata tanpa konservasi lahan sesuai dengan kondisi lapangan periode kala ulang 2 tahun (SY) = 0,251 ton/ha/thn, 5 tahun (SY) = 0,368 ton/ha/thn, 10 tahun (SY) = 0,474 ton/ha/thn, 50 tahun (SY) = 0,826 ton/ha/thn dan 100 tahun (SY) = 1,045 ton/ha/thn

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas maka perlu disarankan :

- 1). Berdasarkan hasil perhitungan erosi lahan rata-rata DAS Manikin tanpa konservasi lahan dan penutup tanah dengan tanaman sesuai kondisi lapangan tetapi nilai erosi lahan masih besar sehingga perlu adanya pengaturan tata guna lahan, pengelolaan DAS, normalisasi alur sungai, pembuatan tanggul tangkis/ krib (*groyne*) dan pembuatan dinding kendali (*training wall*)
- 2). Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan konservasi lahan tetapi difokuskan saja pada satu unit lahan

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, dkk., 1984, *Pengelolaan Tanah dan Tanaman untuk Usaha Konservasi Tanah*, Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk No. 3: 7 – 12. Pusat Penelitian Tanah, Bogor
- Arsyad, S., 2000, *Konservasi Tanah dan Air*, IPB Press, Bogor
- Arini, D.I.D., 2005, *Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh untuk Model Hidrologi Answer dalam Memprediksi Erosi dan Sedimentasi Studi kasus DTA Cipopokol Sub DAS Cisadane Hulu Kabupaten Bogor*, Tugas Akhir Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Asdak, C., 1995, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada Press, Yogyakarta
- Asdak, C., 2002, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Asdak, C., 2004, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Asdak, C., 2006, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, 1986, *Petunjuk Pelaksanaan Penyusunan RTL-RLKT*, Departemen Kehutanan RI, Jakarta
- Banuwa, I. S., 2013, *Erosi*, Kencana Prenada Media Group, Jakarta
- Boyce, W. E., 1975, *Elementary Differensial Equations and Boundary Value Problems*, Inc, New York

- Bols, P. L., 1978, *The Iso-erodent Map of Java and Madura, Bogor, Indonesia*, Belgian Technical Assistance Project ATA 105, Soil Research Institute
- Civilinaction, 2008, *Pengertian, Pembangkit, Tipe – Tipe Pasang Surut*
- Darmadi, 2010, *Analisis Proses Sedimentasi Yang Terjadi Akibat Adanya Breakwater Di Pantai Balongan Indramayu*, <http://dhamadharma.wordpress.com/> (diakses tanggal 4 Oktober 2013)
- Dezanto, P. G., Daniel., 2009, *Analisis Jumlah Sedimen dan Alternatif Pengendaliannya (Studi Kasus Pada Pantai Manikin)*, Skripsi Universitas Katolik Widya Mandira Kupang, Kupang
- Departemen Kehutanan, 1998, *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Teknik Lapangan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai*, Departemen Kehutanan, Jakarta
- Ghiffary, W., 2011, *Dampak Sedimentasi Di Daerah Pesisir*, <http://blogs.unpad.ac.id/myawaludin/> (diakses tanggal 4 Oktober 2013)
- Gregory, 1979, *River Channel Changes, Dept. of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area*, State and Private Forestry, New York
- Haerdjowigeno, S., 1995, *Ilmu Tanah*, Akademika Presindo, Jakarta
- Hanafiah, K. A., 2006, *Dasar – Dasar Ilmu Tanah*, PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Hardjoamidjojo, S., dan Sukartaatmadja., S., 1992, *Teknik Pengawetan Tanah dan Air*, JICA IPB, Bogor
- Harto, Br, Sri., 1993, *Analisis Hidrologi*, Jakarta, PT. Gramedia Pustaka Utama
- Hammer, W.I., 1981, *Second Soil Conservation Report AGOF/INS/78/006*, Technical Note No. 10. Centre for Soil Research , Bogor

- Haslam, S. M., 1992. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Enviromental Management*, Elsevier Applied Science Publisher, London
- Junaidi, 2008, *Analisis Parameter Statistik Butiran Sedimen Dasar Pada Sungai Krasak Yogyakarta, Jurnal Wahana Teknik Sipil*, Vol. 16, pp. 46 – 57
- Kasiro, dkk., 1997, *Pedoman Membuat Desain Embung Kecil untuk Daerah Semi Kering Di Indonesia*, PT. Mediatama Saptakarya, Jakarta
- Manetsch, T. J., Park, G. L., 1977, *System Analisis and Simulation With Applications To Economics and Social System , Part I. Department Of Electrical Engineering and System Science*, Michigan State University, Michigan
- Murtiono, Ugro Hari., 2008, *Kajian Model Estimasi Volume Limpasan Permukaan Debit Puncak Aliran dan Erosi Tanah dengan Model Soil Conservation Service (SC), Rasional dan Modified Universal Soil Loss Equation*
- Nilwan, 1987, *Pendugaan Besar Erosi dan Daya Angkutan Sedimen pada Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu*, Skripsi Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor
- Seyhan, E., 1990, *Hidrologi Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*, Bandung, Penerbit Nova
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Nova Bandung
- Sosrodarsono, S., Masateru Tominaga, 1985, *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*, PT. Pradinya Paramita, Jakarta
- Soemarto, C.D., 1987, *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya
- Suripin, 1998, *The Effect of Land Use Alteration and Soil Conservation Measures on Sediment Yields With Reffereneces To Reservoirs In Tropical Areas*, Ph.D Desertation Innsbruck University Austria

- Suripin, 2001, *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*, Penerbit ANDI.Yogyakarta
- Suripin, 2003, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Yogyakarta, Andi Offset
- Suriawiria, U., 2003, *Air Dalam Kehidupan dan Lingkungan Yang Sehat*, Penerbit Alumni, Bandung
- Susanto, I. W., 2012, *Konservasi Wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Guna Mendukung Pembangunan Wilayah DAS Berkelanjutan*,
http://wayansusantoshut.blogspot.com/2012/02/tugas-mata-kuliah-metode-dan-teknik_12.html, diakses 10 Maret 2014
- Tunas, I. G., 2005, *Prediksi Erosi Lahan DAS Bengkulu Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG)*, Jurnal Smartek Volume 3 No. 3, www.jurnal.untad.ac.id, diakses 12 Maret 2014
- Triatmodjo, B., 1999, *Teknik Pantai Edisi Kedua*, Beta Offset, Yogyakarta. (MUSLE) (*Studi Kasus di DAS Kedung, Wonogiri*), Forum Geografi. Volume 22. Nomor 2. Desember. Halaman 169 – 185
- Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air, Jakarta, www.bk.menlh.go.id/files/UU_no_7_th_2004.pdf, Diakses 9 Maret 2014
- Wischmeier, W. H., dan D. D. Smith, 1978, *Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide To Conservation Planning*, USDA. Ag. Handbook No. 537, 58p
- Williams, J. R., 1975, *Sediment Yield Prediction With USLE Using Runoff Energy Factor In Present and Perspective Technology For Predicting Sediment Yield and Sources*, Proceeding of Sediment Yield Workshop USDA, Sediment Laboratory, Oxford Mississippi, Nov. 28-30. pp. 244-252.
- Yuwono, Nur, 1994, *Perencanaan Bangunan Jeti*, Yogyakarta, Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada