

ANALISIS POTENSI LAHAN PERTANIAN GUNA MENINGKATKAN PEREKONOMIAN MASYARAKAT DI DESA LETBAUN KECAMATAN SEMAU KABUPATEN KUPANG PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR

Sutirto⁽¹⁾Yunus Fallo⁽²⁾; Amy Wadu⁽³⁾

Politeknik Negeri Kupang⁽¹⁾, Politeknik Negeri Kupang⁽²⁾, Politeknik Negeri Kupang⁽³⁾

Email.: sutirtojatayu@gmail.com, yunus_fallo@yahoo.co.id, awd.ub15@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan pertanian di Indonesia tetap dianggap penting dari keseluruhan pembangunan terutama untuk menunjang laju pekonomian pada umumnya. Hal ini dapat dilihat dari sektor pertanian memberikan kontribusi yang besar dibandingkan sektor-sektor lainnya terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia. Air merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa dan salah satu unsur utama bagi kelangsungan hidup manusia, hewan, maupun tumbuh-tumbuhan, disamping terdapat unsur lain dalam menunjang keberlangsungan hidup manusia. Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang terdiri dari kepulauan yang tersebar di beberapa Wilayah merupakan salah satu Propinsi di Indonesia yang mempunyai lahan yang banyak di terlantarkan. Pemerintah Nusa Tenggara Timur dengan berbagai upaya untuk meningkatkan hasil pertanian, dalam hal ini sarana dan prasarana yang mendukung sangat diperlukan untuk mencapai tujuan tersebut. Pulau Semau adalah Pulau Kecil yang berpenduduk kurang lebih 8.000 jiwa, yang berasal dari suku Helong salah satu suku yang berada di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Letak Pulau Semau ini terletak diperairan sebelah Barat Pulau Timor yakni di sebelah Barat Kota Kupang, Kota Kupang merupakan Pusat Pemerintahan Provinsi Nusa Tenggara Timur. Di Desa Letbaun Kecamatan Semau Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur terdapat lahan produktif untuk diolah menjadi lahan pertanian, oleh karena terkendalanya akan ketersediaan air yang sangat terbatas lahan tersebut tidak dimanfaatkan dan diterlantarkan menjadi hamparan tumbuhan rumpun dan ilalang serta semak belukar. Jika dilihat sumber daya air di lokasi tersebut memungkinkan untuk dibuat Embung guna kebutuhan air minum dan sarana air bersih. Embung merupakan waduk berukuran mikro di lahan pertanian (*small farm reservoir*) yang memiliki multifungsi serta dibangun untuk digunakan sebagai pengendali kelebihan air ketika musim penghujan dan menjadi sumber air irigasi pada musim kemarau. Secara operasional sebenarnya embung berfungsi untuk mendistribusikan dan menjamin kontinuitas ketersediaan pasokan air untuk keperluan tanaman ataupun ternak di musim kemarau dan penghujan. Hasil analisis Potensi lahan pertanian di Desa Letbaun Kecamatan Semau Kabupaten Kupang seluas = 900,126 Ha dari luas total kseluruhan = 1379,634 Ha berarti 65,24 % dari total luas daerah. Dan untuk memenuhi persediaan kebutuhan air di bangun Waduk (Embung) di Sub DAS 10 pada koordinat 123°24'23.41" BT dan 10°11'44.23" LS dengan Wilayah cakupan (*Chatment Arealnya*) seluas 215,571 Ha Dalam hal ini penyediaan lahan dengan mengoptimalkan lahan yang tidak produktif menjadikan lahan produktif akan menuntaskan permasalahan kekurangan akan persediaan pangan.

Kata Kunci : *Potensi Lahan Pertanian, persediaan kebutuhan air, meningkatkan perekonomian masyarakat*

ABSTRACT

The agricultural development in Indonesia is considered important from all the developments especially to support the economic rate in general. This can be seen that agricultural sector gives the big contribution if it is compared by the other sectors to the Indonesia economic growth. Water is a blessing from the Almighty God and one of the primary elements to the continuity of human life, animals, or plants, beside there are the other elements in supporting the continuity of human life. East Nusa Tenggara province which consists of islands that spread in some regions is one of the provinces in Indonesia that has a lot of displaced land. The government of East Nusa Tenggara has various efforts to improve agricultural product, in this case the supporting facilities and infrastructure are needed to achieve the goal. Semaui island is a small island that populated at least 8000 people who come from Helong tribe is one of the tribes in East Nusa Tenggara. The location of Semaui island is in Western waters of Timor island that is in the West of Kupang city. Kupang city is government centre of East Nusa Tenggara province. In Letbaun Village Semaui Sub-District Kupang District, East Nusa Tenggara province, there is productive land to be made as farm. Because there is the obstacle of limited water availability, so that the land is not used and displaced so it becomes the field of bushes. If it is seen the water resource in that location, it is enable to make retention basin to supply the water and clean water facility. The retention basin is a reservoir in micro size in the farm (small farm reservoir) that has multifunctions and it is built to be used as the excess water control in rainy season and it becomes the irrigation water resource in the dry season. Operationally, in fact, retention basin is functioned to distribute and to ensure the continuity of water supply availability to the need of plants and livestock in dry season and rainy season. The analysis result of farm potency in Letbaun Village Semaui Sub-District Kupang District is 900,126 Ha from the total area of 1379,634 Ha, it means that 65,24 % from the total region. And to fulfill the water supply, it is built retention basin in Sub DAS 10 at coordinates 123°24'23.41" East Longitude and 10°11'44.23" South Latitude with its area coverage is 215,571 Ha. In this case, the land supply by optimizing non-productive land becomes productive land will overcome the problem of food supply shortage.

Keywords : *Farm Potency, Improving Community Economy, Water Needs Supply*

1.

Pendahuluan

Salah satu target pemerintah saat ini adalah menjadikan Indonesia sebagai negara swasembada pangan. Sehingga dicanangkan berbagai program pemerintah untuk mencapai tujuan tersebut, bahkan daerah-daerah terpencil dan tertinggal diupayakan untuk berkembang seperti Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang diketahui Dasar 1945. Hal ini perlu didukung oleh beberapa faktor diantaranya sumber daya alam dan sumber daya manusia. Indonesia sangat terkenal dengan letak yang sangat strategis sehingga memiliki tanah yang bahwa pertanian merupakan mata pencaharian pokok masyarakat Faktor yang sangat dominan dalam meningkatkan pertanian adalah ketersediaan air, wilayah NTT merupakan salah satu daerah yang selalu mengalami kekeringan dan kekurangan air. Untuk menjawab hal tersebut maka pengelolaan air sangat diperlukan agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Pemerintah berupaya membangun Daerah Irigasi pada lahan kering maupun basah yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Oleh karena itu, sistem irigasi tetes sangat diperlukan sebagai salah satu alternatif yang lebih efektif untuk menghemat kebutuhan air secara efisien.

Terbatasnya ketersediaan air merupakan salah satu kendala dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat di Kabupaten Kupang melalui sektor pertanian yang merupakan sumber pendapatan terbesar bagi masyarakat secara umum di Kabupaten Kupang maupun di Kecamatan Kupang Tengah, tetapi hasil panen atau hasil produksi pertanian masih tergolong rendah. Presiden Joko Widodo mengatakan masalah Nusa Tenggara Timur (NTT) hanyalah air, berkembang-tidaknya NTT bergantung pada ketersediaan air. Masyarakat di daerah Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki beragam mata pencaharian, salah satunya adalah bertani. Untuk menjawab hal

tersebut maka pengelolaan air sangat diperlukan agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Pemerintah berupaya membangun Daerah Irigasi pada lahan kering maupun basah yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. (Sumber : Tempo.co, 28 Des 2016)

Pulau Semaui adalah Pulau Kecil yang berpenduduk kurang lebih 8.000 jiwa, yang berasal dari suku Helong salah satu suku yang berada di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Letak Pulau Semaui ini terletak diperaian sebelah Barat Pulau Timor yakni di sebelah Barat Kota Kupang, Kota Kupang merupakan Pusat Pemerintahan Provinsi Nusa Tenggara Timur. Di Desa Letbaun Kecamatan Semaui terdapat lahan produktif untuk diolah menjadi lahan pertanian.

Sesuai latar belakang dan permasalahan diatas diperlukan suatu Kajian Analisis Penggunaan Lahan Sebagai Lahan Pertanian Guna Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Di Desa Letbaun Kecamatan Semaui Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur

Tinjauan Pustaka

Pengelolaan DAS

Pengelolaan DAS adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat menipulasi sumber daya alam dan manusia yang terdapat di daerah aliran sungai untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumber daya air dan tanah. Termasuk dalam pengelolaan DAS adalah identifikasi keterkaitan antara tata guna lahan, tanah dan air, dan keterkaitan antara daerah hulu dan hilir suatu DAS (Asdak,2004:5).

Sistem Tata Ruang Berbasis Konservasi Tanah dan Air

Sistem tata ruang merupakan suatu cara untuk mengatur, menata, merencanakan, menjalankan, dan mengontrol wilayah. Di dalam sistem penataan ruang yang berkelanjutan, variabel ekonomi, sosial dan konservasi sumber daya air dan tanah menjadi satu kesatuan

Syarat batas untuk perencanaan ruang yang berbasis konservasi tanah dan air adalah menggunakan batas Daerah Aliran Sungai (DAS).

Konservasi Tanah

Konservasi tanah adalah usaha-usaha untuk memanfaatkan dan menjaga serta melindungi sumber daya tanah, atau suatu tindakan pengembangan dan proteksi terhadap sumber daya tanah. Pada umumnya konservasi tanah dimaksudkan untuk melindungi tanah dari curahan langsung air hujan, meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah, mengurangi limpasan permukaan, meningkatkan stabilitas agregat tanah (Hardjowigeno, 1995 :163).

Dengan demikian, hal yang sangat penting dalam memanfaatkan sumber daya tanah adalah analisis kemampuan tanah atau lahan tersebut. Berdasarkan analisis kemampuan lahan atau tanah inilah arahan penggunaan lahan dapat diketahui, sehingga konservasi tanah dapat dijadikan sebagai salah satu landasan dalam penataan ruang.

Konservasi Air

Konservasi air merupakan usaha-usaha dalam pemanfaatan serta perlindungan terhadap sumberdaya air. Memberdayakan prinsip konservasi air dalam perencanaan ruang adalah merupakan cara yang efektif untuk menjaga keadaan alam dan keseimbangan lingkungan.

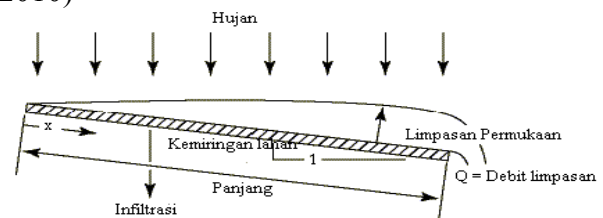
Dari uraian di atas, maka dapat diartikan bahwa konservasi air adalah upaya untuk memasukkan air ke dalam tanah dalam rangka pengisian airtanah, baik secara alami (*natural recharge*) atau secara buatan (*artificial recharge*).

Model AGWA (*Automated Geospatial Watershed Assessment*) Tool

Metode Kinos, adalah bagian dari extension AGWA yang merupakan alat untuk menganalisis fenomena hidrologi untuk penelitian tentang daerah pengaliran sungai. Model ini dirancang untuk mensimulasikan proses infiltrasi, kedalaman limpasan permukaan dan erosi yang terjadi pada suatu DAS dengan skala yang relatif kecil yaitu $\leq 100 \text{ km}^2$ (AGWA *theoretical documentation*, 2000).

Dasar Filosofis Metode Kinos

Dasar pemikiran dari Metode Kinos adalah, apabila suatu lahan menerima hujan dengan intensitas tertentu, maka air yang jatuh ke permukaan tanah sebagian akan terinfiltrasi ke dalam tanah sampai batas kejenuhan tertentu, sedangkan sebagian lagi akan melimpas di atas permukaan tanah atau menggenang, keadaan ini tergantung dari kemampuan tanah dalam menyerap air berdasarkan berbagai faktor yang mempengaruhinya, antara lain kemiringan dari suatu lahan, komponen-komponen penyusun tanah dan sifat-sifat fisik tanah (Kinos, 2010)



Gambar 1. Dasar Filosofi Limpasan Air Permukaan

Sumber : Kinos, 2010

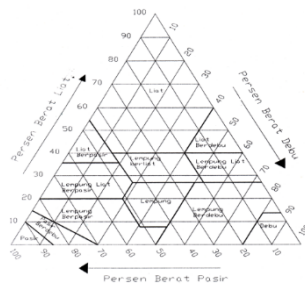
Data-data yang diperlukan dalam metode Kinos terdiri dari data utama dan data sementara. Data utama merupakan sekumpulan data yang digunakan untuk membuat sketsa DAS, permukaan tanah, parameterisasi

tanah serta untuk menuliskan *file-file* presipitasi yang terdiri dari: *Digital Elevation Model* (DEM), tekstur tanah, permukaan tanah dan parameter hujan, sedangkan data sementara adalah semua data yang dihasilkan selama berlangsung proses pengerjaan metode Kineros, yaitu pola arah aliran, pola akumulasi aliran, pola jalur arus, batas dan bentuk DAS. Data-data tersebut harus tersimpan dalam bentuk *file* untuk memudahkan dalam proses metode Kineros.

Pengolahan Peta Jenis Tanah dan Pendefinisian Tekstur Tanah

Setiap satu luasan poligon tekstur tanah, memiliki kandungan beberapa komponen tanah yang berbeda. Komponen tersebut dicatat pada suatu bentuk tabel yang diberi nama *Comp.dbf*. Selanjutnya untuk setiap kedalamannya dan dicatat pada suatu bentuk tabel komponen tersebut memiliki komponen tanah yang berbeda tiap yang dinamakan *Layer.dbf*.

Penentuan propertis penyusun tanah di sini berdasarkan dari data tekstur tanah yang telah diperoleh dengan menggunakan segitiga tekstur berikut:



Gambar 2. Diagram Segitiga Kelas Tekstur Tanah

Sumber : Kineros, 2010

Hasil Penelitian - Penelitian Terdahulu

Herawati, 2010, Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat bahaya erosi di DAS Cisadane meliputi sangat ringan hingga sangat berat dengan persentase luas lahan berturut-turut dari yang sangat ringan hingga sangat berat 55,85%; 15,74%; 6,33%; 0,81%; dan 0,30%. Lahan dengan tingkat

bahaya erosi sangat berat meliputi luas 316 ha dan tingkat berat meliputi 851 ha. Tamansari merupakan kecamatan yang memiliki luas wilayah dengan tingkat bahaya erosi sangat berat terluas yaitu 87 ha. Beberapa kecamatan lain yang memiliki luas lahan dengan tingkat bahaya erosi berat adalah Tenjolaya, Caringain, Cijeruk, dan Nanggung. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai data dasar untuk membuat rencana pengelolaan DAS yang baik.

Sulaiman dkk, 2017 hasil penelitiannya Kota Kupang memiliki potensi air tanah yang tinggi, hal itu terbukti dari 49 % dari total luas Kota Kupang atau sekitar 8070.74 Ha memiliki potensi air tanah tinggi. Serta hanya sekitar 561.85 Ha atau sekitar 3.42 % yang memiliki potensi air sangat rendah. Sebaran air tanah di Kota Kupang sebagian besar dipengaruhi oleh kondisi topografi Kota Kupang. Memiliki relief bergelombang membuat persebaran air tanah di Kota Kupang tersebar secara acak pada daerah dengan topografi datar sampai landai. Selain kondisi topografi, sebaran air tanah di Kota Kupang juga dipengaruhi oleh penggunaan lahan yang ada di Kota Kupang, jenis penggunaan lahan akan sangat berpengaruh pada aliran permukaan dan kapasitas infiltrasi yang terjadi beberapa kawasan di Kota Kupang yang memiliki potensi air tanah tinggi

Roeska.dkk, 2010, Lokasi penelitian ini berada di 3 titik pengamatan pada KM.35, KM.104, dan KM.129. Metode *USLE* (*Universal Soil Loss Equation*) digunakan untuk menghitung laju erosi. Parameter *USLE* dalam penelitian ini meliputi, erosivitas hujan (*R*) selama 10 tahun, erodibilitas tanah (*K*) dengan pengambilan sampel tanah secara

terganggu/disturbed sample (T1) dan tidak terganggu/undisturbed sampel (T2) dengan bor tangan, mengukur panjang dan kemiringan lereng (LS) dengan *Theodolite Station*, pengamatan visual untuk penutup dan pengelolaan lahan (CP). Hasil analisis menunjukkan Tingkat Bahaya Erosi (TBE) di KM.35 (T1) = 11,82; KM.35 (T2) = 19,38; KM.104 (T1) = 15,45; KM.104 (T2) = 20,02; KM.129 (T1) = 17,81; dan KM.129 (T2) = 19,46. Hasil pengukuran terhadap TBE memperlihatkan bahwa keseluruhan titik lokasi pengujian berada dalam kriteria sangat berat (SB). Hasil perhitungan terhadap faktor keamanan lereng (Fs) pada titik pengujian adalah KM.35 (T2) = 0,287; KM.104 (T2) = 0,227; dan di KM.129 (T2) = 0,436. Hasil perhitungan faktor keamanan lereng (Fs) pada semua lokasi penelitian berada pada kondisi tidak aman ($F_s < 1$)

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Desa Uitiuh Tuan Kecamatan Semau Selatan Kabupaten Kupang untuk mencapai lokasi penelitian ditempuh melalui Kapal Penyebrangan dengan kendaraan Perahu Motor atau Kapal Ferry di lanjutkan dengan kendaraan roda 2 maupun roda 4 dari Pelabuhan Semau menuju Desa Letbaun Kecamatan Semau selama kurang lebih 30 menit dengan jarak yang ditempuh sejauh 60 Km.



Gambar 3 : Lokasi Penelitian



2. Gambar 4 : Road Map Lokasi Penelitian

3. Data dan Sumber Data yang diperlukan

1. Data curah hujan harian tahun 2011 s.d. 2020 yang bersumber dari Badan Meterologi dan Geofisika Kupang. Data curah hujan hasil pengamatan Stasiun yang berada disekitar DAS Semau

2. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) dan jaringan sungai Pulau Timor yang bersumber dari BP DAS Benain Noelmina sebagai alat pembanding dalam pembuatan batas DAS.

3. Peta RBI dengan skala 1: 50.000 digunakan untuk mengetahui kondisi alam, elevasi, dan arah aliran.

4. Citra penginderaanjauh Satelit Lansat7 ETM⁺ dan Lansat 8 (OLI) lokasi ditahun perekaman 2004, 2009, dan 2020 yang bersumber dari USGS (*U.S. Geological Survey*) yang digunakan untuk mengidentifikasi kondisitata guna lahan di DAS Noel Amabi.

5. Peta tata guna lahan tahun 2020 Kabupaten Kupang sebagai alat pembanding peta

tataguna lahan yang diperoleh dari pengolahan citra penginderaan jauh.

6. Peta jenis tanah digunakan untuk mengetahui jenis tanah pada DAS Semau dan menentukan nilai erodibilitas tanah.

7. Peta stasiun hujan digunakan mengetahui penyebaran stasiun penakar hujan. Selain itu untuk mengetahui luas daerah pengaruh stasiun hujan.

4. Langkah Pengerjaan Penelitian

Secara garis besar langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan data-data untuk input data yang diatur dan diolah sedemikian rupa sehingga sesuai dengan format yang diminta program AVSWATagar dapat bekerja dengan baik pada saat menjalankan program simulasinya. Data-data yang disesuaikan formatnya adalah :

5.
 - a. Data curah hujan
 - b. Data jenis tanah
 - c. Data penggunaan lahan
2. Menampilkan peta lokasi studi
 - a. Peta topografi
 - b. Peta tataguna lahan
 - c. Peta jenis tanah
 - d. Peta sungai

3. Metode pengolahan DEM (*Digital Elevation Model*)

- a. Kalibrasi dan Verifikasi
- b. Peta potensi lokasi Embung sesuai DAS di Pulau Semau.

c. Analisa Debit Limpas Permukaan pada suatu lahan di DAS Semau

4. Penataan tata ruang untuk lahan pertanian Desa Letbaun Kecamatan Semau

Hasil dan Pembahasan

Analisa Hidrologi

6. Data Curah Hujan

Lokasi penelitian terletak di DAS Uitao terdapat tiga stasiun hujan terdekat yang berpengaruh terhadap wilayah DAS Uitao. Stasiun tersebut merupakan stasiun yang terdekat di wilayah DAS Uitao. Data hujan yang digunakan dalam analisa tersebut meliputi data curah hujan harian dengan periode pengamatan tahun 2011 sampai dengan tahun 2020. Adapun letak koordinat dan elevasi masing-masing stasiun hujan di wilayah penelitian sbb :

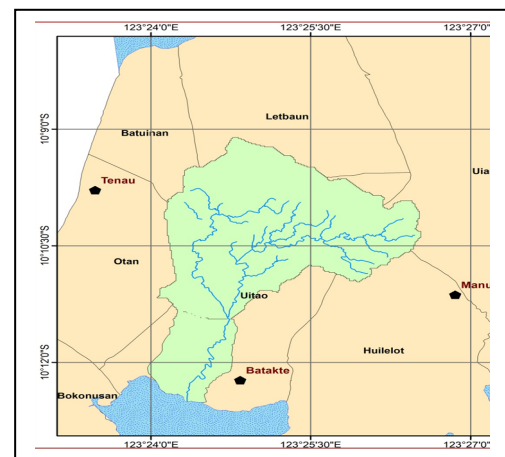
Tabel 1. Stasiun Hujan Wilayah Penelitian

Nama Stasiun Hujan	Elevasi (m)	Koordinat (Geografi)	
		BT	LS
Stasiun Tenau	418	1,233,912	-101,631
Stasiun Manulai	20	1,234,476	-101,855
Stasiun Batakte	380	1,234,140	-102,038

Sumber : BMG Stasiun Klimatologi

Lasiana, 2021

Sedangkan untuk Peta Sebaran Stasiun Hujan di Wilayah Penelitian DAS Uitao dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 : Peta Pengaruh Stasiun Hujan DAS Uitao

Tabel 2 : Curah Hujan Maksimum Tahunan Wilayah Studi (2011-2020)

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum		
		Stasiun Batakte	Stasiun Tenau	Stasiun Manulai
		(mm)	(mm)	(mm)
1	2011	180,00	161,00	53,50
2	2012	159,00	102,00	72,00
3	2013	94,00	108,00	125,00
4	2014	74,00	80,00	154,00
5	2015	289,00	310,00	63,00
6	2016	98,00	90,00	275,00
7	2017	145,00	190,00	204,00
8	2018	171,00	210,00	130,00
9	2019	195,00	201,00	75,00
10	2020	125,00	183,00	140,00

Sumber : BMG Stasiun Klimatologi Lasiana Kupang, 2021

Tabel 3 : Total Curah Hujan dan Hari Hujan Wilayah Studi Tahun 2011-2020

No	Tahun	Total Curah Hujan dan Hari Hujan Bulanan					
		Stasiun Batakte		Stasiun Tenau		Stasiun Manulai	
		Total Curah Hujan (mm)	Total Hari Hujan (hari)	Total Curah Hujan (mm)	Total Hari Hujan (hari)	Total Curah Hujan (mm)	Total Hari Hujan (hari)
1	2011	1.383,00	76,00	1.412,30	91,00	1.276,30	84,00
2	2012	1.715,30	69,00	1.346,00	71,00	1.009,80	68,00
3	2013	1.317,20	70,00	1.483,30	69,00	1.350,50	82,00
4	2014	1.065,50	67,00	387,50	42,00	1.331,50	74,00
5	2015	1.999,00	92,00	4.241,00	62,00	1.222,00	58,00
6	2016	914,00	60,00	1.950,30	79,00	2.055,00	55,00
7	2017	2.015,00	71,00	2.445,00	67,00	1.047,50	35,00
8	2018	1.635,50	82,00	1.951,00	99,00	1.277,60	56,00
9	2019	1.737,00	60,00	2.288,00	112,00	1.006,50	50,00
10	2020	1.555,00	89,00	1.662,00	81,00	1.179,00	79,00

Sumber : BMG Stasiun Klimatologi Lasiana Kupang, 2021

7. Uji Konsistensi Data Hujan

Uji konsistensi merupakan uji kebenaran data lapangan yang menggambarkan keadaan sebenarnya. Data yang tidak konsisten dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain perubahan mendadak

pada sistem lingkungan hidrologis, antara lain adanya pembangunan gedung-gedung baru, tumbuhnya pohon-pohon, gempa bumi, gunung meletus, dan lain-lain, pemindahan alat pengukur hujan, perubahan cara pengukuran, misalnya berhubungan dengan adanya alat baru atau metode baru.

Uji konsistensi data dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*) yaitu memperbandingkan data komulatif tahunan dari stasiun hujan yang diamati dengan data komulatif tahunan stasiun di sekitarnya. Berikut ini adalah hasil per hitungan uji konsistensi data di Stasiun Batakte, Stasiun Tenau, dan Stasiun Manulai. Pada ketiga stasiun-stasiun tersebut tidak dilakukan koreksi curah hujan dikarenakan tidak terdapat penyimpangan data hujan.

Hasil perhitungan dari 3 Stasiun Hujan disajikan di tabelkan di bawah ini:

- 8.
- 9.
- 10.
- 11.
- 12.
13. **Tabel 3 : Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Hujan Batakte**

Tahun	Stasiun Batakte	Kumulatif Stasiun Batakte	Stasiun Tenau	Stasiun Manulai	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2011	1.383,00	1.383,00	1.412,30	1.276,30	1.344,30	1.344,30
2012	1.715,30	3.098,30	1.346,00	1.009,80	1.177,90	2.522,20
2013	1.317,20	4.415,50	1.483,30	1.350,50	1.416,90	3.939,10
2014	1.065,50	5.481,00	387,50	1.331,50	859,50	4.798,60
2015	1.999,00	7.480,00	4.241,00	1.222,00	2.731,50	7.530,10
2016	914,00	8.394,00	1.950,30	2.055,00	2.002,65	9.532,75
2017	2.015,00	10.409,00	2.445,00	1.047,50	1.746,25	11.279,00
2018	1.635,50	12.044,50	1.951,00	1.277,60	1.614,30	12.893,30
2019	1.737,00	13.781,50	2.288,00	1.006,50	1.647,25	14.540,55
2020	1.555,00	15.336,50	1.662,00	1.179,00	1.420,50	15.961,05

- 14.
15. **Sumber : Hasil Perhitungan,**

16. **Keterangan :**
- [1] : Tahun

[2] [4] [5] : Hasil perhitungan curah hujan tahunan

[3] : Komulatif stasiun yang diuji
Tahun 2012=1.383 + 1.715,30 = 3.098,30 mm

[6] : $([4] + [5]) / 2 = (1.412,30 + 1.276,30)/2 = 1.344,3 \text{ mm}$

[7] : Komulatif [6]
Misal Stasiun Batakte tahun 2012
= 1.344,3 + 1.177,9 = 2.522,2 mm

Tabel 4 : Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Hujan

Tahun	Stasiun Tenau	Kumulatif Stasiun Tenau	Stasiun Batakte	Stasiun Manulai	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembandi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2011	1.412,30	1.412,30	1.383,00	1.276,30	1.329,65	1.329,65
2012	1.346,00	2.758,30	1.715,30	1.009,80	1.362,55	2.692,20
2013	1.483,30	4.241,60	1.317,20	1.350,50	1.333,85	4.026,05
2014	387,50	4.629,10	1.065,50	1.331,50	1.198,50	5.224,55
2015	4.241,00	8.870,10	1.999,00	1.222,00	1.610,50	6.835,05
2016	1.950,30	10.820,40	914,00	2.055,00	1.484,50	8.319,55
2017	2.445,00	13.265,40	2.015,00	1.047,50	1.531,25	9.850,80
2018	1.951,00	15.216,40	1.635,50	1.277,60	1.456,55	11.307,35
2019	2.288,00	17.504,40	1.737,00	1.006,50	1.371,75	12.679,10
2020	1.662,00	19.166,40	1.555,00	1.179,00	1.367,00	14.046,10

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 5 : Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Hujan Manulai

Tahun	Stasiun Manulai	Kumulatif Stasiun Manulai	Stasiun Batakte	Stasiun Tenau	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembandi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2011	1.276,30	1.276,30	1.383,00	1.412,30	1.397,65	1.397,65
2012	1.009,80	2.286,10	1.715,30	1.346,00	1.530,65	2.928,30
2013	1.350,50	3.636,60	1.317,20	1.483,30	1.400,25	4.328,55
2014	1.331,50	4.968,10	1.065,50	387,50	726,50	5.055,05
2015	1.222,00	6.190,10	1.999,00	4.241,00	3.120,00	8.175,05
2016	2.055,00	8.245,10	914,00	1.950,30	1.432,15	9.607,20
2017	1.047,50	9.292,60	2.015,00	2.445,00	2.230,00	11.837,20
2018	1.277,60	10.570,20	1.635,50	1.951,00	1.793,25	13.630,45
2019	1.006,50	11.576,70	1.737,00	2.288,00	2.012,50	15.642,95
2020	1.179,00	12.755,70	1.555,00	1.662,00	1.608,50	17.251,45

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

17. Curah Hujan Rerata Daerah

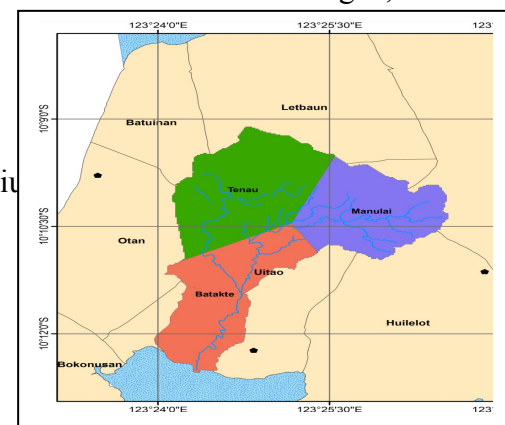
Penentuan curah hujan rerata daerah menggunakan metode Poligon Thiessen. Penggambaran Polygon Thiessen dilakukan dengan menginputkan masing-masing

koordinat stasiun hujan kedalam *table* untuk mendapatkan peta sebaran stasiun hujan. Setelah itu dilakukan pembuatan Polygon Thiessen dengan mengaktifkan *extension spatial analyst* dengan batasan daerah pengaruh adalah peta Stasiun Hujan DAS Uitao dengan menghasilkan Peta Polygon Thiessen DAS Uitao (Gambar 4.5). Luas pengaruh Polygon Thiessen dengan koefisien Thiessen masing-masing Stasiun Hujan di wilayah penelitian DAS Uitao tabel 6

Tabel 6 : Pengaruh Sebaran Luas Terhadap Stasiun Hujan di DAS Uitao

No	Nama Stasiun Hujan	Elevasi (m)	Koordinat Geografi		Luas Pengaruh Stasiun Hujan (Ha)	Koefisien Thiessen (C)
			BT	LS		
1	Stasiun Tenau	418	1,233,912	-101,631	526,057	0,381422
2	Stasiun Manulai	20	1,234,476	-101,855	41,053	0,297656
3	Stasiun Batakte	380	123,414	-102,038	442,615	0,320922
Jumlah					1.009,724	1,00

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021.



Gambar 6 : Peta Polygon Thiessen DAS Uitao

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Dari data Curah Hujan Maksimum Tahunan Wilayah Penelitian (2010-2019) Tabel 6. dikalikan dengan prosentase Koefisien Thiessen Hasil Perhitungan *Software ArcView GIS* didapat Nilai Curah Hujan Maksimum Rerata Daerah dapat dilihat pada Tabel dibawah :

Tabel 7 : Curah Hujan Maksimum Tahunan Rerata Wilayah Penelitian (2011-2020)

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)			Curah Hujan Maksimum Rerata (mm)
		Stasiun Batakte	Stasiun Tenau	Stasiun Manulai	
		C = 321	C = 381	C = 298	
1	2011	180,00	161,00	53,50	135,10
2	2012	159,00	102,00	72,00	111,36
3	2013	94,00	108,00	125,00	108,57
4	2014	74,00	80,00	154,00	100,10
5	2015	289,00	310,00	63,00	229,74
6	2016	98,00	90,00	275,00	147,63
7	2017	145,00	190,00	204,00	179,73
8	2018	171,00	210,00	130,00	173,67
9	2019	195,00	201,00	75,00	161,57
10	2020	125,00	183,00	140,00	151,59

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 8 : Total Curah Hujan Bulanan Rerata Wilayah Penelitian (2010-2019) dengan Pengaruh Koefisien Thiessen

No.	Bulan	Koefisien Thiessen			Total Curah Hujan Bulanan Rerata
		St.Batakte	St. Tenau	St. Manulai	
		0,321	0,381	0,298	
		Rata - Rata Total Curah Hujan Bulanan 10 Tahun			
1	Januari	325,8	480,86	400,75	407,253
2	Februari	326,3	482,29	393,52	405,806
3	Maret	172,95	277,63	120,7	197,325
4	April	99,05	86,5	78,64	88,188
5	Mei	24,3	28,2	11,3	21,918
6	Juni	35,52	15,1	8,25	19,614
7	Juli	14,8	4,5	7,6	8,728
8	Agustus	4,2	0,8	1,06	1,969
9	September	11,7	3,03	2,85	5,759
10	Oktober	4,5	24,6	3,7	11,928
11	November	105,2	119,84	109,8	112,153
12	Desember	409,33	393,29	137,4	322,270

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 9 : Total Hari Hujan Bulanan Rerata Wilayah Penelitian (2010-2019) dengan Pengaruh Koefisien Thiessen

No.	Bulan	Koefisien Thiessen			Total Hari Hujan Bulanan Rerata
		Stasiun Batakte	Stasiun Tenau	Stasiun Manulai	
		0,321	0,381	0,298	
		Rata - Rata Total Hari Hujan Bulanan 10 Tahun			
1	Januari	14,80	17,00	15,50	15,847
2	Februari	16,40	17,70	16,30	16,866
3	Maret	8,00	11,10	6,70	8,795
4	April	6,80	4,40	5,20	5,408
5	Mei	2,30	1,80	1,20	1,782
6	Juni	2,90	1,10	1,70	1,856
7	Juli	2,20	0,70	0,60	1,152
8	Agustus	1,20	0,30	0,60	0,678
9	September	1,10	0,70	0,80	0,858
10	Oktober	0,90	1,10	0,70	0,917
11	November	6,00	6,70	6,60	6,446
12	Desember	11,00	14,70	8,20	11,578

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021.

Dari hasil perhitungan Curah Hujan Maksimum Tahunan Rerata Wilayah Penelitian dengan Pengaruh Koefisien

Thiessen didapat curah hujan rerata tahunan dan sudah diurutkan disajikan pada Tabel berikut :

Tabel 10 : Curah Hujan Rerata Setelah diurutkan

No	Tahun	Curah Hujan Rerata (mm)
1	2014	100,10
2	2013	108,57
3	2012	111,36
4	2011	135,10
5	2020	151,59
6	2019	161,57
7	2018	173,67
8	2016	147,63
9	2017	179,73
10	2015	229,74

Sumber : Hasil Perhitungan,

2021

18. Analisa Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang tertentu. Analisa curah hujan rancangan adalah suatu prosedur untuk memperkirakan frekuensi suatu kejadian hujan pada masa lalu dan masa mendatang. Dengan analisa frekuensi curah hujan, dapat diketahui jenis distribusi hujan yang dapat mewakili persebaran dari data hujan harian, sehingga dapat ditetapkan hujan rancangan dengan berbagai periode ulang (Suripin, 2004).

19. Parameter Statistik

Dengan menghitung parameter statistik seperti nilai rerata, standar deviasi, koefisien variasi, dan koefisien skewness dari data yang ada serta diikuti dengan uji statistik, maka distribusi probabilitas hujan yang sesuai dapat ditentukan

Tabel 11 : Penentuan Parameter Statistik Wilayah Penelitian

No	Tahun	X_i (mm)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2014	100,10	-49,80	2.480,52	-123.541,88	6.152.981,62
2	2013	108,57	-41,34	1.708,88	-70.642,66	2.920.267,91
3	2012	111,36	-38,54	1.485,56	-57.257,88	2.206.888,14
4	2011	135,10	-14,81	219,23	-3.245,96	48.060,75
5	2020	151,59	1,68	2,83	4,75	7,99
6	2019	161,57	11,66	136,05	1.586,86	18.509,15
7	2018	173,67	23,77	564,81	13.423,11	319.010,07
8	2016	147,63	-2,27	5,16	-11,73	26,65
9	2017	179,73	29,82	889,22	26.516,53	790.719,26
10	2015	229,74	79,83	6.373,43	508.815,02	40.620.621,80
Jumlah		1.499,06	0,00	13.865,69	295.646,19	53.077.093,35
\bar{X}		149,906				
Standar Deviasi (Sd)		39,251				
Cs		0,679				
Ck		4,437				

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

20. Langkah Perhitungan pada Tabel 11 untuk menentukan jenis distribusi probabilitas tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Nilai Rata-rata

$$21. \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$22. \quad \bar{x} = \frac{1.499,06}{10}$$

$$23. \quad \bar{X} = 149,906$$

2. Menentukan Nilai Standar Deviasi (Sd)

$$24. \quad Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$25. \quad Sd = \sqrt{\frac{13.865,69}{10-1}}$$

$$26. \quad Sd = 39,251$$

3. Menentukan Nilai Koefisien Skewness (Cs)

$$27. \quad Cs = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$28. \quad Cs = \frac{10 \times 295.646,19}{9 \times 8 \times 39,251^3}$$

$$29. \quad Cs = 0,679$$

4. Menentukan Nilai Koefisien Kurtosis (Ck)

$$30. \quad Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

$$31. \quad Ck = \frac{10^2 \times 53.077.093,35}{9 \times 8 \times 7 \times 32,036^4}$$

$$Ck = 4,437$$

32. Pemilihan Jenis Distribusi

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Log-Person Type III (Suripin, 2004).

Tabel 12 : . Pemilihan Jenis Distribusi Wilayah Penelitian

No.	Jenis Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0	Cs = 0,679	Tidak Memenuhi
		Ck = 0	Ck = 4,437	
2	Gumbel	Cs = 1,14	Cs = 0,679	Tidak Memenuhi
		Ck = 5,4	Ck = 4,437	
3	Log Normal	Cs = 0,688	Cs = 0,679	Tidak Memenuhi
		Ck = 3,14	Ck = 4,437	
4	Pearson Type	Selain dari nilai diatas	Cs = 0,679	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Tabel 13. Perhitungan Standard Deviasi dan Koefisien Kemencengan (Cs) Wilayah Penelitian

NO.	Tahun	Curah Hujan X_i (mm)	Log X_i	Log $X_i - \text{Log } \bar{X}$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$
1	2014	100,101	2,000	-0,162	0,026	-0,004
2	2013	108,567	2,036	-0,127	0,016	-0,002
3	2012	111,363	2,047	-0,116	0,013	-0,002
4	2011	135,099	2,131	-0,032	0,001	0,000
5	2020	151,587	2,181	0,018	0,000	0,000
6	2019	161,570	2,208	0,046	0,002	0,000
7	2018	173,672	2,240	0,077	0,006	0,000
8	2016	147,634	2,169	0,006	0,000	0,000
9	2017	179,726	2,255	0,092	0,008	0,001
10	2015	229,740	2,361	0,199	0,039	0,008
Jumlah		1499,058	21,627	0,000	0,113	0,001
Log \bar{X}			2,163			
SLog \bar{X}			0,112			
Cs			0,1			

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 13 : Perhitungan Hujan Rancangan dengan berbagai kala ulang

No	Tr (tahun)	Log X	Std Deviasi (SLogX)	Kemencengan (Cs)	Peluang (%)	K	Curah Hujan Rancangan	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	LogX	X (mm)
1	1,01	2,163	0,112	0,1	99	-2,252	1,910	81,319
2	2	2,163	0,112	0,1	50	-0,03	2,159	144,334
3	5	2,163	0,112	0,1	20	0,84	2,257	180,688
4	10	2,163	0,112	0,1	10	1,29	2,307	202,951
5	25	2,163	0,112	0,1	4	1,79	2,363	230,920
6	50	2,163	0,112	0,1	2	2,11	2,399	250,811
7	100	2,163	0,112	0,1	1	2,40	2,432	270,314
8	1000	2,163	0,112	0,1	0,1	3,24	2,526	335,788

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Keterangan

- [1] = Nomor
[2] = Kala Ulang
[3] = $(S \cdot \log X_i) / n$
[4] = $((S \cdot \log X_i) / n - \log \bar{X}) / ((n-1)^{0.5})$
[5] = $(n \cdot S \cdot (\log X_i - \log \bar{X})^3) / ((n-1)(n-2)(S \cdot \log X_i)^3)$
[6] = $(1/Tr) \cdot 100$
[7] = Tabel factor sifat distribusi log pearson III Berdasarkan nilai Cs dan peluang atau kala ul
[8] = $\log \bar{X} + K \cdot S \cdot \log \bar{X}$
[9] = Antilog dari Log X

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak, untuk serangkaian data yang tersedia. Dalam studi ini, untuk keperluan analisis uji kesesuaian distribusi digunakan dua metode statistik, yaitu Uji *Chi Square* dan Uji *Smirnov Kolmogorov*.

Uji Chi Square

Uji *Chi Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 . Parameter χ^2 dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995 :194)

Tabel : 14 :: Interpolasi Nilai G

No.	Pr (%)	G
1	80	-0,830
2	75	-0,697
3	50	-0,032
4	25	0,695

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 15 : Rekapitulasi Curah Hujan untuk masing-masing Kelas Wilayah Penelitian

No.	Pr (%)	LogX	St.Dev (SlogX)	Kemencengan (Cs)	G (tabel)	Curah Hujan mm
1	25	2,153	0,112	0,1	0,695	170,15
2	50	2,153	0,112	0,1	-0,032	141,58
3	75	2,153	0,112	0,1	-0,697	118,84
3	80	2,153	0,112	0,1	-0,830	114,83

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

33. Tabel 16 :: Perhitungan

Uji *Chi-Square*

No	Kelas	Batas Kelas		Frekuensi Teoritis (Ei)	Frekuensi Pengamatan (Oi)
		(%)	(mm)		
1	I	0 - 25	0 - 118,62	2	3
2	II	25 - 50	118,62 - 122,13	2	0
3	III	50 - 75	122,13 - 141,58	2	2
4	IV	75 - 80	141,58 - 165,59	2	3
5	V	80 ~	165,59 ~	2	2
Jumlah				10	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 17 :: Perhitungan Uji *Chi-Square*

No.	A	χ^2_{tabel}	χ^2_{hit}	Keterangan
1	1%	13,277	3,00	$\chi^2_{\text{hit}} < \chi^2_{\text{tabel}}$ Distribusi dapat diterima
2	5%	14,860	3,00	$\chi^2_{\text{hit}} < \chi^2_{\text{tabel}}$ Distribusi dapat diterima

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Uji *Smirnov Kolmogorov*

Tabel 18 :: Interpolasi Nilai Pr

Interpolasi -1.393		Interpolasi -1.278		Interpolasi -0.830		Interpolasi -0.414		Interpolasi -0.122	
Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr
-1,645	95	-1,282	90	-0,830	80	-0,83	80	-0,83	80
-1,393	91,535	-1,278	89,918	-0,830	80,008	-0,414	64,410	-0,122	53,465
-1,282	90	-0,83	80	-0,03	50	-0,03	50	-0,03	50

Interpolasi 0.265		Interpolasi 0.563		Interpolasi 0.635		Interpolasi 0.902		Interpolasi 1.714	
Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr
-0,03	50	-0,03	50	-0,03	50	0,84	20	1,29	10
0,265	39,817	0,563	29,555	0,635	27,086	0,902	18,628	1,714	4,910
0,84	20	0,84	20	0,84	20	1,29	10	1,79	4

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Selengkapnya perhitungan nilai K disajikan dalam Tabel sebagai berikut

Tabel 19 :: Interpolasi Nilai Pr

No.	K	Pr	Pr (%)
			(Pr/100)
1	-1,606	94,462	0,945
2	-1,235	88,955	0,890
3	-1,119	80,000	0,800
4	-0,235	57,696	0,577
5	0,291	37,955	0,380
6	0,583	28,871	0,289
7	0,913	17,485	0,175
8	0,170	43,091	0,431
9	1,070	14,898	0,149
10	2,192	-0,823	-0,008

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 20 :: Perhitungan Uji *Smirnov Kolmogorof*

No.	Tahun	CH Rencana (mm)	Log Xi	Pe	K	Pr	Pt	(Pt-Pe)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	2014	100,101	2,000	0,091	-1,606	0,945	0,055	-0,036
2	2013	108,567	2,036	0,182	-1,235	0,890	0,110	-0,071
3	2012	111,363	2,047	0,273	-1,119	0,800	0,200	-0,073
4	2011	135,099	2,131	0,364	-0,235	0,577	0,423	0,059
5	2020	151,587	2,181	0,455	0,291	0,380	0,620	0,166
6	2019	161,570	2,208	0,545	0,583	0,289	0,711	0,166
7	2018	173,672	2,240	0,636	0,913	0,175	0,825	0,189
8	2016	147,634	2,169	0,727	0,170	0,431	0,569	-0,158
9	2017	179,726	2,255	0,818	1,070	0,149	0,851	0,033
10	2015	229,740	2,361	0,909	2,192	-0,008	1,008	0,099
Jumlah			21,627					
Log X			2,153					
SLogX			0,095					
Cs			0,10					
							D max =	0,189

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 21 :: Keputusan Uji *Smirnov Kolmogorof*

C	Δkritis	Δmax	Keterangan
0,2	0,32	0,189	Diterima
0,1	0,37	0,189	Diterima
0,05	0,41	0,189	Diterima
0,01	0,49	0,189	Diterima

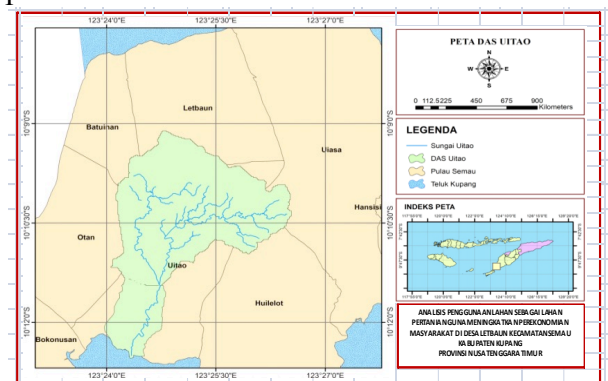
Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

34. Penggambaran Peta DAS Uitao

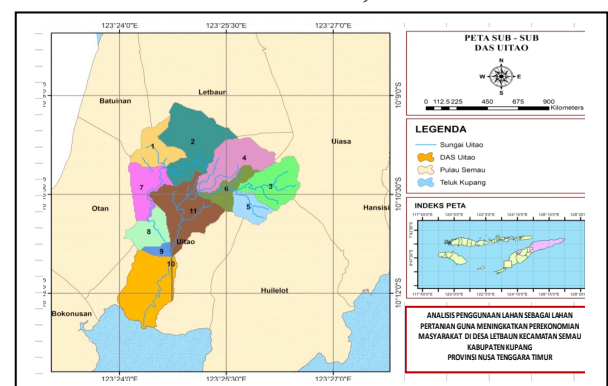
Penggambaran peta batas DAS Uitao dengan menggunakan bantuan *software ArcView GIS* dan *extension ArcSWAT*. Penggambaran ini dengan membangkitkan *DEM (Digital Elevation Model)* yang diambil dari peta topografi yang berbentuk garis kontur yang diubah kedalam bentuk sel (*grid*). Penggunaan model permukaan digital dalam proses analisis limpasan permukaan yang mempresentasikan permukaan relief bumi akan membantu ketelitian dalam mengidenti fikasi kemiringan lahan, arah aliran, akumulasi

aliran, panjang lintasan aliran dan penentuan daerah pengaliran.

Penggambaran daerah tangkapan air dilakukan setelah pembangkitan *DEM* selesai, yaitu dalam hal ini adalah penggambaran DAS Uitao. Penggambaran ini bertujuan untuk mencari Sub-sub DAS dari DAS Uitao beserta atributnya serta pembangkitan jaringan sungai sintetik. Komputer akan menterjemahkan daerah-daerah yang berupa cekungan atau gundukan dengan menggunakan *DEM*. Hasil dari penggambaran DAS Uitao dapat dilihat pada Gambar 7 dan Sub-sub DAS dapat dilihat pada Gambar 8 sedangkan data atributnya disajikan pada Tabel 22



Gambar 7 : Peta DAS Wilayah Penelitian Uitao
Sumber: Hasil Analisis, 2021



Gambar 8. Peta Sub – Sub DAS Wilayah Penelitian Uitao
Sumber: Hasil Analisis, 2021

Tabel 22: Data Atribut Sub-sub DAS Hasil dari Pembuatan Batas DAS dengan menggunakan DEM

Subbasin	Luas Subbasin (ha)	Stream Reach Length Panjang Lereng [LEN1] (m)	Subbasin Slope [SLO1] (%)	Stream Reach Slope [SLL] (%)	Stream Reach Width [WID1] (m)	Stream Reach Depth [DEP1] (m)	Elevation Of Subbasin Centroid [ELEV] (m)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	98,125	1.967,615	3,466	91,436	1,2754	0,1290	51,9484
2	234,438	3.132,412	3,209	91,436	2,1508	0,1828	64,0555
3	138,688	2.646,168	20,434	15,239	1,5697	0,1482	116,3659
4	157,000	3.117,767	8,183	60,957	1,6909	0,1557	91,9773
5	61,750	1.484,772	25,522	15,239	0,9660	0,1072	115,6407
6	63,500	2.098,681	17,625	18,287	0,9823	0,1084	85,5157
7	104,438	3.277,082	2,058	91,436	1,3240	0,1323	3,7135
8	83,000	1.489,949	1,317	121,914	1,1536	0,1207	29,6032
9	19,375	851,777	3,307	91,436	0,4819	0,0674	24,1000
10	215,571	400,000	1,494	121,914	0,0844	0,0211	12,0000
11	203,750	4.297,056	4,728	91,436	1,9772	0,1728	37,8644
Jumlah	1379,634						

Sumber : Hasil Analisis, 2021

35. Analisa Debit Limpasan Metode Rasional

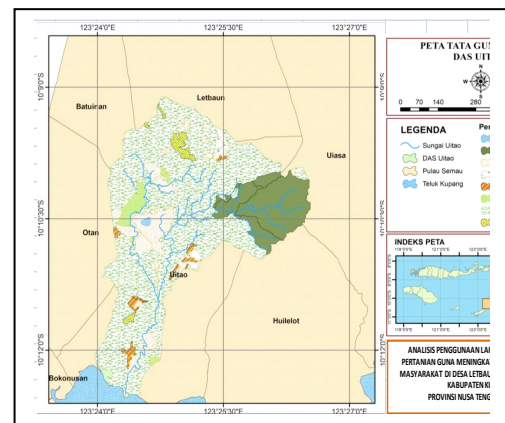
36. Penentuan Koefisien Limpasan (C)

Nilai koefisien limpasan/pengaliran (C) yang besar menunjukkan jumlah limpasan permukaan yang terjadi pada lahan tersebut besar, dengan kata lain kondisi tata air dan penggunaan lahan pada lahan tersebut rusak

Sub-Sub DAS	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Koef Limpasan (C)	Koef Limpasan Rerata (Cm)
1	Padang Rumput	10,8929	0,200	0,034
	Semak Belukar	84,9673	0,010	
	Sawah Tadah Hujan	1,4434	0,150	
	Tegalan/Ladang	0,8213	0,020	
2	Semak Belukar	190,9824	0,010	0,026
	Padang Rumput	17,3568	0,200	
	Perkebunan/Kebun	8,8219	0,020	
	Tegalan/Ladang	15,6944	0,020	
3	Semak Belukar	1,5819	0,150	0,031
	Hutan Rimba	132,2407	0,030	
	Padang Rumput	1,0934	0,200	
	Semak Belukar	132,2926	0,010	
4	Perkebunan/Kebun	5,2532	0,020	0,021
	Padang Rumput	3,0872	0,200	
	Hutan Rimba	15,2375	0,030	
	Permukiman	1,1295	0,700	
5	Semak Belukar	35,4504	0,010	0,019
	Hutan Rimba	26,2996	0,030	
6	Semak Belukar	32,3945	0,010	0,020
	Hutan Rimba	31,1055	0,030	
7	Padang Rumput	20,1485	0,200	0,095
	Semak Belukar	56,5264	0,010	
	Sawah Tadah Hujan	25,7082	0,150	
	Permukiman	2,0545	0,700	
8	Padang Rumput	17,6150	0,200	0,050
	Semak Belukar	65,3850	0,010	
9	Semak Belukar	182,3029	0,010	0,014
	Permukiman	1,0399	0,700	
	Padang Rumput	0,1049	0,200	
10	Semak Belukar	181,5992	0,01	0,058
	Permukiman	9,7486	0,7	
	Padang Rumput	16,0342	0,2	
	Tegalan/Ladang	3,4027	0,02	
11	Sawah Tadah Hujan	2,7872	0,15	0,079
	Semak Belukar	136,1688	0,010	
	Padang Rumput	50,8111	0,200	
	Permukiman	6,1475	0,700	
	Sawah Tadah Hujan	0,0544	0,150	
	Perkebunan/Kebun	7,7680	0,020	
	Danau/Situ	2,5736	0,000	

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Tabel 23 : Koefisien Limpasan Pada Penggunaan Lahan Existing di DAS Uita



Gambar 9 Peta Tata Guna Lahan DAS Wilayah Penelitian Uita

Sumber : Hasil Analisis, 2021

37. Penentuan Waktu Konsentrasi (Tc) dan Intensitas Hujan (I)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc)

dan Intensitas Hujan (I) pada Sub DAS 1.

Data-data :

Lereng lahan ($S_{lo\text{lahan}}$) = 3,466 Panjang lereng (L) = 1.967,61 m, Lereng sungai ($S_{lo\text{sungai}}$) = 0,100 Panjang sungai (S) = 268,57 m. Angka kekasaran manning (n) = 0,025

R_{24} kala ulang 2 tahun = 144,34 mm

R_{24} kala ulang 5 tahun = 180,688 mm

R_{24} kala ulang 10 tahun = 202,951 mm

R_{24} kala ulang 25 tahun = 230,920 mm

R_{24} kala ulang 50 tahun = 250,811 mm

Analisa perhitungan sbb.:

1. Menghitung T_o (*Overland flow time*)

$$38. \quad T_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \times \frac{1}{60} \right]$$

$$39. \quad T_o =$$

$$\left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 1.967,61 \times \frac{0,025}{\sqrt{0,100}} \times \frac{1}{60} \right]$$

$$40. \quad T_o = 0,963 \text{ jam}$$

2. Menghitung v (kecepatan aliran)

$$41. \quad v = 4,918(S)^{1/2}$$

$$42. \quad v = 4,918 (0,100)^{1/2} = 1,555 \text{ m/dt}$$

3. Menghitung T_d (*Drain flow time*)

$$Td = \frac{1}{3.600v} = \frac{1}{3.600 \times 1,555}$$

$$Td = 0,351 \text{ jam}$$

4. Menghitung T_c (Waktu konsentrasi)

$$T_c = T_o + T_d$$

$$T_c = 0,963 + 0,351$$

$$T_c = 1,314 \text{ jam}$$

Tabel 24. Perhitungan Waktu Konsentrasi (T_c)

Sub-Sub Das	Slope Lahan (S _{lolahan})	Slope Sugai (S _{losungai})	Panjang Lereng (L)	Panjang Sungai (S)	Angka Kekasaran Manning (n)	Overland flow time (T _o)	Kecepatan Aliran (V)	Drain flow time (T _d)	Waktu Konsentrasi (T _c)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3,466	0,100	1.967,61	268,57	0,025	0,963	1,555	0,351	1,314
2	3,209	0,688	3.132,41	1.817,09	0,025	1,593	4,079	0,213	1,806
3	20,434	1,916	2.646,17	130,50	0,025	0,533	6,807	0,108	0,641
4	8,183	2,776	3.117,77	1.682,63	0,025	0,993	8,195	0,106	1,099
5	25,522	0,100	1.484,77	138,39	0,025	0,268	1,555	0,265	0,533
6	17,625	2,053	2.098,68	121,75	0,025	0,455	7,047	0,083	0,538
7	2,058	0,514	3.277,08	1.996,02	0,025	2,081	3,524	0,258	2,340
8	1,317	0,245	1.489,95	919,97	0,025	1,183	2,432	0,170	1,353
9	3,307	2,929	851,78	426,78	0,025	0,427	8,417	0,028	0,455
10	1,494	0,100	400,00	425,00	0,025	0,298	1,555	0,071	0,370
11	4,728	0,646	4.297,06	387,03	0,025	1,801	3,953	0,302	2,103

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Sub DAS	Waktu Konsentrasi (Tc) (jam)	R24 (2 Tahun) (mm)	R24 (5 Tahun) (mm)	R24 (10 Tahun) (mm)	R24 (25 Tahun) (mm)	R24 (50 Tahun) (mm)	Intensitas Hujan 2 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 5 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 10 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 25 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 50 Tahun (mm/jam)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,314	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	40,902	49,472	54,587	60,893	65,307
2	1,806	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	33,085	40,017	44,155	49,256	52,826
3	0,641	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	66,008	79,838	88,093	98,271	105,393
4	1,099	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	46,095	55,754	61,518	68,625	73,599
5	0,533	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	74,681	90,329	99,668	111,183	119,241
6	0,538	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	74,198	89,744	99,023	110,463	118,469
7	2,340	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	27,841	33,674	37,156	41,449	44,453
8	1,353	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	40,116	48,521	53,538	59,723	64,052
9	0,455	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	83,008	100,401	110,782	123,580	132,537
10	0,370	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	95,332	115,306	127,229	141,928	152,214
11	2,103	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	29,898	36,163	39,902	44,512	47,738

Tabel 25 : Perhitungan Intensitas Curah

50 th = 250,811

Hujan (I)

mm

Perhitungan intensitas hujan metode Mononobe

$$I = \frac{250,811}{24} \left(\frac{24}{1,314} \right)^{2/3} = 65,307$$

mm/jam

a). $I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}$, dengan R_{24} untuk kala ulang

Besarnya Intensitas Hujan (I) ditambahkan pada data atribut peta Sub-Sub DAS Uita. Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 25

2 th = 144,34 mm

$$43. \quad I = \frac{144,34}{24} \left(\frac{24}{1,314} \right)^{2/3} = 40,902$$

mm/jam

b). $I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}$, dengan R_{24} untuk kala ulang

5 th = 180,688 mm

$$I = \frac{180,688}{24} \left(\frac{24}{1,314} \right)^{2/3} = 49,472 \text{ mm/jam}$$

c). $I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}$, dengan R_{24} untuk kala ulang

10 th = 202,951 mm

$$I = \frac{202,951}{24} \left(\frac{24}{1,314} \right)^{2/3} = 54,587 \text{ mm/jam}$$

d). $I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}$, dengan R_{24} untuk kala ulang

25 th = 230,920 mm

$$I = \frac{230,920}{24} \left(\frac{24}{1,314} \right)^{2/3} = 60,893$$

mm/jam

e). $I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}$, dengan R_{24} untuk kala ulang

Sub DAS	Waktu	R24	R24	R24	R24	R24	Intensitas	Intensitas	Intensitas	Intensitas	Intensitas
	Konsentrasi	(2 Tahun)	(5 Tahun)	(10 Tahun)	(25 Tahun)	(50 Tahun)	Hujan	Hujan	Hujan	Hujan	Hujan
	(Tc)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun
	(jam)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,314	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	40,902	49,472	54,587	60,893	65,307
2	1,806	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	33,085	40,017	44,155	49,256	52,826
3	0,641	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	66,008	79,838	88,093	98,271	105,393
4	1,099	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	46,095	55,754	61,518	68,625	73,599
5	0,533	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	74,681	90,329	99,668	111,183	119,241
6	0,538	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	74,198	89,744	99,023	110,463	118,469
7	2,340	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	27,841	33,674	37,156	41,449	44,453
8	1,353	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	40,116	48,521	53,538	59,723	64,052
9	0,455	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	83,008	100,401	110,782	123,580	132,537
10	0,370	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	95,332	115,306	127,229	141,928	152,214
11	2,103	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	29,898	36,163	39,902	44,512	47,738

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

44. Penentuan Debit Limpasan dan Penggambaran Peta Sebaran Debit Limpasan

Rumus yang digunakan persamaan debit limpasan Metode Rasional Rasional adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278.C.I.A$$

Contoh perhitungannya sebagai berikut :

Pada Sub DAS 1 dengan data – data

1. Luas lahan untuk Sub DAS 1 = 98,125 Ha

45. 2. Koefisien Limpasan (C) = 0,034

46. 3. Intensitas Curah Hujan (I) : 2 th = 40,902 mm/jam, 5 th = 49,472 mm/jam, 10 th = 54,587 mm/jam, 25 th = 60,893 mm/jam, 50 th = 65,307 mm/jam

Perhitungan debit limpasan permukaan (Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50}) pada lokasi Sub DAS 1 adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278.C.I.A$$

$$Q_2 = 0,278 \times 0,034 \times 40,902 \times 98,125 = 37,395 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_5 = 0,278 \times 0,034 \times 49,472 \times 98,125 = 45,230 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{10} = 0,278 \times 0,034 \times 54,587 \times 98,125 = 49,907 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{25} = 0,278 \times 0,034 \times 60,893 \times 98,125 = 55,673 \text{ m}^3/\text{detik}$$

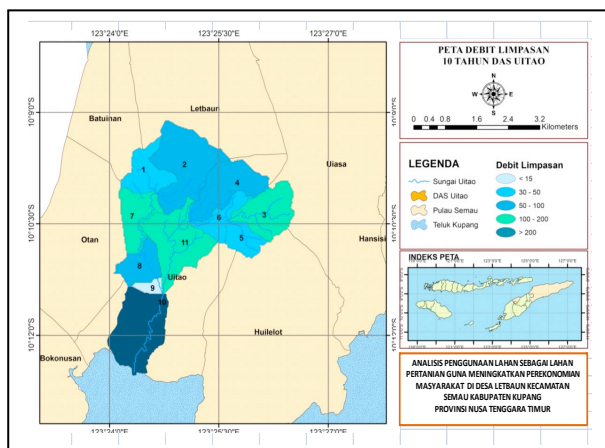
$$Q_{50} = 0,278 \times 0,034 \times 65,307 \times 98,125 = 59,708 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil rekapitulasi perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 26 dan Grafik Debit Limpasan (Q) DAS Uitao disajikan pada Gambar 10. Adapun hasil penggambarannya untuk Debit Limpasan dengan kala ulang 10 tahun dapat dilihat pada Gambar di bawah ini

Tabel 26 : Perhitungan Debit Limpasan DAS Uitao

Sub DAS	Q (2 Tahun) (m ³ /dtk)	Q (5 Tahun) (m ³ /dtk)	Q (10 Tahun) (m ³ /dtk)	Q (25 Tahun) (m ³ /dtk)	Q (50 Tahun) (m ³ /dtk)
1	3	4	5	6	7
1	37,395	45,230	49,907	55,673	59,708
2	56,186	67,959	74,985	83,649	89,711
3	77,795	94,095	103,824	115,819	124,213
4	42,201	51,043	56,321	62,827	67,381
5	24,358	29,462	32,508	36,264	38,892
6	26,196	31,685	34,961	39,000	41,827
7	76,791	92,880	102,484	114,324	122,610
8	46,282	55,979	61,767	68,903	73,897
9	6,259	7,571	8,354	9,319	9,994
10	331,361	400,790	442,230	493,321	529,075
11	133,787	161,819	178,551	199,179	213,614
Jumlah	858,610	1,038,513	1,145,892	1,278,277	1,370,921

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021



Gambar 10 : Peta Debit Limpasan Kala Ulang 10 Tahun DAS Uitao

Sumber : Hasil Analisis, 2021.

47. Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S) dan Penggambaran Peta Kemiringan Lereng DAS Uitao

Faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S) mempengaruhi besarnya erosi yang terjadi. Kemiringan mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Pada dasarnya makin curam suatu lereng, maka persentase kemiringan lereng semakin besar, sehingga semakin cepat laju limpasan permukaan. Besarnya panjang lereng rata-rata di DAS Uitao didapat melalui pengukuran pada peta kontur *digital* dengan bantuan *software ArcView* dan fasilitas *measure*. Kemiringan lereng dapat diketahui dari data atribut peta sub-sub DAS yang telah dibuat dengan metode *DEM*.

$$L = \left(\frac{Lo}{22,1} \right)^m$$

Dengan :

L = Nilai faktor panjang lereng

Lo = Panjang lereng (diperoleh dari atribut hasil pembuatan batas DAS /subbasin melalui perangkat lunak).

Data pada Sub-sub DAS 1 :

Lo = 1.967,615 m dari pengukuran Analisa

maka ;

$$L = \left(\frac{1.967,615}{22,1} \right)^{0,5} = 9,436\%$$

Kemiringan mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Pada dasarnya makin curam suatu

= 9,436%

Faktor kemiringan lereng (S) dapat dihitung

$$S = \frac{(0,43 + 0,30s + 0,04s^2)}{6,61}$$

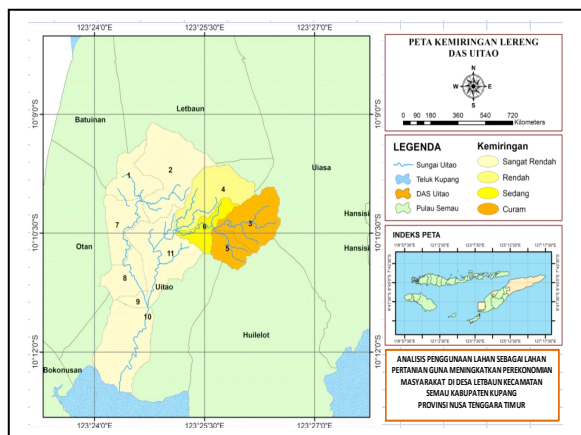
$$S = \frac{(0,43 + 0,30 \times 3,466 + 0,04 \times 3,466^2)}{6,61} = 0,295$$

Tabel 5.37. Perhitungan Faktor LS

Subbasin	Panjang Lereng Lenl (m)	Slope Slo l (%)	Faktor L	Faktor S	Faktor LS
1	1.967,615	3,466	9,436	0,295	2,831
2	3.132,412	3,209	11,905	0,273	3,301
3	2.646,168	20,434	10,942	3,519	40,493
4	3.117,767	8,183	11,878	0,842	10,340
5	1.484,772	25,522	8,197	5,165	44,660
6	2.098,681	17,625	9,745	2,745	28,062
7	3.277,082	2,058	12,177	0,184	2,261
8	1.489,949	1,317	8,211	0,135	1,116
9	851,777	3,307	6,208	0,281	1,775
10	400,000	1,494	4,254	0,146	0,626
11	4.297,056	4,728	13,944	0,415	5,917

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Penggambaran peta panjang lereng dan kemiringan lereng telah dilakukan bersamaan dengan pembuatan peta Batas DAS melalui pembangkitan *DEM*. Untuk data faktor L dan faktor S ditambahkan pada data atribut peta batas Sub-Sub DAS Uitao. Hasil dari penggambaran dapat dilihat pada Gambar 11



Gambar 11 : Peta Kelas Kemiringan Lereng DAS Uitao

Sumber : Hasil Analisis, 2021

48. Potensi Penggunaan Lahan Sebagai Lahan Pertanian Di Desa Letbaun

Di Desa Letbaun Kecamatan Semau terdapat DAS Uitao yang berpengaruh terhadap Desa Letbaun itu sendiri dan memiliki lahan produktif untuk diolah menjadi lahan pertanian, Penggunaan lahan pertanian yang ideal adalah daerah dataran rendah dengan kemiringan lereng $< 10\%$, Lahan yang curam tidak ideal dalam penggunaan lahan sebagai pertanian. Sesuai hasil perhitungan dari masing-masing Sub - Sub DAS Uitao dengan masing-masing kemiringan (*Slope*) lereng, terdapat beberapa sub-sub DAS dengan kemiringan lereng $< 10\%$ yang ideal sebagai lahan pertanian, seluas = 900,126 Ha dari Luas total DAS = 1379,634 Ha. Adapun Potensi Lahan untuk lahan pertanian sesuai Sub DAS di bawah ini :

Sub DAS 1 Kemiringan lereng 2,831 %

Luas areal = 98,125 Ha

Sub DAS 2 Kemiringan lereng 3,301 %

Luas areal = 234.438 Ha

Sub DAS 4 Kemiringan lereng 8,183 %

Luas areal = 157,000 Ha

Sub DAS 7 Kemiringan lereng 2,058 %

Luas areal = 104.438 Ha

Sub DAS 8 Kemiringan lereng 1,317 %

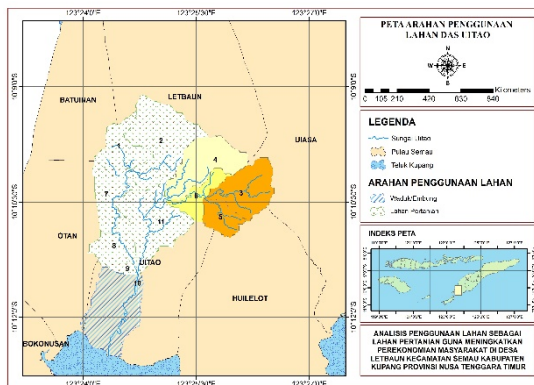
Luas areal = 83.000 Ha

Sub DAS 9 Kemiringan lereng 3,307 %

Luas areal = 19.375 Ha

Sub DAS 11 Kemiringan lereng 4,728 %

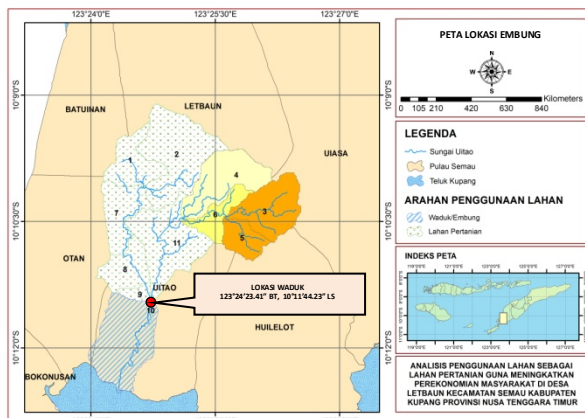
Luas areal = 203.750 Ha



Gambar 12 : Peta Potensi Penggunaan Lahan Sebagai Lahan Pertanian Di Desa Letbaun
Sumber : Hasil Analisis,2021

Lokasi Waduk Guna Penyediaan Air Pertanian

Untuk mendukung terkendalanya akan ketersediaan air yang sangat terbatas lahan diperlukan pemanfaatan sumber daya air di lokasi tersebut untuk pengendali kelebihan air ketika musim penghujan dan menjadi sumber air irigasi pada musim kemarau.



Gambar 13 : Letak dan koordinat Bangunan Waduk di Sub DAS 10
Sumber : Hasil Analisis, 2021

Di Sub DAS 10 sesuai hasil perhitungan debit limpasan permukaan yang cukup besar dan kemiringan lahan > dari 10 % di rencanakan Waduk (Embung) untuk memenuhi persediaan kebutuhan air di lahan seluas 900,126 Ha. Adapun wilayah cakupan (*Chatment Arealnya*) seluas 215,571 Ha.

Adapun letak bangunan Waduk (Embung) terletak pada koordinat 123°24'23.41" BT dan 10°11'44.23" LS yang disajikan pada gambar 13.

Kesimpulan

Potensi lahan pertanian di Desa Letbaun Kecamatan Semau Kabupaten Kupang seluas = 900,126 Ha dari luas total keseluruhan = 1.379,634 Ha berarti 65,24 % dari total luas daerah. Dan untuk memenuhi persediaan kebutuhan air di bangunan Waduk (Embung) pada Sub DAS 10 pada koordinat 123°24'23.41" BT dan 10°11'44.23" LS dengan Wilayah cakupan (*Chatment Arealnya*) seluas 215,571 Ha

Saran

Pada DAS yang kemiringan lahan > dari 10 % dibuat perlakuan pembuatan kontruksi parit jebakan air yang dibuat searah garis kountur dengan jarak 10 - 20 m dan ukuran lebar 0,50 kedalam 0,50 m untuk memperkecil debit limpasan permukaan:

Daftar Pustaka

- [1] Aronoff. 1989. *Geographic Information System – A Management Perspective*. Ottawa : WDL Publications.
- [2] Asdak, Chay. 2004. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- [3] ESRI (Environmental System Research Institute, Inc). 1996. *ArcView GIS, The Geographic Information System for Everyone*. New York : ESRI.
- [4] Marwan, Achmad. 2003. “*Implementasi Sistem Informasi Geografis Dalam Penentuan Batas Genangan Bendungan Genteng Kecamatan Dampit, Kabupaten Malang*”. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Jurusan Pengairan FT Unibraw, 2003.
- [5] Prahasta, Eddy. 2001. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung : CV Informatika
- [6] Prahasta, Eddy. 2005. *Sistem Informasi Geografis*. Bandung : CV Informatika.
- [7] Soemarto, CD. 1999. *Hidrologi Teknik Edisi Kedua*. Jakarta : Erlangga
- [8] Sulaiman dkk, 2017 Pemetaan Potensi Air Tanah Menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Prosiding Seminar Nasional seri 7 “Menuju Masyarakat Madani dan Lestari”* Yogyakarta, 22 November 2017, e-ISBN: 978-602-450-211-9, p-ISBN: 978-602-450-210-2