

Kajian Efisiensi Pembangunan Waduk Kuwil Untuk Reduksi Banjir Di Manado Akibat Sungai Tondano

Michael Pua¹, Jeffry S. F. Sumarauw², Fabian J Manoppo³

¹⁾ Mahasiswa Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

^{2),3)} Staf Pengajar Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

e-mail: mpua501@yahoo.com

ABSTRACT

In order to improve the protection of people from water damages disaster, the fulfillment of water sufficiency for most people and farming people, then one way to support the above is to create a multipurpose dam that is Kuwil dam, in addition useful for controlling the ultimate flood-witch This is often the case in Manado and its surroundings. Also, in order to control the flood of Manado City and its surroundings, serious and integrated handling is needed from various related parties. One of the main river that flows Manado City is Tondano river. To control flooding, other than through non-physical effort, physical effort from construction technology is required. The selection of flood control buildings must be carefully calculated, the advantages, disadvantages, benefits and controls. Dam is an irrigation infrastructure that has a very high risk if it fails. Therefore, prior to the construction of dam, there are 3 (three) certifications that must be owned by the prospective owner of the dam. The certification in question is design certification aimed at testing the feasibility of the design details submitted by the consultant team; filling certification that aims to test the physical worthiness of the dam; and operational certification that aims to check the physical viability of the dam over a period of time.

Kuwil dam is located across the Tondano river precisely in Kuwil Village, Kalawat Subdistrict, North Minahasa Regency, North Sulawesi Province which is \pm 20 km from Manado city, the capital of North Sulawesi Province.

The aims of this research are: To find out the effectiveness of Kuwil dam as a flood reducer in Manado and in order to know the stability of dam for spillway building due to flood discharge.

Method used in this research are data collection. The data is used as a basis for calculation of stability and technical planning. From the rainfall data obtained, hydrological analysis resulted in flood discharge plan, which then processed again to find the amount of flood routing which result is used to determine the elevation of crest spillway. Hydrological analysis for dam planning, covering four things, namely: The inflow that fills the dam, flood plans to determine the capacity and dimensions of spillway buildings, dam count and outflow to determine the retrieval building. The calculation of flood debit were proceed using HEC-HMS Program software.

Results revealed that Kuwil's dam gives a significant impact for Manado city and its surroundings because it can reduce flood. The efficiency of flood control in Manado and the surrounding could be done by setting the operation pattern of the reservoir.

Keywords: water damage disaster, flood , dam, HEC-HMS program, efficiency of flood control

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam rangka meningkatkan perlindungan masyarakat dari bencana daya rusak air, terpenuhinya kecukupan air bagi sebagian besar masyarakat dan pertanian rakyat, maka salah satu cara untuk menunjang hal tersebut di atas adalah dengan membuat Waduk multipurpose yaitu Waduk Kuwil, selain bermanfaat untuk mengendalikan banjir yang akhir-akhir ini sering terjadi di kota Manado dan sekitarnya, tampungan waduk pada Waduk tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku, listrik, perikanan dan daerah pariwisata.

Juga dalam rangka mengendalikan banjir Kota Manado dan sekitarnya, diperlukan penanganan – penanganan yang serius dan terintegrasi dari berbagai pihak yang terkait. Salah satu sungai utama yang melintas Kota Manado adalah Sungai Tondano. Untuk mengendalikan banjir, selain melalui upaya non-fisik, diperlukan upaya fisik dari teknologi konstruksi. Pemilihan bangunan pengendali banjir harus diperhitungkan dengan cermat, keuntungan, kerugian, manfaat dan kendalanya.

Waduk merupakan prasarana pengairan yang mempunyai risiko sangat tinggi jika mengalami kegagalan. Oleh karena itu, sebelum dilaksanakan pembangunan Waduk terdapat 3 (tiga) sertifikasi yang harus dimiliki oleh calon pemilik Waduk. Sertifikasi yang dimaksud adalah Sertifikasi Desain yang bertujuan untuk menguji kelayakan detail desain yang diajukan oleh tim konsultan; Sertifikasi Pengisian yang bertujuan untuk menguji kelayakan fisik Waduk; dan Sertifikasi Operasional yang bertujuan untuk mengecek kelayakan fisik Waduk selama kurun waktu tertentu.

Waduk Kuwil terletak melintang di Sungai Tondano tepatnya di Desa Kuwil, Kecamatan Kalawat, Kabupaten Minahasa Utara, Propinsi Sulawesi Utara yang berjarak ± 20 km dari kota Manado, ibu kota Propinsi Sulawesi Utara.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir Evaluasi Waduk Kuwil Sebagai Upaya Pengendalian Banjir di Kota Manado ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui Efektifitas Waduk Kuwil sebagai pereduksi banjir di Manado.
2. Dapat mengetahui kestabilan Waduk untuk bangunan *spillway* dikarenakan debit banjir.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan ini adalah sebagai upaya pengendalian banjir di kota Manado untuk dapat melihat sejauh mana pengaruh reduksi banjir serta dapat di aplikasikan di tempat-tempat lain yang selalu bermasalah dengan banjir.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengendalian Banjir

Banjir dengan pola rambatan yang cepat yang biasa disebut dengan banjir bandang atau *flash flood* adalah banjir yang terjadi karena antara lain runtuhnya suatu bendungan, runtuhnya gunung es atau hujan dengan intensitas yang cukup besar terjadi di daerah hulu dan membanjiri daerah hilir dengan lama berlangsung kurang dari 6 jam (Sumber *wikipedia, the free encyclopedia, flash flood*). Dengan memperhatikan karakteristik banjir yang sering terjadi di Sungai Tondano seperti yang terjadi pada tahun 1990, 1993 dan November 2010, banjir yang terjadi kurang dari 6 jam sehingga dapat disimpulkan bahwa banjir pada Sungai Tondano adalah *flash flood*. Pengendalian banjir merupakan upaya manusia dalam mengontrol pola rambatan banjir terhadap satuan waktu sehingga meningkatkan rasa aman pada masyarakat sekitar. Pengendalian banjir dapat dilakukan dengan upaya non-fisik maupun fisik. Upaya non-fisik mencakup penghijauan di hulu sungai, pengelolaan dan penataan lahan serta peningkatan kesadaran masyarakat dalam menjaga lingkungan. Sedangkan upaya fisik dapat berupa normalisasi sungai dan saluran, pembuatan waduk dan embung di daerah hulu sungai, pembuatan kolam penampung di daerah

hilir sungai, pembuatan sistem polder atau penggunaan teknologi lainnya. Pada prinsipnya pengendalian banjir adalah proses pemotongan debit puncak banjir dengan memanfaatkan bangunan air yang ada di dalam suatu sistem sungai.

Merupakan kegiatan perencanaan, pelaksanaan pekerjaan pengendalian banjir, eksploitasi dan pemeliharaan, yang pada dasarnya untuk mengendalikan banjir, pengaturan penggunaan daerah dataran banjir dan mengurangi atau mencegah adanya bahaya / kerugian akibat banjir. Pengendalian banjir pada dasarnya dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun yang lebih penting adalah dipertimbangkan secara keseluruhan dan dicari sistem yang paling optimal.

Kegiatan pengendalian banjir menurut lokasi atau daerah pengendaliannya dapat dikelompokkan menjadi dua :

1. Bagian hulu : yaitu dengan membangun pengendalian banjir yang dapat memperlambat waktu tiba banjir dan menurunkan besarnya debit banjir, penghijauan di DAS.
2. Bagian hilir : yaitu dengan melakukan normalisasi alur sungai dan tanggul, pembuatan alur pengendalian banjir atau *Flood Way* serta pemanfaatan daerah genangan untuk *Retarding Pond*.

Sedang menurut teknis penanganan pengendalian banjir dapat dibedakan menjadi dua :

1. Pengendalian banjir secara teknis
2. Pengendalian banjir secara non teknis

Perlu mendapat perhatian bahwa faktor non teknis sangat diperlukan, di antaranya dalam bentuk :

- a) Sosialisasi peraturan perundangan berkaitan dengan sungai serta penyuluhan kepedulian lingkungan untuk mendukung usaha pengendalian banjir.
- b) Pelaksanaan penerapan beserta sangsi terhadap garis sempadan sungai.

- c) Perlu adanya dana, pihak swasta diikutsertakan dalam pemeliharaan sungai di bawah koordinasi pemerintah.

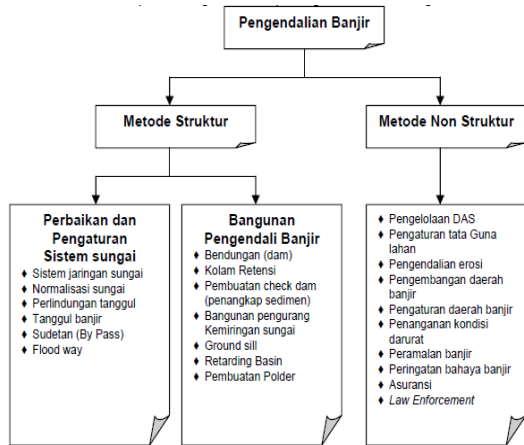
Pengendalian banjir pada suatu daerah perlu dibuat dengan sistem pengendalian yang baik dan efisien, dengan memperhatikan kondisi yang ada dan pengembangan pemanfaatan sumber air pada masa yang akan datang. Pada penyusunan sistem pengendalian banjir perlu adanya evaluasi dan analisa dengan memperhatikan hal-hal yang meliputi antara lain :

- Analisa cara pengendalian banjir yang ada pada daerah tersebut.
- Evaluasi dan analisa daerah genangan banjir.
- Evaluasi dan analisa *land use* di daerah studi.
- Evaluasi dan analisa daerah permukiman yang ada maupun pengembangan pada masa yang akan datang.
- Memperhatikan potensi dan pengembangan serta pemanfaatan SDA di masa yang akan datang, termasuk bangunan yang sudah ada.

Ada 4 strategi dasar untuk pengelolaan daerah banjir yang meliputi (*Grigg, 1996*) :

- Modifikasi kerentanan dan kerugian banjir (penentuan zona atau pengaturan tata guna lahan).
- Modifikasi banjir yang terjadi (pengurangan) dengan bantuan pengontrol (waduk) atau normalisasi sungai.
- Modifikasi dampak banjir dengan penggunaan teknis mitigasi seperti asuransi, penghindaran banjir (*flood profing*).
- Pengaturan peningkatan kapasitas alam untuk dijaga kelestariannya seperti penghijauan.

Alat untuk empat strategi dasar dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4 Pengendalian banjir metode struktur dan non struktur

Seperti ditunjukkan dalam Gambar.4 ada dua metode pendekatan untuk analisa pengendalian banjir yaitu metode struktur dan non struktur. Beberapa metode struktur diuraikan sebagai berikut :

Bendungan (dam)

Bendungan digunakan untuk menampung dan mengelola distribusi aliran sungai. Pengendalian diarahkan untuk mengatur debit air sungai di sebelah hilir bendungan.

Kolam Penampungan (retention basin)

Kolam penampungan (*retention basin*) berfungsi untuk menyimpan sementara volume air banjir sehingga puncak banjir dapat dikurangi dan dilepaskan kembali pada saat air surut. Wilayah yang digunakan untuk kolam penampungan biasanya di daerah dataran rendah.

Tanggul Penahan Banjir

Tanggul penahan banjir adalah penghalang yang di desain untuk menahan banjir di palung sungai untuk melindungi daerah sekitarnya.

Saluran By Pass

Saluran by pass adalah saluran yang digunakan untuk mengalihkan sebagian atau seluruh aliran air banjir dalam rangka mengurangi debit pada daerah yang dilindungi.

Sistem pengerukan sungai / normalisasi sungai

Sistem pengerukan sungai bertujuan memperbesar kapasitas tampung sungai dan memperlancar aliran. Normalisasi sungai di antaranya mencakup kegiatan melebarkan sungai, mengarahkan alur sungai dan memperdalam sungai (pengerukan).

Permasalahan Banjir

Sungai Tondano di Provinsi Sulawesi Utara merupakan salah satu sungai (disamping sungai Malalayang, sungai Paniki dan sungai Sario) penyebab banjir yang terjadi di Kota Manado, karena sungai Tondano bermuara di teluk Manado yang terletak di kota Manado.

Banjir yang terjadi pada sungai Tondano karena intensitas hujan yang tinggi dan sistem sungai Tondano yang memiliki banyak anak sungai yang menyebabkan puncak banjir tinggi di daerah hilir sungai Tondano. Kondisi topografi dengan kelandaian yang curam di bagian hulu namun landai di bagian hilir mengakibatkan aliran air mengalir dengan kecepatan yang rendah pada daerah hilir. Disamping itu, pada hilir sungai Tondano terdapat pemukiman di sekitar bantaran sungai menyebabkan areal sungai menjadi sempit.

Beberapa kejadian banjir yang tercatat, terdapat empat kejadian banjir besar di Kota Manado yaitu :

- 03 Desember 2000,
- 21 Februari 2006,
- 17 Februari 2013 dan
- 15 Januari 2014

Analisis Curah Hujan

Menurut referensi dari buku Hirdologi, teori-masalah-penyelesaian, karya Sri Harto BR, data hujan dapat diambil melalui rekaman data dari stasiun curah hujan yang ada di sekitar sungai yang sedang dikaji. Data yang diambil disarankan adalah data curah hujan jam-jaman. Namun jika data yang tersedia adalah data curah hujan harian, data tersebut dapat digunakan. Rata-rata aljabar, menghitung

jumlah seluruh hujan yang ada pada satu waktu yang ada di masing-masing stasiun kemudian membaginya dengan jumlah stasiun yang ada

Metode thiessen, menghitung besarnya curah hujan pada stasiun hujan tertentu dengan mengkorelasikan luas daerah yang dipengaruhi oleh stasiun hujan tersebut

Metode isohyet, menghitung besarnya curah hujan rata-rata dengan mengelompokkan nilai curah hujan yang sama dan membuat garis imajiner berdasarkan pengelompokan tersebut

Pada penelitian ini, mempertimbangkan adanya tiga buah stasiun curah hujan yang datanya digunakan untuk keperluan analisis untuk mengetahui seberapa besar pengaruh masing-masing stasiun curah hujan serta pengaruh dari curah hujan yang tidak merata, pada penelitian ini metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata adalah metode thiessen.

Analisis Debit Banjir Rencana

Dalam perhitungan analisis debit banjir ada beberapa tahapan yang harus dilalui, dengan urutan sebagai berikut :

Menghitung curah hujan rata-rata

Menghitung curah hujan rancangan dengan metode berikut yang cocok dengan sebaran data yang ada :

Menghitung curah hujan jam-jaman

Menghitung hidrograf

Permodelan HEC-HMS

Permodelan HEC-HMS pada penelitian ini digunakan untuk memodelkan penelusuran banjir dengan pendekatan hidrologi yang memakai formula Muskingum-Chunge. Langkah-langkah yang diperlukan dalam memodelkan penelusuran banjir ini sebagai berikut :

Mengumpulkan data masukan, data yang diperlukan dalam memodelkan penelusuran banjir dengan perangkat lunak HEC-HMS antara lain :

- Data Sungai tondano
- Data geomorfologi sungai seperti panjang, lebar, dan kemiringan sungai

- Data hidrologi, seperti intensitas curah hujan, waktu konsentrasi, koefisien infiltrasi dan data-data lainnya

Memproses penelusuran banjir

Hal ini terdiri dari permodelan Sungai tondano dan karakteristiknya serta *running* program HEC-HMS dengan urutan langkahnya sebagai berikut:

1. Memodelkan Sungai Tondano yang akan diteliti karakteristik penelusuran banjirnya dengan cara membuat skema yang terdiri dari sungai utama dan anak-anak sungai utama yang dilengkapi dengan data geomorfologi pada masing-masing sungai kemudian memodelkan luas Sub pada masing-masing anak sungai. Membuat titik-titik kontrol yang diperlukan untuk kajian selanjutnya.
2. Memasukkan data hidrologi pada model. Data yang perlu dimasukkan antara lain data intensitas curah hujan, koefisien infiltrasi dan waktu konsentrasi masing-masing sungai
3. Menentukan formula yang dipakai pada penelusuran banjir ini yaitu formula Muskingum-Chunge
4. Menentukan jangka waktu penelusuran banjir kemudian me-*running* program tersebut.

HEC-HMS di dalam Sungai Tondano

Mengelola data keluaran, hasil proses *running* berupa data keluaran penelusuran banjir yang antara lain terdiri dari:

- Grafik hidrograf pada masing-masing titik kontrol yang dilengkapi dengan besarnya debit pada setiap titik di grafik tersebut
- Data debit pada waktu dan tempat tertentu

Kajian Efektifitas Pengendalian Banjir,

Kajian efektifitas pengendalian banjir bertujuan untuk mengetahui penanganan yang paling efektif dalam mengendalikan banjir di Sungai Tondano. Efektifitas tersebut ditinjau dari seberapa besar pengurangan debit puncak banjir pada titik kontrol Di samping itu, efektifitas suatu skenario juga ditinjau dari segi biaya dan

dampak lingkungan akibat pelaksanaan skenario tersebut. Dalam penelitian ini tinjauan efektifitas adalah Tinjauan besarnya peredaman debit banjir serta aspek fungsi, ditinjau dari segi fungsi infrastruktur yang efektif adalah infrastruktur yang dapat meredam debit banjir sebesar mungkin.

Penelusuran Banjir

Pada waktu debit pada saluran terbuka meningkat, ketinggian permukaan airnya juga meningkat seiring dengan peningkatan volume air pada saluran terbuka tersebut. Pada saat banjir mereda, suatu volume air yang sama harus dilepaskan dari penampungnya. Akibatnya, dasar waktu suatu gelombang banjir yang bergerak ke bagian hilir saluran menjadi panjang dan puncaknya menjadi turun. Pergerakan gelombang pada saluran alam dalam desain dan prediksinya diselesaikan dengan penelusuran banjir. Penelusuran banjir dapat dimodelkan dan diselesaikan secara matematis dengan persamaan hidrologis dan dengan persamaan hidrolika. Penelusuran banjir dilakukan berdasarkan rumus konservasi massa dan rumus momentum untuk “*gradually varied, unsteady flow*”. Metode analisa penelusuran yang dapat digunakan adalah :

Steady Flow Routing

Steady flow routing adalah teknik penelusuran yang paling sederhana dan memakai asumsi aliran seragam (*uniform*) dan tetap (*steady*). Pada teknik penelusuran banjir, hidrograf banjir yang masuk di bagian hulu saluran hanya digeser ke hilir saluran tanpa penundaan waktu dan perubahan bentuk. Rumus Manning digunakan dalam perhitungan kecepatan dan debit air. Tipe penelusuran ini tidak dapat digunakan untuk efek pembendungan (*channel storage*). Efek arus balik (*backwater*), kehilangan pada saat pengeluaran/pemasukkan (*entrance/exit losses*), aliran balik atau aliran bertekanan. Ini hanya bisa digunakan dengan jaringan saluran “*dendritic*”, di mana masing-masing node hanya mempunyai satu jaringan outflow (kecuali node merupakan pembagi untuk kasus dengan dua jaringan outflow). Bentuk

penelusuran ini tidak peka untuk pekerjaan bertahap dan hanya dikhususkan untuk analisa awal menggunakan simulasi waktu yang panjang dan terus-menerus.

Kinematic Wave Routing

Kinematic wave routing adalah teknik penelusuran banjir yang memanfaatkan rumus momentum, di mana kemiringan dasar saluran sama dengan kemiringan muka air. Teknik penelusuran banjir ini memungkinkan terjadinya penundaan waktu dan pengurangan besarnya banjir puncak, akan tetapi belum dapat menganalisa efek pembendungan, aliran balik, aliran bertekanan dan kehilangan energi di ujung saluran.

Dynamic Wave Routing

Dynamic wave routing memanfaatkan rumus “Saint Venant” pada analisisnya, sehingga secara teori teknik penelusuran banjir ini lebih teliti. Aliran tertutup yang bertekanan dapat dianalisa dengan teknik ini. Tampungan yang ada di saluran, efek pembendungan dan kehilangan energi di ujung saluran dapat dianalisa dengan teknik penelusuran banjir ini. Penelusuran banjir dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik hidrograf outflow/keluaran yang sangat diperlukan dalam pengendalian banjir. Perubahan hidrograf banjir antara inflow (I) dan outflow (O) dikarenakan adanya faktor tampungan, adanya waduk, atau adanya penampang sungai yang tidak uniform atau akibat adanya meander. Jadi penelusuran banjir ada dua, untuk mengetahui perubahan inflow dan outflow pada waduk serta inflow pada suatu titik dengan titik di tempat lain pada suatu sungai.

Permodelan HEC – HMS

Permodelan HEC – HMS pada penelitian ini digunakan untuk memodelkan penelusuran banjir dengan pendekatan hidrologi yang memakai formula Muskingum-Chunge. Langkah-langkah yang diperlukan dalam memodelkan penelusuran banjir ini sebagai berikut :

- 1) Mengumpulkan data masukan, data yang diperlukan dalam memodelkan penelusuran banjir dengan perangkat lunak HEC – HMS antara lain :
 - Data luas DAS dan luas Sub DAS
 - Data geomorfologi sungai seperti panjang, lebar, dan kemiringan sungai
 - Data hidrologi, seperti intensitas curah hujan, waktu konsentrasi, koefisien infiltrasi dan data-data lainnya
- 2) Memproses penelusuran banjir, terdiri dari permodelan DAS dan karakteristiknya serta running program HEC – HMS dengan urutan langkahnya sebagai berikut :
 - Memodelkan DAS yang akan diteliti karakteristik penelusuran banjirnya dengan cara membuat skema DAS yang terdiri dari sungai utama dan anak-anak sungai utama yang dilengkapi dengan data geomorfologi pada masing-masing sungai kemudian memodelkan luas sub DAS pada masing-masing anak sungai. Membuat titik-titik kontrol yang diperlukan untuk kajian selanjutnya.
 - Memasukkan data hidrologi pada model. Data yang perlu dimasukkan antara lain data intensitas curah hujan, koefisien infiltrasi dan waktu konsentrasi masing-masing sungai.
 - Menentukan formula yang dipakai pada penelusuran banjir ini yaitu formula Muskingum – Chungue.
 - Menentukan jangka waktu penelusuran banjir kemudian me-*running* program tersebut.
- 3) Mengelola data keluaran, hasil proses *running* berupa data keluaran penelusuran banjir terdiri dari :
 - Grafik hidrograf pada masing-masing titik kontrol yang dilengkapi dengan besarnya debit pada setiap titik di grafik tersebut.
- Data debit pada waktu dan tempat tertentu.

METODOLOGI PENELITIAN

Tinjauan Umum

Daerah Aliran Sungai (DAS) Tondano meliputi daerah seluas sekitar 54 ribu hektar, yang terbentang antara 1°07' – 1°31' Lintang Utara dan 124°45' – 125°02' Bujur Timur. Termasuk di dalamnya Sungai Tondano dengan luas sekitar 4.438 Ha, atau sekitar 8% total luas Sungai Tondano. Daerahnya dicirikan perbukitan dan pegunungan, dengan sekitar 25% lahan memiliki kemiringan di atas 25%. Sungai Tondano keberadaannya terletak pada 2 (dua) daerah administrasi Kabupaten yaitu Kabupaten Minahasa Utara dan Kabupaten Minahasa serta 2 (dua) daerah administrasi Kota yaitu Kota Manado dan Kota Tomohon Stasiun Curah hujan yang terletak didalam Bendungan Kuwil Kawangkoan yaitu stasiun hujan Airmadidi dan Kaleloan dimana data yang tersedia untuk stasiun hujan Airmadidi adalah data pengamatan mulai tahun 1986 – 2011 dan Stasiun Hujan Kaleloan dengan periode pengamatan data Tahun 1992 – 1993, 1995 – 1998 dan 2002 – 2010. Untuk analisis hidrologi akan digunakan data dari stasiun hujan Airmadidi karena data yang tersedia lebih lengkap dan periodenya lebih panjang. Dalam merencanakan Waduk ini, sebagai langkah awal dilakukan pengumpulan data-data. Data tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan stabilitas maupun perencanaan teknis. Dari data curah hujan yang diperoleh, dilakukan analisis hidrologi yang menghasilkan debit banjir rencana, yang kemudian diolah lagi untuk mencari besarnya *flood routing* yang hasilnya digunakan untuk menentukan elevasi *crest spillway*. Analisa hidrologi untuk perencanaan waduk, meliputi empat hal, yaitu:

a. Aliran masuk (*inflow*) yang mengisi waduk.

b. Banjir rencana untuk menentukan kapasitas dan dimensi bangunan pelimpah (*spillway*).

c. Tampungungan waduk.

d. Aliran keluar (*outflow*) untuk menentukan bangunan pengambilan.

Adapun langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut

(Sosrodarsono, 1993) :

- a. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya.
- b. Menentukan luas daerah pengaruh stasiun-stasiun penakar hujan dengan metode Poligon Thiessen.
- c. Menentukan curah hujan maksimum tiap tahunnya dari data curah hujan yang ada.
- d. Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun.
- e. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana
- f. Menghitung debit andalan untuk keperluan irigasi dan air baku.
- g. Menghitung kebutuhan air di sawah yang dibutuhkan untuk tanaman.
- h. Menghitung neraca air yang merupakan perbandingan antara debit air yang tersedia dengan debit air yang dibutuhkan untuk keperluan irigasi dan air baku.

Penentuan Daerah Aliran Sungai

Sebelum menentukan daerah aliran sungai, terlebih dahulu menentukan lokasi bangunan air (Waduk) yang akan direncanakan. Dari lokasi ini ke arah hulu, kemudian ditentukan batas daerah aliran sungai dengan menarik garis imajiner yang menghubungkan titik-titik yang memiliki kontur tertinggi sebelah kiri dan kanan sungai yang ditinjau (Soemarto, 1999).

Analisis Curah Hujan

Ketersediaan Data Hujan

Untuk mendapatkan hasil yang memiliki akurasi tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas cukup memadai. Data hujan yang digunakan direncanakan dari Januari 1995 hingga Desember 2011

Analisis Curah Hujan Area

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada daerah tangkapan (*catchment area*) tersebut, yaitu dengan menganalisis data-data curah hujan maksimum yang didapat dari dua stasiun curah hujan. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah metode poligon thiessen dari dua curah hujan rata – rata stasiun dibandingkan, yang nilai curah hujan rata – ratanya maksimum diambil sebagai curah hujan areal DAS

Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Dari hasil perhitungan curah hujan rata-rata maksimum dengan metode *polygon thiessen* di atas perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan bulanan maksimum guna menentukan debit banjir rencana.

Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)

Suatu kenyataan bahwa tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-ratanya (Sosrodarsono dan Takeda, 1993). Besarnya dispersi

dapat dilakukan pengukuran dispersi yakni melalui perhitungan parameter statistic nuntuk $(X_i - \bar{X})$, $(X_i - \bar{X})^2$, $(X_i - \bar{X})^3$, $(X_i - \bar{X})^4$ terlebih dahulu. di mana : X_i = Besarnya curah hujan daerah (mm) \bar{X} = Rata-rata curah hujan maksimum daerah (mm)

Macam pengukuran dispersi antara lain sebagai berikut :

1. Deviasi Standar (Sd)
2. Koefisien Skewness (CS)
3. Pengukuran Kurtosis (CK)
4. Koefisien Variasi (CV)

Analisis Jenis Sebaran

Metode Gumbel Tipe I

Dari metode yang digunakan di atas adalah sebaran Metode Gumbel dengan nilai Cs memenuhi persyaratan dari nilai $C_k = 2,025$

yang memenuhi persyaratan . Dari jenis sebaran yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan sebarannya dengan metode Smirnov Kolmogorov. Hasil uji kecocokan sebaran menunjukkan distribusinya dapat diterima atau tidak.

Pengujian Kecocokan Sebaran

Uji Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov – Kolmogorov, sering juga uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Hasil perhitungan uji kecocokan sebaran dengan Smirnov – Kolmogorov

Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk menghitung atau memperkirakan besarnya debit banjir yang akan terjadi dalam berbagai periode ulang dengan hasil yang baik dapat dilakukan dengan analisa data aliran dari sungai yang bersangkutan. Oleh karena data aliran yang bersangkutan tidak tersedia maka dalam perhitungan debit banjir akan digunakan beberapa metode yaitu:

- Metode Hidrograf Sintetik GAMA I
- Dengan Program HEC HMS

Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Satuan Sintetik Gama I

Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I menggunakan langkah-langkah :

- 1) Menentukan data-data yang digunakan dalam perhitungan Hidrograf Sintetik Gamma I
- 2) Menghitung waktu naik (TR)
- 3) Menghitung debit puncak (QP)
- 4) Menghitung waktu dasar / TB (*time base*)
- 5) Menghitung koefisien tampungan k
- 6) Membuat unit hidrograf
- 7) Perhitungan Tc
- 8) Perhitungan Intensitas Hujan dengan cara Mononobe

Dari hidrograf banjir rancangan di atas, diambil nilai yang maksimum dari rekapitulasi banjir

rancangan di atas, dibuat unit resesi hidrograf banjir dan grafik hidrograf banjir untuk DAS .

Perhitungan Debit Banjir Dengan Program HEC-HMS

Terdapat bermacam-macam program komputer yang digunakan untuk memprediksi besarnya debit banjir suatu DAS. Penggunaan program komputer tersebut berdasarkan pada pemodelan-pemodelan hidrologi yang ada. Dalam hal ini menggunakan pemodelan program HEC-HMS. HEC-HMS adalah sebuah program yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineer*. Program ini digunakan untuk analisa hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (*run off*) dari sebuah DAS (*watershed*). (*U.S Army Corps of Engineer, 2001*) HEC-HMS mengangkat teori klasik hidrograf satuan untuk digunakan dalam pemodelannya, antara lain hidrograf satuan sintetik Snyder, Clark, SCS, ataupun dapat mengembangkan hidrograf satuan lain dengan menggunakan fasilitas user define hydrograph. (*U.S Army Corps of Engineer, 2001*). Teori klasik unit hidrograf diatas berasal dari hubungan antara hujan efektif dengan limpasan. Hubungan tersebut merupakan salah satu komponen model watershed yang umum pemodelan ini memerlukan data curah hujan yang panjang. Unsur lain adalah tenggang waktu (*Time Lag*) antara titik berat bidang efektif dengan titik berat hidrograf, atau antara titik berat hujan efektif dengan puncak hidrograf.

INPUT HMS

Basin Model (Model Daerah Tangkapan Air)

Pada basin model tersusun atas gambaran fisik daerah tangkapan air dan sungai. Elemen-elemen hidrologi berhubungan dengan jaringan yang mensimulasikan proses limpasan permukaan (*run off*). Permodelan hidrograf satuan memiliki kelemahan pada luas area yang besar, maka perlu dilakukan pemisahan area basin menjadi beberapa sub basin berdasarkan percabangan sungai, dan perlu

diperhatikan batas-batas luas daerah yang berpengaruh pada DAS tersebut. Pada basin model ini dibutuhkan peta background yang dapat diimport dari CAD (*Computer Aided Design*) maupun GIS (*Geografic Information System*). Elemen-elemen yang digunakan untuk mensimulasikan limpasan adalah subbasin dan junction.

Sub Basin Loss Rate Method (Proses Kehilangan Air)

Loss rate method adalah pemodelan untuk menghitung kehilangan air yang terjadi karena proses intersepsi dan pengurangan tampungan. Metode yang digunakan pemodelan ini adalah *SCS Curve Number*. Metode ini terdiri dari parameter *Curve Number* dan *Impervious*, yang menggambarkan keadaan fisik DAS seperti tanah, dan tataguna lahan.

Sub Basin Transform (Transformasi hidrograf satuan limpasan)

Air hujan yang tidak terinfiltrasi atau jatuh secara langsung ke permukaan tanah akan menjadi limpasan. Ketika limpasan terjadi pada cekungan suatu DAS, akan mengalir sesuai dengan gradien kemiringan tanah menjadi aliran permukaan (*direct runoff*). *Transform method* (metode transformasi) digunakan untuk menghitung aliran langsung dari limpasan air hujan. Dalam laporan digunakan *SCS Unit Hydrograph*. Pada pemodelan ini parameter yang dibutuhkan adalah *Lag*, yaitu tenggang waktu (*time lag*) antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf. Parameter ini didasarkan pada data dari beberapa daerah tangkapan air pertanian. Parameter tersebut dibutuhkan untuk menghitung puncak dan waktu hidrograf, secara otomatis model *HEC HMS* akan membentuk ordinat-ordinat untuk puncak hidrograf dan fungsi waktu. *Lag* (T_p) dapat dicari dengan rumus :

$$T_p = 0,6 \times T_c$$

$$T_c = 0,01947 \times L^{0,07} \times S^{-0,385}$$

Dimana :

L = Panjang lintasan maksimum

S = Kemiringan rata-rata

T_c = Waktu konsentrasi

Meteorologic Model (Model Data Curah Hujan)

Meteorologic Model merupakan data curah hujan (*presipitation*) efektif dapat berupa 15 menitan atau jam-jaman. Perlu diperhatikan bahwa curah hujan kawasan diperoleh dari hujan rerata metode Thiessen dengan memperhatikan pengaruh stasiun curah hujan pada kawasan tersebut. Bila 1 kawasan mendapat pengaruh dua dari tiga stasiun hujan yang digunakan, maka hujan rerata kawasan tersebut dihitung dari hujan rencana dua stasiun hujan tersebut. Pada analisa ini curah hujan rencana diambil pada kondisi maksimum. Dalam hal ini, dipakai curah hujan rencana DAS Ciniru, kemudian dicari data intensitas hujan jamjaman dengan menggunakan Metoda Mononobe. Curah hujan jam-jaman tersebut dapat digambarkan menjadi sebuah *stage hyetograph*.

Running HMS

Running HMS dilakukan setelah mengisi semua komponen yang diperlukan, running dapat diproses dengan mengklik tombol run.

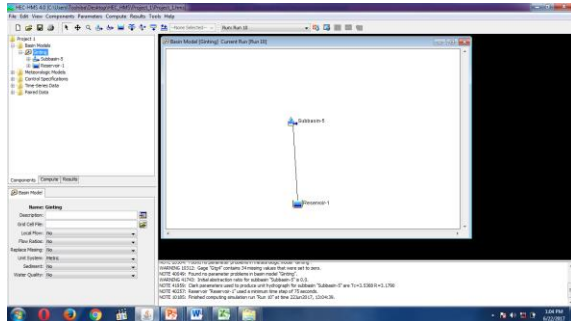
Debit Banjir Rencana HEC-HMS

Periode Ulang Debit Banjir Rencana HEC-HMS ,HSS GAMA I Dari hasil perhitungan debit dengan dua metode yang berbeda, maka dapat diketahui perbedaan antara hasil perhitungan dari kedua metode tersebut. Untuk perencanaan kami menggunakan hasil debit banjir rencana HEC-HMS

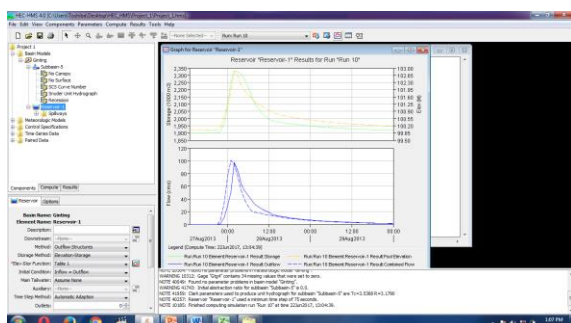
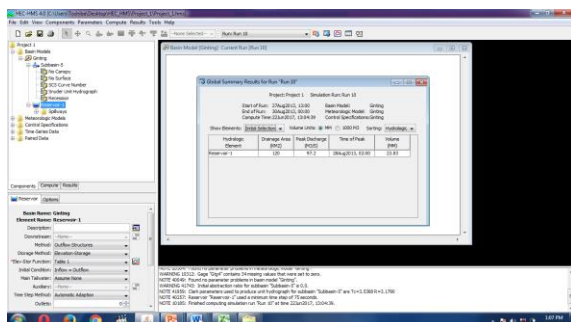
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil dan analisa serta running program diperoleh sebagai berikut:

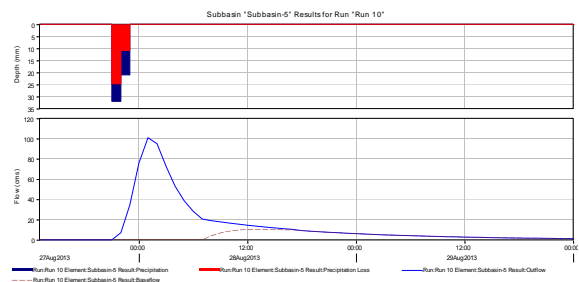
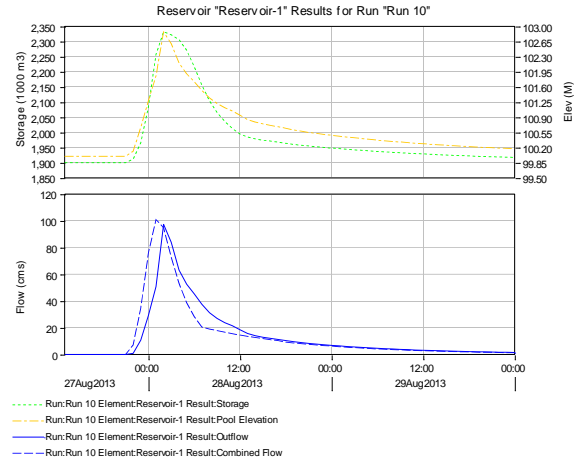
Running Program:



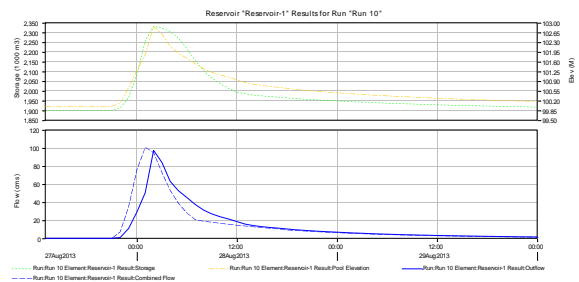
Analisa skema menggunakan waduk kuwil sebagai penampungnya dan sungai tondano sebagai pemasok debit dalam hal ini debit banjir:



Pengaruh jumlah tampungan pada setiap ketambahan elevasi dihitung di atas terowongan untuk pengambilan yang ada pada waduk kuwil dapat mereduksi debit banjir yang akan di kirim ke manado lewat sungai tondano



Pengendalian banjir di manado dan sekitarnya dengan adanya waduk kuwil yaitu sebesar 282,18 m³ /detik .



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Waduk kuwil memberikan dampak yang berarti bagi kota manado dan sekitarnya karena dapat mereduksi banjir

2. Pengendalian banjir kota manado dan sekitarnya dengan cara pengaturan pola operasi waduk

Saran

1. Memanfaatkan waduk kuwil untuk kebutuhan air baku, energy listrik,dan pariwisata
2. Memanfaatkan pasokan energy listrik dengan menggunakan debit dari waduk kuwil
3. Memanfaatkan pembangunan waduk kuwil untuk pengembangan pariwisata

DAFTAR PUSTAKA

- BR, Sri Harto, 2000, *Hidrologi, Teori-Masalah-Penyelesaian*, Nafiri, Yogyakarta**
- BR, Sri Harto, 2001, *Analisis Kepekaan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dalam Penentuan Debit Banjir Rancangan*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta**
- SNVT Pembangunan Bendungan, 2011, *Detail Desain Bendungan Kuwil Kawangkoan, Manado***
- Indra karya, supervisi pembangunan bendungan kuwil kawangkoan**
- Wikipedia, The Free Encyclopedia, *flash flood***
- Wikipedia, The Free Encyclopedia, *tutor HAC GEO HMS***