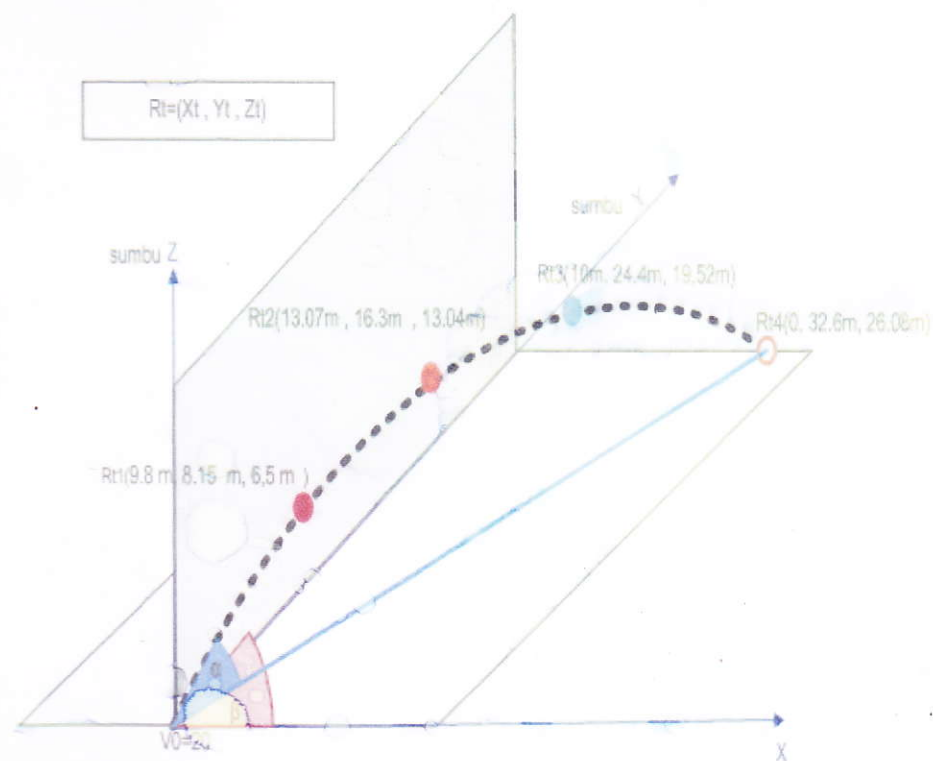


ISSN : 1693 – 6191

JURNAL TEKNIK



Volume 10, No. 2 Desember 2012

Diterbitkan oleh:

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

Redaksi : Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo
Penanggung Jawab : Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

Editor : Rifadi Bahasan, ST, MT
Penyunting : Iwan Wunarian, ST, MSc,
G. Marke Mahmud, S.T., M.Si,
Yulianti Kadir, ST, MT,
Yanto Muhammad, ST, MT
Dawis Hinclo, ST, MT,
L. Hingrayati Amali, S.Kom, M.Kom,
Hasmah, S.Pd,
Harley Rizal L. Bawa, ST, MT.

Penyunting untuk Editorial : Harley R. L. Bawa, ST, MT
Rifadi Bahasan, ST, MT
Yulianti Kadir, ST, MT
Arip Mulyanto, S.Kom, M.Kom

Manajemen Tata Usaha : Alexander Badjuka, A.M.d.
Charles Mopangga, S.Pd.
Laswi Kamali, A.Md.
Sri Ninang Hadjarati, A.Md.

JAL TEKNIK adalah jurnal ilmiah Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Jurnal ini ditikkan sebagai wadah komunikasi ilmiah penyebar luasan hasil-hasil penelitian, maupun kajian h di dalam bidang Teknik Sipil, Teknik Elektro, Teknik Informatika, Teknik Kriya, Teknik ktur, dan Teknik Industri serta bidang teknik terkait lainnya. Jurnal terbuka bagi civitas akademika rsitas Negeri Gorontalo, maupun masyarakat akademis pada umumnya, dan diterbitkan setiap Juni dan Desember. Terbit pertama kali pada bulan Juni 2003.

si berhak menetapkan tulisan yang akan dimuat, mengadakan perubahan susunan naskah, erbaiki bahasa, meminta penulis untuk memperbaiki naskah, dan menolak naskah yang tidak muhi syarat.

MAT REDAKSI

JAL TEKNIK, Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo
deral Sudirman No. 6 Gorontalo - 961318

DAFTAR ISI

Volume 10, No. 2, Desember 2012 – ISSN : 1693 – 6191

| | |
|---|-----|
| Evaluasi Saluran Drainase Kota Gorontalo Aryati Alitu | 92 |
| Analisis Stabilitas Lereng Dan Pengaruhnya Terhadap Ruas Jalan Isimu-Kwandang Indriati Martha Patuti dan Frice L. Desei | 104 |
| Model Tarikan Perjalanan Gorontalo Mall Yulianti Kadir | 123 |
| Karakteristik Geomorfologi Lahan Untuk Trase Jalan Dengan Pendekatan Geospasial (Studi Kasus: Aladi-Tulabolo Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo) Anton Kaharu | 136 |
| Analisis Penyediaan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Kebutuhan Oksigen Dan Daya Serap CO ₂ (Studi Kasus Kampus 1 Universitas Negeri Gorontalo) Irwana Wunarian | 148 |
| Perubahan Pola Spasial Kota Gorontalo Akibat Aktivitas Developer Perumahan Moh. Yusuf Tuloli | 161 |
| Golf Simulator Salahudin Olli | 173 |
| Tinjauan Efek Gugusan Karang Terhadap Rencana Lokasi Pelabuhan Teluk Tomini Kabupaten Boné Bolango Provinsi Gorontalo Darwis Hinclo | 185 |
| Tinjauan Traffic Calming Di Jalan Braga Dalam Rangka Revitalisasi Kawasan Zuhriati A. Djailani..... | 196 |
| Kalibrasi Koefisien Parameter Model Hidrograf Satuan Sintetik Limantara Pada Sub Das Bionga Kayubulan Barry Y. Labdul | 214 |

Daftar Intisari dan Abstrak Jurnal Teknik Vol.10, No. 1, Juni 2012 228

KALIBRASI KOEFISIEN PARAMETER MODEL HIDROGRAF SATUAN SINTETIK LIMANTARA PADA SUB DAS BIONGA KAYUBULAN

Barry Y. Labdul¹

INTISARI

Penurunan hidrograf satuan dari hidrograf banjir teramati merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan bangunan air. Namun, kendala yang dihadapi adalah sulitnya mendapatkan data hidrograf banjir pengamatan, maka berkembanglah penurunan hidrograf yang dikenal dengan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS). Salah satu HSS yang sering digunakan adalah HSS Limantara yang dikembangkan berdasarkan pendekatan empiris di sebagian wilayah Indonesia dan bersifat setempat sehingga penggunaannya memerlukan pengujian keberlakuannya seperti pada sub DAS Bionga kayubulan.

Pemisahan aliran dasar dengan limpasannya digunakan metode *Straight Line* sehingga menghasilkan hidrograf limpasan langsung. Untuk menghitung hujan efektif dilakukan dengan menggunakan persamaan Φ Indeks. Hidrograf limpasan langsung dan hujan efektif diturunkan menjadi hidrograf satuan pengamatan dengan menggunakan metode *Collins*. Dilakukan uji penyesuaian HSS Limantara terhadap hidrograf satuan pengamatan. Jika pengujian menunjukkan perbedaan yang besar dilakukan penyesuaian koefisien parameter HSS Limantara dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel-Solver.

Hidrograf satuan pengamatan pada sub DAS Bionga Kayubulan memiliki waktu puncak (TP) sebesar 4,5 jam dengan debit puncak (QP) sebesar $2,81 \text{ m}^3/\text{dt}$ sedangkan dari analisa HSS Limantara memiliki TP sebesar 2,59 jam dan QP sebesar $3,49 \text{ m}^3/\text{dt}$. Hasil uji kesesuaian menunjukkan bahwa pendugaan HSS Limantara Penyesuaian lebih baik dari HSS Limantara sebelum disesuaikan. Nilai CE sebelum disesuaikan adalah 0,62 dan setelah disesuaikan menjadi 0,92. Nilai EV sebelum disesuaikan adalah 24,31% dan setelah disesuaikan menjadi 4,08 %. Selain itu nilai EQP sebelum disesuaikan adalah 19,52% dan setelah disesuaikan menjadi 0% serta nilai AETp sebelum disesuaikan adalah 1,91 jam dan setelah disesuaikan menjadi 0 jam.

Kata Kunci: Penyesuaian Koefisien, HSS Limantara

ABSTRACT

The decrease of unit hydrograph from observed flood hydrograph is an important factor in the planning of water building. However, the problem obstacle found is about the difficulty in obtaining the hydrograph data of flood observation, then the decrease of hydrograph is developed and known as synthetic unit hydrograph (SUH). One of the SUH which is often used is Limantara. It is developed in Indonesia based on empirical and local approach as a result, the use of Limantara requires a propertest as in sub watershed located in Bionga Kayubulan.

The process of separating the base flow and its run off uses Straight Line Method, that results a Direct Run Off (DRO). The effectiveness of rain is counted though Φ Index. DRO and effective rain get decreased into Observation Unit Hydrograph (OUH) by applying Collins Method. Furthermore, the adjustment test of Limantara is conducted toward OUH. If the test indicates a significant difference of result, then the parameter coefficient of Limantara is adjusted by using software Microsoft Excel-Solver.

The time of rise (TR) of OUH in watershed Bionga Kayubulan is 4,5 hours and the peak discharge (QP) is $2,81 \text{ M}^3/\text{sec}$. Whereas, based on the result of analysis, TP of Limantara is 2,59 hours and QP is $3,49$

¹⁾

Ir. Barry Y. Labdul, M.T., Dosen Jurusan Tek.

Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

m³/sec. The adjustment test result shows that the Limantara approximation is better than the adjusted previous Limantara. The value of CE before being adjusted was 0,62 and after being adjusted it reaches 0,92. The value of EV before being adjusted was 23,31% and after being adjusted it becomes 4,08%. Moreover, the value of EQP before being adjusted was 19,52% and after being adjusted it get 0%. The value of the value of AETR before being adjusted was 1,91 hours and after being adjusted it is 0 hours.

Key words: The Coefficient Adjustment, Limantara Synthetic Unit Hydrograph

PENGANTAR

Sejauh ini penentuan banjir rancangan yang dianggap sangat akurat adalah dengan metode penurunan hidrograf satuan dari hidrograf banjir terukur. Namun demikian, kendala utama yang dihadapi adalah sulitnya mendapatkan data hujan dan hidrograf banjir pengamatan terkait, yang disebabkan antara lain karena alat pencatatnya rusak, kelalaian petugas, data rusak sehingga tidak terbaca atau hilang, atau memang belum terpasangnya alat pencatatnya. Sehingga berkembanglah metode penurunan hidrograf yang didasarkan pada pengalihragaman hujan menjadi aliran baik akibat pengaruh translasi maupun tumpungan dan dipengaruhi oleh sistem daerah pengalirannya yang dikenal dengan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS).

Berbagai model HSS telah dikembangkan oleh para ahli, antara lain HSS Snyder (dikembangkan di USA, 1938), HSS Nakayasu (dikembangkan di Jepang, 1948), HSS Gama I (dikembangkan oleh Sri Harto, 1985) dengan lokasi penelitian di 30 DAS di pulau Jawa, dan HSS Limantara (dikembangkan disebagian wilayah Indonesia, 2006). Model-model tersebut dikembangkan berdasarkan pendekatan empiris. Pendekatan empiris seringkali bersifat setempat, sehingga untuk diaplikasikan di tempat lain memerlukan pengujian keberlakuannya.

Oleh karena sifat dan karakteristik DAS di daerah tropis sangat bervariasi seperti halnya pada DAS Bionga, maka perlu dilakukan kajian mengenai aplikasi model HSS LIMANTARA dan bila perlu dilakukan kalibrasi terhadap koefisien parameter-

TINJAUAN PUSTAKA

Penurunan Hidrograf Satuan Terukur Dengan Menggunakan Metode

Metode Collins merupakan cara untuk mendapatkan hidrograf satuan p dengan data hujan periode kompleks (Limantara, 2010).

Rumus estimasi terakhir ordinat hidrograf satuan adalah sebagai berikut:

$$U_e = (V * U^{**}) / (3600 * \sum U^{**}) \dots\dots\dots (1)$$

dengan

$$U^{**} = (U_i + F * U^*) / (1 + F) \dots\dots\dots (2)$$

$$U^* = dQ / Re_{maks} \dots\dots\dots (3)$$

$$U_e = \text{ordinat hidrograf awal (m}^3\text{/dt/mm)}$$

$$V = \text{volume limpasan (m}^3\text{)}$$

$$U_i = \text{ordinat hidrograf pada jam ke-I (m}^3\text{/dt/mm)}$$

$$F = \text{faktor kalibrasi}$$

$$U^* = \text{ordinat hidrograf setelah dikoreksi (m}^3\text{/dt/mm)}$$

$$DQ = \text{ordinat hidrograf pengamatan (m}^3\text{/dt/mm)}$$

$$Re_{maks} = \text{hujan efektif maksimum (mm)}$$

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) LIMANTARA

HSS Limantara dikembangkan pada tahun 2006 oleh Lily Montarcih Limantara. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data hujan wilayah penelitian pada DAS-DAS di sebagian wilayah Indonesia yang meliputi Jawa (6 DAS, 67 Sub DAS), Bali (2 DAS, 13 Sub DAS), Lombok (1 DAS, 1 Sub DAS), dan Kalimantan Timur (1 DAS, 9 Sub DAS). (Limantara, 2010).

Parameter fisik DAS yang dipakai dalam Hidrograf Satuan Sintetis: ada 5 (lima) yaitu, (1) Luas DAS (A), (2) Panjang sungai utama (L), (3) Panjang sungai anak (Lc), (4) Kemiringan

kondisi DAS yang lebar, akan memperlambat naiknya debit puncak (waktu mencapai debit puncak relatif lama).

4. Kemiringan sungai (S)

Kemiringan sungai (S) merupakan kemiringan sungai utama. Pada umumnya sungai utama yang diperhatikan dalam menggambarkan kemiringan DAS umum. Kemiringan sungai secara rasional berpengaruh terhadap debit puncak. Dengan kemiringan yang curam akan mempercepat waktu untuk mencapai puncak banjir karena limpasan semakin cepat masuk ke sungai. Kemiringan sungai menentukan kecepatan aliran dalam saluran, seperti halnya liku resesi hidrografi digambarkan oleh pengosongan tampungan. Kemiringan sungai yang curam mempercepat pengosongan tampungan dan akan menghasilkan liku resesi hidrografi yang curam, sehingga menjadikan waktu dasar hidrograf menjadi pendek. Banyak kasus, kemiringan DAS yang landai justru menghasilkan debit puncak lebih besar. Taylor dan Cordery (1991) menyarankan cara menghitung kemiringan dengan anggapan aliran seragam. Dengan alasan kecepatan berbanding dengan akar kemiringan sungai (rumus Manning), maka prosedur perhitungan kemiringan sungai adalah dengan membuat seimbang segmen-segmen sungai di akar kemiringannya. Jadi, jika sungai dengan kekasaran Manning yang sama dengan N segmen dengan kemiringan masing-masing S_i (Gambar 1), dan kecepatan aliran adalah sama ($V_1 = V_2 = V_3 = V_N$), maka indeks kemiringan sedemikian menjadi:

$$S = (\sum S_i/N)^2 \dots\dots S_i \approx \Delta E / \Delta L \dots\dots\dots$$

dengan

$$\Delta E = \text{beda elevasi dasar sungai (m)}$$

$$\Delta L = \text{panjang segmen sungai (m)}$$

Luas DAS (A)

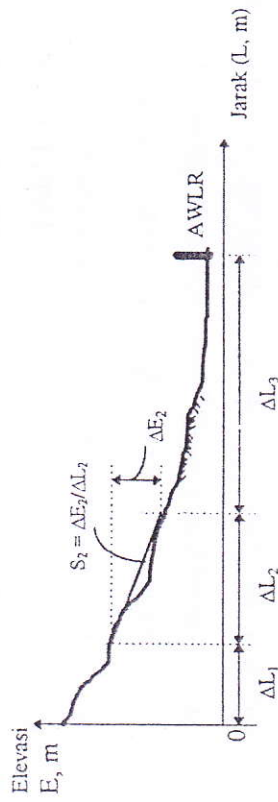
Luas DAS (A) diperkirakan dengan mengukur daerah itu pada peta DAS. Jika dihitung per-satuan luas, banjir yang terjadi di daerah dengan luas yang kecil akan lebih besar dibandingkan banjir yang terjadi di sungai dengan DAS yang lebih luas. Hal ini disebabkan karena di DAS yang kecil, air hujan mudah mencapai sungai sedangkan pada DAS yang luas kemungkinan terdapat danau, rawa, kolam, tanah yang berpasir (misalnya pasir) dan lain-lain, yang dapat menahan air hujan. Luas DAS dipandang berpengaruh besar terhadap debit puncak. DAS yang kecil memiliki anggapan yang berbeda dengan DAS yang besar, terutama tentang hubungannya dengan peristiwa limpasan.

Panjang sungai utama (L)

Panjang sungai (L) merupakan jarak dari *outlet* ke batas daerah aliran, yang diukur sepanjang saluran aliran utama. Semakin panjang sungai, maka jarak antara tempat terjadinya hujan dengan *outlet* semakin besar, sehingga waktu yang diperlukan air hujan untuk mencapai *outlet* lebih lama dan akan menurunkan debit banjir. Hal ini disebabkan karena makin panjang sungai makin banyak memberikan kesempatan bagi air hujan untuk mengalir sebagai limpasan. Dengan demikian jumlah kehilangan air akan semakin besar.

Panjang sungai diukur sampai titik terdekat dengan titik berat DAS (L_c)

L_c merupakan panjang sungai dari *outlet* sampai titik berat DAS dan diukur sepanjang aliran utama. Parameter ini didasarkan pada penelitian Gupta (1967), antara lain dalam upayanya untuk mengaitkan besarnya debit puncak dengan faktor-faktor fisik DAS. Untuk DAS yang cenderung menyempit di bagian hilir, maka titik berat DAS akan terletak hampir ke hulu. Walaupun L_c cenderung panjang, namun dengan kondisi DAS menyempit ke bagian hilir, maka akan mempercepat naiknya debit puncak (waktu untuk mencapai debit puncak relatif singkat). Sebaliknya untuk DAS



Gambar 1. Pembagian segmen pada perhitungan kemiringan sungai

5. Koefisien kekasaran (n)

Di dalam DAS terdapat hutan dan beberapa bagian tegalan, sawah, dan pemukiman, yang membutuhkan perkiraan koefisien kekasaran (n). Koefisien kekasaran (n) untuk lahan pertanian dengan tanaman diperkirakan sebesar 0,035 sedangkan untuk hutan atau semak belukar sebesar 0,07. Dengan persamaan garis linier pada 2 titik yaitu pada kondisi tidak terdapat hutan dan kondisi hutan seluruhnya, maka (Chow, 1988):

$$n = 0,035 (1 + Af/A) \dots\dots\dots (5)$$

dengan,

n = koefisien kekasaran DAS

Af = luas hutan

A = luas DAS

Berdasarkan rumus di atas, jika luas hutan 100% (DAS seluruhnya berupa hutan), maka akan diperoleh koefisien kekasaran DAS: n = 0,070. Sebaliknya jika tidak ada hutan sama sekali (dalam arti Af = 0), maka akan diperoleh koefisien kekasaran DAS: n = 0,035. Seperti diketahui, hutan pada umumnya ditumbuhi tanaman-tanaman

pemukiman, dianggap tidak cukup kasar untuk menghambat jalannya air hujan melimpas. Berdasarkan alasan tersebut, Chow (1988) hanya memasukkan faktor hutan dalam perhitungan koefisien kekasaran DAS.

Persamaan Debit Puncak;

$$Qp = 0,042 \cdot A^{0,451} \cdot L^{0,497} \cdot Lc^{0,356} \cdot S^{-0,131} \cdot n^{0,168}$$

dengan,

Qp = debit puncak banjir hidrograf satuan (m³/dt/mm)

A = luas DAS (km²)

L = panjang sungai utama (km)

Lc = panjang sungai dari outlet sampai titik terdekat dengan titik berat DAS (km)

S = kemiringan sungai utama

n = koefisien kekasaran DAS

0,042 = koefisien untuk konversi satuan (m^{0,25}/dt)

Persamaan Kurva Naik;

$$Qn = Qp \cdot [(t/Tp)]^{1,107} \dots\dots\dots$$

dengan,

Qn = debit pada persamaan kurva naik (m³/dt/mm)

Qp = debit puncak hidrograf satuan (m³/dt/mm)

t = waktu hidrograf (jam)

Tp = waktu naik hidrograf atau waktu mencapai puncak hidrograf (jam)

Persamaan kurva turun;

$$Qt = Qp \cdot e^{0,175(Tp-t)} \dots\dots\dots$$

dengan,

Qt = debit pada persamaan kurva turun (m³/dt/mm)

Qp = debit puncak hidrograf satuan (m³/dt/mm)

Untuk memperkirakan waktu puncak banjir (T_p) bisa dipakai rumus seperti pada

Nakayasu sebagai berikut:

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \dots \dots \dots (9)$$

dengan:

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

t_g = waktu konsentrasi hujan/ jam

Cara menentukan t_g :

Jika $L \geq 15$ km, maka $t_g = 0,40 + 0,058 L$

$L < 15$ km, maka $t_g = 0,21 L^{0,7}$

dengan,

$$t_r = 0,5 \times t_g \text{ sampai } 1 \times t_g$$

Uji Kuantitatif HSS Limantara dengan Hidrograf Satuan Terukur

Perbandingan kuantitatif antara hidrograf satuan sintetik dan hidrograf satuan terukur (*observed*) menggunakan ukuran-ukuran yaitu:

1. *Coefficient of efficiency (CE)*

$$CE = 1 - \frac{\sum(Q_o - Q_m)^2}{\sum(Q_o - Q_{mrt})^2} \dots \dots \dots (10)$$

2. *Relative Error* dari Volume Total (EV) %

$$EV = \frac{\sum(Q_o - Q_m)}{\sum Q_o} \times 100\% \dots \dots \dots (11)$$

3. *Absolute Error* dari Debit Puncak (AEQP)

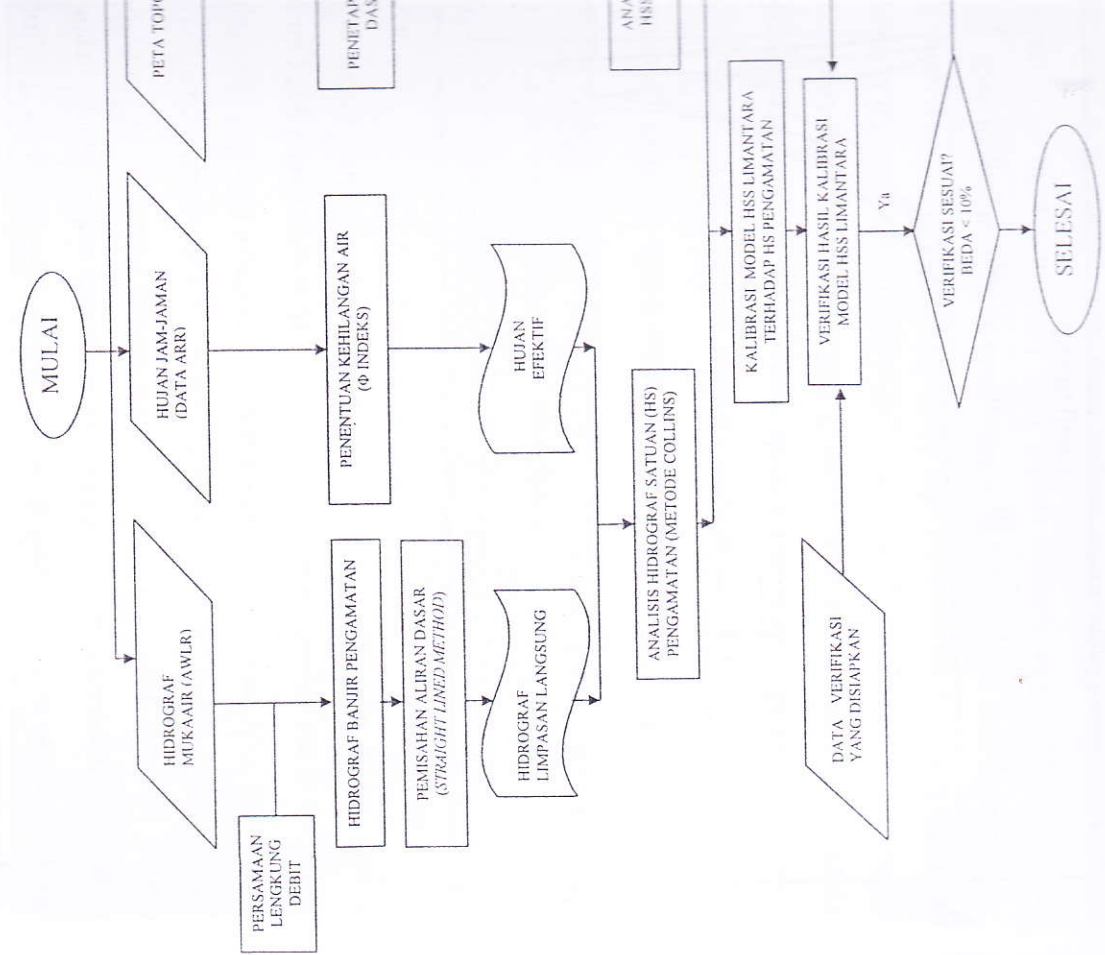
$$AEQP = [QP_o - QP_m] \dots \dots \dots (12)$$

4. *Relative Error* dari Debit Puncak (EQP) %

$$EQP = \frac{[QP_o - QP_m]}{QP_o} \times 100\% \dots \dots \dots (13)$$

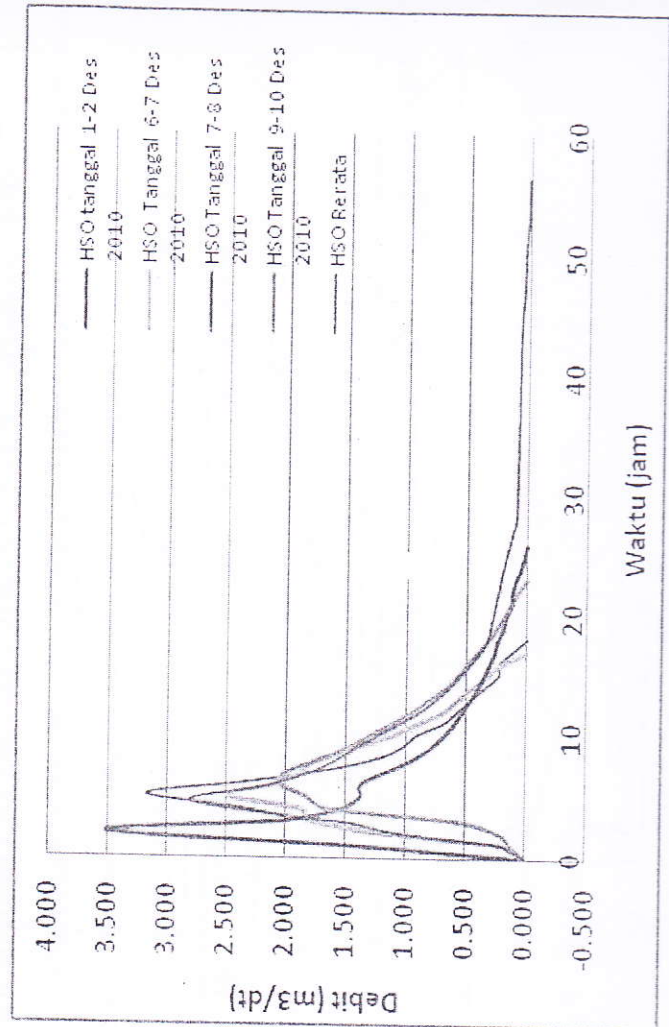
CARA PENELITIAN

Secara skematis proses penelitian mengikuti bagan alir sebagai berikut



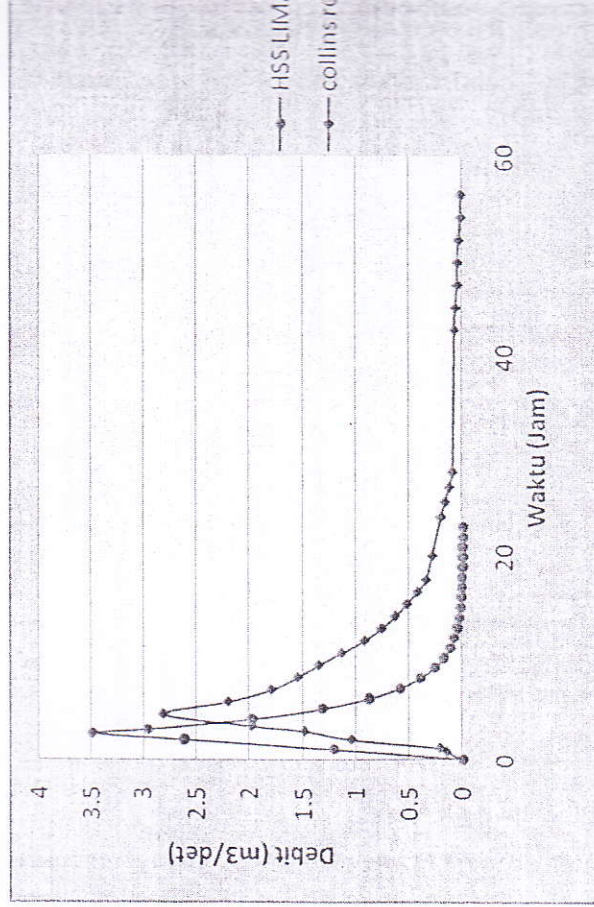
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data kejadian hujan dan banjir yang dipakai dalam kajian ini yaitu 1-2 Desember 2010, 6-7 Desember 2010, 7-8 Desember 2010, dan 9-10 Desember 2010. Untuk mendapatkan hidrograf terukur (*observed*) digunakan metode Collins. Secara terpisah dihitung hidrograf satuan menggunakan model hidrograf satuan sintetik (HSS) Limantara dengan menggunakan data parameter DAS Bionga. Selanjutnya dicermati perbedaan antara hidrograf satuan terukur dan hidrograf satuan yang dihitung dengan model HSS Limantara. Hasil yang peroleh menunjukkan perbedaan yang cukup berarti, sehingga diperlukan kalibrasi koefisien parameter-parameter model HSS Limantara. Selanjutnya data yang tidak terpakai dalam proses kalibrasi digunakan untuk verifikasi model HSS Limantara sehingga diperoleh persamaan baru yang sesuai untuk aplikasi di DAS Bionga.



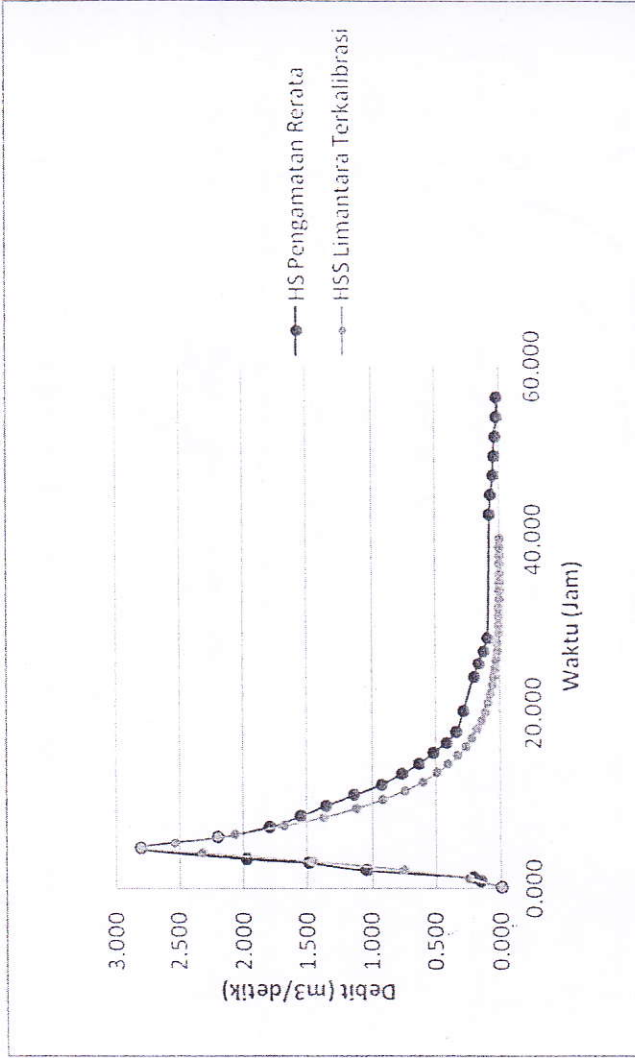
Gambar 3. Grafik Hidrograf Satuan Periode Hujan Desember 2010

Pada Gambar 4 ditunjukkan perbedaan hidrograf hasil hitungan model HSS Limantara dan hidrograf pengamatan yang diturunkan dengan metode Collins. Terlihat perbedaan yang cukup signifikan antara hasil keluaran model HSS Limantara dan HS Pengamatan (*observed*) yang cenderung *overestimate*



Gambar 4. Grafik Hidrograf Satuan Pengamatan Rerata dan HSS Limantara

Selanjutnya dengan melakukan kalibrasi serta verifikasi terhadap Limantara maka akan diperoleh formula baru model HSS Limantara yang seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2 dan ditunjukkan pada Gambar 2. Model HSS Limantara yang baru cocok digunakan untuk sub DAS Bionga dan DAS lain yang mempunyai sifat dan karakteristik DAS yang sama. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2. Apabila menggunakan formula model HSS Limantara yang asli, maka hasilnya dikalikan dengan faktor pengali sebagaimana ditunjukkan pada Ta



Gambar 5. Grafik HSS Limantara Hasil Kalibrasi

Tabel 1. Hasil Uji Kesesuaian Hidrograf Satuan Pengamatan dengan HSS Limantara Hasil Kalibrasi pada sub DAS Bionga Kayubulan

| No | Parameter | Nilai | |
|----|---|---------------|-----------------|
| | | HSS Limantara | Hasil Kalibrasi |
| 1 | <i>Coefficient of efficiency</i> (CE) | 0.62 | 0.92 |
| 2 | <i>Relative error</i> dari volume total (EV) (%) | 24.31 | 4.08 |
| 3 | <i>Absolute error</i> dari debit puncak (AEQp) (m ³ /dt) | 0.68 | 0.00 |
| 4 | <i>Relative error</i> dari debit puncak (EQp) (%) | 19.52 | 0.00 |
| 5 | <i>Absolute error</i> dari waktu puncak (AETp) (jam) | 1.91 | 0.00 |

Tabel 2. Parameter Model HSS Limantara Sebelum dan Sesudah Dikalibrasi

Tabel 3. Faktor Pengali HSS Limantara pada sub DAS Bionga Kayubulan

| Variabel | Faktor Pengali |
|----------|----------------|
| TP | 1.74 |
| QP | 0.81 |

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hidrograf satuan pengamatan pada sub DAS Bionga Kayubulan memiliki puncak (TP) sebesar 4,5 jam dengan debit puncak (QP) sebesar 2,59 m³/dt sedangkan dari analisa HSS Limantara memiliki TP sebesar 2,59 jam dan QP sebesar 3,49 m³/dt.
2. Aplikasi model HSS Limantara pada sub DAS Bionga Kayubulan memberikan nilai yang cukup berbeda dengan hidrograf satuan pengamatan. Hal ini dapat dilihat dari nilai *Coefficient of efficiency* (CE) sebesar 0,62, *Relative error* dari volume total (EV) sebesar 24,31%. Selain itu, *Relative error* dari debit puncak (EQp) sebesar 19,52% masih sangat berbeda dengan hidrograf satuan pengamatannya. Hal ini sebanding dengan waktu mencapai puncak hidrograf tersebut yang nilai *absolute error* dari waktu puncak (AETp) sebesar 1,91 jam. Dengan demikian model HSS Limantara pada sub DAS Bionga Kayubulan tidak bisa diaplikasikan karena model HSS Limantara belum menunjukkan kemampuan pendugaan yang baik tentang hidrograf satuan yang sifat dan karakteristik DAS tersebut.
3. Hasil kalibrasi model HSS Limantara memberikan kemampuan pendugaan yang baik dilihat dari nilai *Coefficient of efficiency* (CE) sebesar 0,92, *Relative error* dari volume total (EV) sebesar 4,08%, *Absolute error* dari debit puncak (AEQp) sebesar 0,00 m³/dt, *Relative error* dari debit puncak (EQp) sebesar 0,00%, dan *Absolute error* dari waktu puncak (AETp) sebesar 0,00 jam.

dapat diaplikasikan pada sub DAS Bionga Kayubulan karena sudah dapat menggambarkan hidrograf satuan sesuai dengan sifat dan karakteristik DASnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Indarto. 2010. **Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi**. PT. Bumi Aksara. Jember
- Labdul, B.Y., dkk. 2011. **Kalibrasi Koefisien Parameter Model Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1 pada Sub Das Bionga-Kayubulan**. Jurnal Teknik Vol 9 No. 2. Hal 120-133. F.T. UNG. Gorontalo
- Limantara, L. M. 2010. **Hidrologi Praktis**. Lubuk Agung. Jakarta
- Slamet, B. **Model Hidrograf Satuan Sintetik Menggunakan Parameter Morfometri (Studi Kasus di DAS Ciliwung Hulu)**.
<http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/3917>
- Slamet, B., dkk. **Modifikasi Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1 di DAS Ciliwung Hulu**. <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/18345>
- Soemarto, C. D. 1993. **Hidrologi Teknik**. Erlangga. Jakarta
- Sosrodarsono, S. 1976. **Hidrologi**. Pradanya Paramita. Jakarta
- Sri Harto, Br. 1993. **Hidrologi Teknik**. P.T Gramedia Pusaka Utama. Jakarta
- Sri Harto, Br. 2000. **Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian**. Nafiri. Jakarta
- Triatmodjo, B. 2008. **Hidrologi Terapan**. Beta Offset. Yogyakarta