

KEANDALAN METODE HASPERS DAN WEDUWEN PADA DAS MANIKIN

Judi K. Nasjono¹ (judi.nasjono@staf.undana.ac.id)
Elia Hunggurami² (eliahunggurami@yahoo.com)
Mariana G. Sarty³ (rinisarti94@gmail.com)

ABSTRAK

Pada saat musim hujan, terjadi kenaikan tinggi muka air dan ketidakseimbangan debit yang ditimbulkan dari daerah hulu dengan penampang Sungai Manikin di bagian hilir. Debit maksimum dengan menggunakan data hujan perlu dievaluasi dengan debit maksimum terukur. Perhitungan besarnya debit maksimum dilakukan dengan menggunakan rumus *rating curve* DAS Manikin, Metode Haspers dan Metode Weduwen. Hasil analisis debit maksimum terukur periode 2009–2015 menggunakan persamaan *rating curve* Sungai Manikin diperoleh debit maksimum terbesar terjadi pada tahun 2009 dengan $Q_{maks} = 154,901 \text{ m}^3/\text{det}$, nilai terkecil yaitu pada tahun 2010 dengan $Q_{maks} = 20,982 \text{ m}^3/\text{det}$. Debit maksimum Metode Haspers yang terbesar terjadi pada tahun 2015 dengan $Q_{maks} = 172,017 \text{ m}^3/\text{det}$, nilai terkecil terjadi pada tahun 2011 dengan $Q_{maks} = 84,224 \text{ m}^3/\text{det}$. Debit maksimum Metode Weduwen terbesar terjadi pada tahun 2015 dengan $Q_{maks} = 214,608 \text{ m}^3/\text{det}$, nilai terkecil terjadi pada tahun 2011 dengan $Q_{maks} = 82,654 \text{ m}^3/\text{det}$. Nilai *R squared* Metode Haspers dan Weduwen berturut-turut adalah -0,236 dan -2,019. Tingkat kesalahan (*R squared*) adalah kurang dari 0,36 dengan interpretasi yang tidak memuaskan. Dengan demikian, Metode Haspers dan Weduwen tidak andal/layak dipergunakan pada DAS Manikin.

Kata Kunci : Debit; Kurva Debit; Haspers; Weduwen; R Squared

ABSTRACT

*During the rainy season, be an increase of water level and flow imbalances arising from cross-sectional area of the river upstream to downstream Manikin. Maximum debit by using rain data needs to be evaluated with maximum measurable debit. Calculation of the maximum discharge done using the rating curve formula of DAS Manikin, methods Haspers and Weduwen. The results of the measured maximum discharge analysis for the period 2009 - 2015 use the equation the curve rating of Manikin River obtained the greatest maximum discharge occurred in 2009 with $Q_{max} = 154,901 \text{ m}^3 / \text{sec}$, the smallest value was in 2010 with $Q_{max} = 20,982 \text{ m}^3 / \text{s}$. Maximum discharge counted Haspers method is the largest that occurs in 2015 with $Q_{max} = 172,017 \text{ m}^3 / \text{sec}$, the smallest value occurring in 2011 with $Q_{max} = 84.224 \text{ m}^3 / \text{sec}$. Method of Weduwen the largest maximum discharge occurred in 2015 with $Q_{max} = 214,608 \text{ m}^3 / \text{s}$, the smallest value occuring in 2011 with $Q_{max} = 82,654 \text{ m}^3 / \text{s}$. The value of *R squared* successively of Haspers and Weduwen is -0.236 and -2.019 . The error *R squared* is less than 0.36 with unsatisfactory interpretation. So, The Methods of Haspers and Weduwen are not reliable or worthy of use in the Manikin River Basin.*

Keywords : Debit; Rating Curve; Haspers; Weduwen; R Squared

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) berfungsi sebagai pengumpul, penyimpan, dan penyalur air, sedimen, unsur hara dalam sistem sungai dan keluar melalui *outlet* tunggal. DAS Manikin terletak di Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur. Karakteristik DAS sangat berpengaruh terhadap debit pengeluaran air dalam suatu sistem sungai. Kemampuan pengukuran debit sangat diperlukan untuk mengetahui potensi sumber daya air di suatu wilayah DAS.

¹ Jurusan Teknik Sipil, FST Undana;

² Jurusan Teknik Sipil, FST Undana;

³ Jurusan Teknik Sipil, FST Undana

Dengan berkembangnya ilmu hidrologi, banyak muncul metode-metode yang menggunakan data hujan untuk menentukan debit maksimum. Pendugaan debit maksimum diantaranya dengan menggunakan Metode Haspers dan Metode Weduwen. Perhitungan debit maksimum dengan menggunakan data hujan perlu dievaluasi dengan debit maksimum terukur. Hasil perhitungan menggunakan metode empiris seringkali terdapat selisih dan adanya tingkat ketepatan suatu metode yang digunakan dalam menentukan nilai debit maksimum sungai. Indikator statistic *R Squared* digunakan untuk mengetahui keandalan suatu metode berdasarkan debit maksimum terukur dan terhitung pada DAS Manikin, maka dilakukanlah penelitian dengan judul : **“Keandalan Metode Haspers dan Weduwen pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Manikin Kabupaten Kupang”**.

TINJAUAN PUSTAKA

Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, dimana air meresap atau mengalir melalui sungai dan anak-anak sungai yang bersangkutan.. Daerah ini umumnya dibatasi oleh topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan aliran air permukaan. Beberapa karakteristik DAS yang mempengaruhi debit aliran antara lain yaitu luas DAS, kemiringan lereng DAS, bentuk DAS, jenis tanah, dan pengaruh vegetasi (Asdak, C, 2002).

Stasiun Klimatologi

Tujuan stasiun klimatologi adalah mendapatkan data klimatologis yang pengukurannya dilakukan secara kontinu dan meliputi periode waktu yang lama. Bagi stasiun klimatologi pengamatan utama yang dilakukan meliputi unsur curah hujan, suhu udara dan laju angin, kelembaban, macam dan tinggi dasar awan, durasi penyinaran matahari, dan suhu tanah. Data curah hujan yang diperlukan adalah data hujan yang tercatat pada stasiun hujan terdekat yang berpengaruh terhadap aliran air pada DAS yang bersangkutan.

Metode Rata-Rata Aritmatik

Metode rata-rata aritmatik adalah dengan menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran selama satu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya tempat pengukuran. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut (Suripin, 2004 : 27):

$$R = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (1)$$

dengan R adalah curah hujan rata-rata (mm), n adalah jumlah stasiun hujan (buah), R_1, R_2, \dots, R_n adalah besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun hujan 1, 2, ..., n (mm)

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut terkonsentrasi (Loebis, J, 1992). Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak sangat luas. Hujan yang meliputi daerah yang luas, jarang sekali dengan intensitas yang tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi yang cukup panjang. Besar intensitas curah hujan tidak sama di segala tempat, hal ini dipengaruhi oleh topografi, durasi dan frekuensi di tempat atau lokasi yang bersangkutan.

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu aliran (Suripin, 2004). Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap

bagian DAS serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol. Durasi hujan yang biasa terjadi adalah 1 – 6 jam bahkan maksimum 12 jam pun jarang terjadi. Durasi hujan sering dikaitkan dengan waktu konsentrasi sehingga sangat berpengaruh pada besarnya debit yang masuk ke saluran atau sungai.

Analisis Debit Maksimum/Banjir

Kurva debit

Rating Curve adalah lengkung debit yang menggambarkan hubungan antara duga air H dengan Q . *Rating curve* dibuat untuk setiap tahun, namun dikarenakan data pengukuran kecepatan aliran air belum tentu dilakukan setiap tahun, maka *rating curve* dapat dibuat untuk satu atau sekelompok tahun. Persamaan *rating curve* DAS Manikin diperoleh dari hasil pengukuran aliran Sungai Manikin yang dilakukan oleh Pusat Penelitian Pengembangan (Puslitbang) Bandung pada tahun 1992. Puslitbang membuat persamaan aliran berdasarkan hasil analisa program *hymos (Ratcuv)*. Besaran aliran yang ditentukan oleh lengkung aliran diperoleh rumusan sebagai berikut (Balai Hidrologi dan Tata Air, Puslitbang, Bandung):

$$Q = 8,929 \times (H-0,020)^{2,343} \quad (2)$$

dengan Q adalah debit aliran (m^3/det), H adalah Tinggi Muka Air (m).

Metode Haspers

Haspers melakukan penelitian pada beberapa DAS dengan luas kurang dari atau sama dengan 300 km^2 . Rumus debit maksimum dengan Metode Haspers (Kamiana, 2012: 100) adalah:

$$Q_{\text{maks}} = \alpha \times \beta \times I \times A \quad (3)$$

dengan Q_{maks} adalah debit maksimum (m^3/det), α adalah koefisien pengaliran, β adalah koefisien reduksi, I adalah hujan maksimum ($\text{m}^3/\text{det}/\text{km}^2$), A adalah luas daerah pengaliran (km^2). Untuk koefisien pengaliran (α) dalam Metode Haspers digunakan rumus sebagai berikut (Kamiana, 2012: 101):

$$\alpha = \frac{1+0,012xA^{0,7}}{1+0,075xA^{0,7}} \quad (4)$$

dengan α adalah koefisien pengaliran, A adalah luas daerah pengaliran (km^2). Untuk waktu konsentrasi Metode Haspers digunakan rumus sebagai berikut (Kamiana, 2012: 101):

$$t_c = 0,1 \times L^{0,8} \times S^{-0,3} \quad (5)$$

dengan t_c adalah waktu konsentrasi (jam), L adalah panjang sungai utama (m), S adalah kemiringan dasar sungai rata-rata. Kemiringan sungai dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{\Delta H}{L} \quad (6)$$

dengan S adalah kemiringan rata-rata sungai, ΔH adalah beda elevasi hulu dan hilir (m), L adalah Panjang Sungai (km). Haspers juga menetapkan koefisien reduksi (β) dengan persamaan sebagai berikut (Kamiana, 2012: 101):

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+3,7 \cdot 10^{-0,4t}}{t^2+15} \times \frac{A^{0,75}}{12} \quad (7)$$

dengan β adalah koefisien reduksi, t adalah waktu konsentrasi (jam), A adalah luas daerah pengaliran (km^2). Curah hujan (r dalam satuan mm) untuk lama hujan tertentu ($t = t_c$ dalam satuan jam) dan hujan harian maksimum (R_{24} dalam satuan mm) dapat dicari dengan rumus (Kamiana, 2012: 101):

- a. Untuk $t < 2$ jam

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t+1-0,0008(260-R_{24})x(2-t)^2} \tag{8}$$

b. Untuk 2 jam < t < 19 jam

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t+1} \tag{9}$$

c. Untuk 19 jam < t < 30 hari

$$r = 0,707 R_{24} (t + 1)^{1/2} \tag{10}$$

dengan r adalah curah hujan (mm), R_{24} adalah curah harian maksimum (mm), dan t adalah waktu konsentrasi (jam). Untuk hujan maksimum (I) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Kamiana, 2012: 102):

$$I = \frac{r}{3,6 \times t} \tag{11}$$

dengan I hujan maksimum ($m^3/det/km^2$), r adalah curah hujan (mm), dan t adalah waktu konsentrasi (jam).

Metode Weduwen

Metode ini digunakan untuk DAS dengan luas sampai 100 km^2 . Weduwen adalah metode perhitungan debit maksimum dengan rumusan sebagai berikut (Kamiana, 2012: 96):

$$Q_{maks} = \alpha \times \beta \times I \times A \tag{12}$$

dengan Q_{maks} adalah debit maksimum (m^3/det), α adalah koefisien pengaliran, β adalah koefisien reduksi, I adalah hujan maksimum ($m^3/det/km^2$), A = Luas daerah pengaliran (km^2).

Weduwen juga menetapkan koefisien reduksi (β) dengan persamaan berikut (Kamiana, 2012: 96):

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \times A}{120+A} \tag{13}$$

dengan β adalah koefisien reduksi, t adalah waktu konsentrasi (jam), A adalah luas daerah pengaliran (km^2). Untuk koefisien pengaliran (α) dalam Metode Weduwen digunakan rumus sebagai berikut (Kamiana, 2012: 96):

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{(\beta \times I) + 7} \tag{14}$$

dengan α adalah koefisien pengaliran, β adalah koefisien reduksi, I adalah hujan maksimum ($m^3/det/km^2$). Lamanya hujan (t dalam satuan jam) ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Kamiana, 2012: 96):

$$t = 0,125 \times L \times Q^{-0,125} S^{-0,25} \tag{15}$$

dengan t adalah waktu konsentrasi (jam), L adalah panjang sungai utama (km), $Q = Q_{maks}$ adalah debit maksimum (m^3/det), dan S adalah kemiringan dasar sungai.

Apabila luas daerah aliaran sungai kurang dari atau sama dengan 100 km^2 dan lama hujan kurang dari sama dengan 12 jam maka nilai I dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kamiana, 2012: 97):

$$I = \frac{R_n}{240} \times \frac{67,65}{t+1,45} \tag{16}$$

dengan I adalah intensitas hujan ($m^3/det/km^2$), R_n adalah hujan harian maksimum (mm), dan t adalah waktu konsentrasi (jam).

Menilai Hasil Kalibrasi

Secara umum kriteria penilaian antara satu model dan lainnya berbeda. Beberapa kriteria yang digunakan oleh IHACRES meliputi (Indarto, 2010 : 169):

Bias

Bias menunjukkan tingkat kesalahan volume aliran secara umum, yakni selisih antara debit terukur dan terhitung per tahun. Berikut adalah persamaan untuk menentukan nilai bias

$$\text{Bias} = \frac{\sum (Q_0 - Q_M)}{n} \tag{17}$$

dengan bias adalah selisih antara debit terukur dan terhitung, Q_0 adalah debit terukur (m^3/det), Q_M adalah debit terhitung (m^3/det), dan n adalah jumlah sampel.

R Squared

R Squared menunjukkan tingkat kesesuaian antara debit terukur dan terhitung. Berikut adalah persamaan untuk menentukan nilai *R Squared*:

$$R \text{ Squared} = 1 - \frac{\sum (Q_0 - Q_M)^2}{\sum (Q_0 - \overline{Q_M})^2} \tag{18}$$

dengan *R Squared* adalah tingkat kesesuaian antara debit terukur dan terhitung, Q_0 adalah debit terukur (m^3/det), dan $\overline{Q_M}$ adalah rerata debit terhitung (m^3/det). Nilai optimal untuk *R squared* adalah mendekati 1. Perumusan persamaan *R squared* didasarkan pada indikator efisiensi model *Nash-Sutcliffe*. *NSE* memiliki beberapa kriteria dan kriteria ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Motovilov, et al pada tahun 1999, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)* (Motovilov, et al, 1999)

| Nilai <i>Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)</i> | Interpolasi |
|--|-----------------|
| $NSE > 0,75$ | Baik |
| $0,36 < NSE < 0,75$ | Memuaskan |
| $NSE < 0,36$ | Tidak Memuaskan |

METODE PENELITIAN

Teknik Analisis Data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisa debit maksimum adalah sebagai berikut:

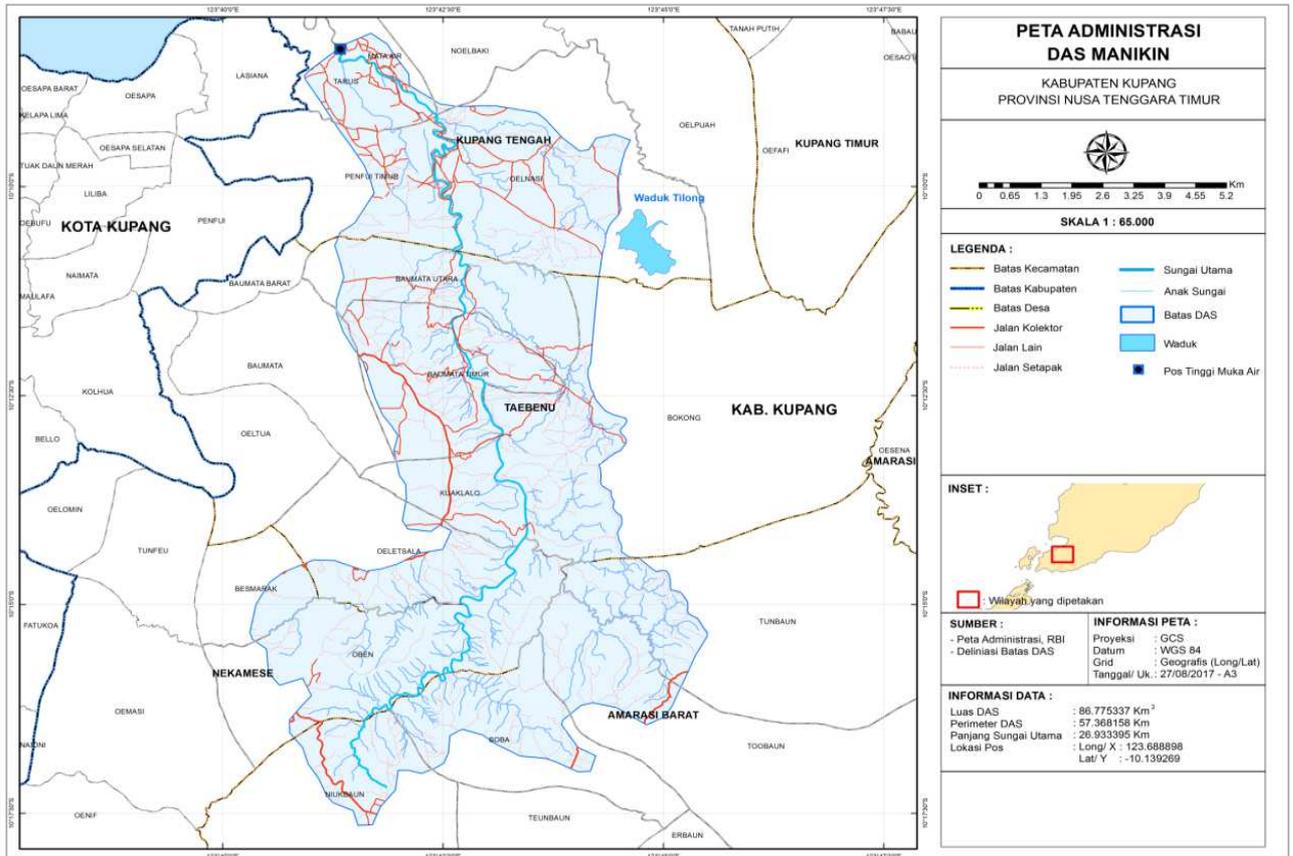
- a. Menghitung nilai Q menggunakan *rating curve* DAS Manikin untuk setiap tahun
- b. Perhitungan curah hujan menggunakan Metode Rata-Rata Arithmatik
- c. Menentukan nilai S Sungai Manikin untuk setiap segmen yang telah dibagi terlebih dahulu
- d. Menentukan \bar{S} Sungai Manikin
- e. Menghitung nilai α Metode Haspers, nilai t_c , β , r dan I Metode Haspers
- f. Menentukan nilai Q_{maks} Metode Haspers untuk setiap tahun.
- g. Perhitungan Q_{maks} Metode Weduwen didahului dengan coba-coba nilai t .
- h. Menghitung nilai β , I , α , t Metode Weduwen
- i. Cek harga t hitung apakah sudah sama dengan t coba, jika tidak sama maka ulangi dari langkah (g).
- j. Tentukan nilai α , β , dan I pada saat nilai t sudah tetap (sama dengan t perhitungan sebelumnya).
- k. Hitung Q_{maks} berdasarkan nilai α , β , dan I pada saat nilai t sudah tetap.

- l. Menentukan nilai Q_{maks} Metode Weduwen pada setiap tahun.
- m. Menentukan nilai R Squared dari hasil analisis debit terukur terhadap debit terhitung Metode Haspers dan Weduwen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum

DAS Manikin terletak di Kecamatan Kupang Tengah Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur, sungai utama yang dilaluinya adalah Sungai Manikin. Berdasarkan peta rupa bumi DAS Manikin, panjang Sungai Manikin adalah 26,933 km, dengan luas DAS 86,775 km².



Gambar 1. Peta DAS Manikin

Analisis Curah Hujan Wilayah Rata-Rata

Curah hujan maksimum harian dengan rata-rata hitung untuk tahun 2009-2015 ditambahkan pada Tabel 2.

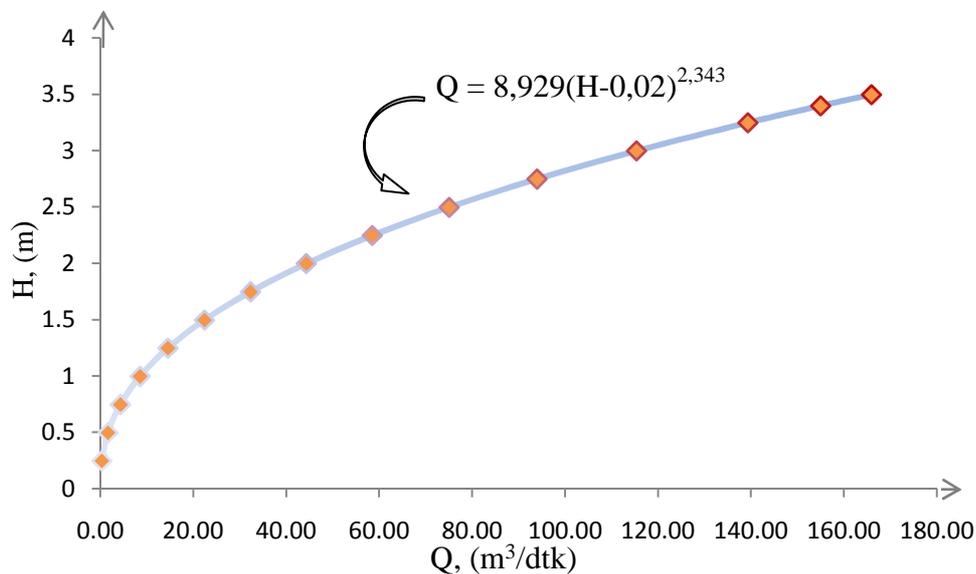
Tabel 2. Curah Hujan Maksimum dengan Rata-Rata Hitung

| Kejadian | | | Pos Hujan | | Hujan Rata-Rata Harian (mm) | Hujan maksimum Rata-Rata harian (mm) |
|----------|----------|-------|--------------|-----------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Tanggal | Bulan | Tahun | Sta. Lasiana | Sta. Baun | | |
| 16 | Desember | 2009 | 173 | 20 | 96,500 | 96,500 |
| 14 | Desember | | 27 | 65 | 46,000 | |
| 18 | Januari | 2010 | 100 | 86 | 93,000 | 93,000 |
| 1 | Agustus | | 0 | 117 | 58,500 | |
| 24 | Februari | 2011 | 78 | 28 | 53,000 | 59,000 |
| 19 | April | | 1 | 117 | 59,000 | |
| 3 | Februari | 2012 | 100 | 43 | 71,500 | 71,500 |

| Kejadian | | | Pos Hujan | | Hujan Rata-Rata Harian (mm) | Hujan maksimum Rata-Rata harian (mm) |
|----------|----------|-------|--------------|-----------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Tanggal | Bulan | Tahun | Sta. Lasiana | Sta. Baun | | |
| 13 | Maret | 2013 | 0 | 101 | 50,500 | 89,000 |
| 7 | Januari | | 139 | 39 | 89,000 | |
| 21 | Februari | | 1 | 106 | 53,500 | |
| 22 | Januari | 2014 | 111 | 36 | 73,500 | 93,000 |
| 19 | Februari | | 101 | 85 | 93,000 | |
| 11 | Januari | 2015 | 154 | 28 | 91,000 | 120,500 |
| 25 | Januari | | 114 | 127 | 120,500 | |

Analisis Debit Maksimum (Qmax) Menggunakan Kurva Debit Sungai Manikin

Dengan memasukkan nilai tinggi muka air tahun 2009 diperoleh bentuk kurvanya seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Lengkung Debit Sungai Manikin Tahun 2009

Tabel 3. Hasil Perhitungan Debit Berdasarkan Data TMA Tahun 2009-2015

| Kejadian | | | Tinggi Muka Air (H) | Debit Maksimum (Qmaks) |
|----------|-----------|-------|---------------------|------------------------|
| Tanggal | Bulan | Tahun | m | m ³ /det |
| 3 | Maret | 2009 | 3,400 | 154,901 |
| 3 | September | 2010 | 1,460 | 20,982 |
| 20 | April | 2011 | 3,000 | 115,317 |
| 1 | Febuari | 2012 | 2,020 | 45,300 |
| 7 | Januari | 2013 | 2,200 | 55,438 |
| 29 | Desember | 2014 | 1,880 | 38,379 |
| 25 | Januari | 2015 | 2,040 | 46,370 |

Analisis Debit Maksimum (Qmax) Menggunakan Metode Haspers

Hasil perhitungan debit maksimum Metode Haspers untuk tahun 2009 sampai dengan tahun 2015 ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Debit Maksimum Metode Haspers Tahun 2009-2015

| Tahun | Waktu konsentrasi (t _c) | koefisien pengaliran (α) | koefisien reduksi (β) | Curah Hujan (r) | Hujan maksimum (I) | Debit Maksimum (Q _{max}) |
|-------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| | Jam | | | mm | m ³ /det/km ² | m ³ /det |
| 2009 | 5,254 | 0,470 | 0,773 | 81,069 | 4,286 | 135,241 |
| 2010 | 5,254 | 0,470 | 0,773 | 78,129 | 4,131 | 130,336 |
| 2011 | 5,254 | 0,470 | 0,773 | 49,566 | 2,621 | 82,686 |
| 2012 | 5,254 | 0,470 | 0,773 | 60,067 | 3,176 | 100,205 |
| 2013 | 5,254 | 0,470 | 0,773 | 74,769 | 3,953 | 124,730 |
| 2014 | 5,254 | 0,470 | 0,773 | 78,129 | 4,131 | 130,336 |
| 2015 | 5,254 | 0,470 | 0,773 | 101,232 | 5,352 | 168,876 |

Analisis Debit Maksimum (Q_{max}) Menggunakan Metode Weduwen

Hasil perhitungan debit maksimum Metode Weduwen untuk tahun 2009 sampai dengan tahun 2015 ditampilkan dalam Tabel 5.

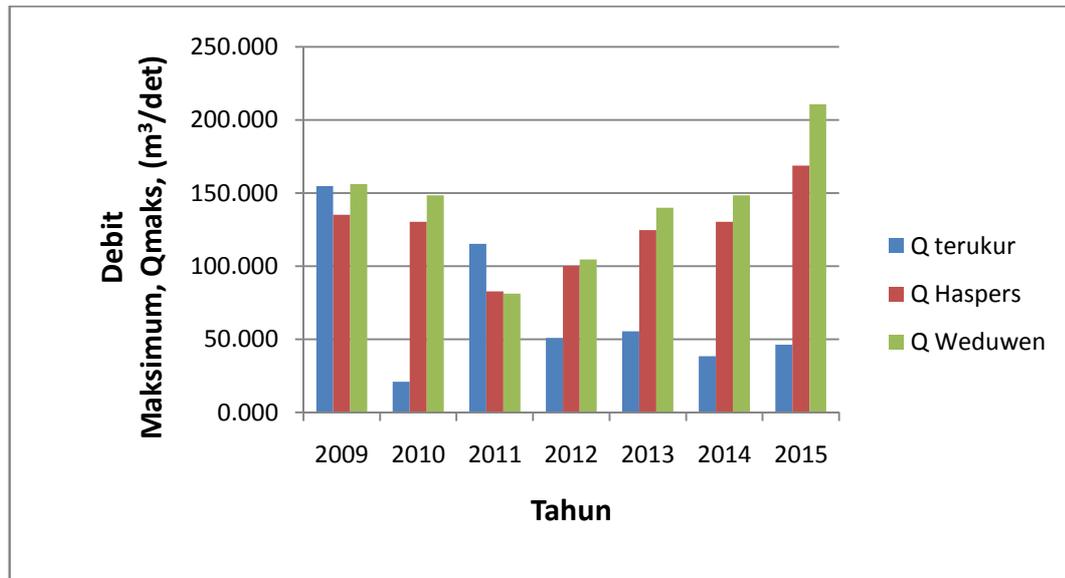
Tabel 5. Hasil Perhitungan Debit Maksimum Metode Weduwen Tahun 2009 –2015

| Tahun | Lamanya Hujan (t) | koefisien reduksi (β) | koefisien pengaliran (α) | Hujan maksimum (I) | Debit Maksimum (Q _{maks}) |
|-------|-------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | jam | | | m ³ /det/km ² | m ³ /det |
| 2009 | 5,410 | 0,767 | 0,592 | 3,965 | 156,154 |
| 2010 | 5,444 | 0,768 | 0,587 | 3,802 | 148,576 |
| 2011 | 5,871 | 0,774 | 0,532 | 2,272 | 81,178 |
| 2012 | 5,688 | 0,771 | 0,596 | 2,823 | 104,574 |
| 2013 | 5,484 | 0,768 | 0,553 | 3,618 | 140,063 |
| 2014 | 5,444 | 0,768 | 0,581 | 3,802 | 148,576 |
| 2015 | 5,211 | 0,764 | 0,587 | 5,099 | 210,768 |

Hasil perhitungan dan histogram perbandingan debit maksimum terukur hasil olahan data tinggi muka air dan debit maksimum hasil olahan data curah hujan menggunakan Metode Haspers dan Metode Weduwen, yang berturut-turut ditampilkan dalam Tabel 6 dan Gambar 3.

Tabel 6. Rekapitulasi Debit Maksimum terukur, Metode Haspers, dan Metode Weduwen

| Tahun | Debit Maksimum (m ³ /det) | | |
|-------|--------------------------------------|---------|---------|
| | Terukur | Haspers | Weduwen |
| 2009 | 154,901 | 135,241 | 156,154 |
| 2010 | 20,982 | 130,336 | 148,576 |
| 2011 | 115,317 | 82,686 | 81,178 |
| 2012 | 50,788 | 100,205 | 104,574 |
| 2013 | 55,438 | 124,730 | 140,063 |
| 2014 | 38,379 | 130,336 | 148,576 |
| 2015 | 46,370 | 168,876 | 210,768 |



Gambar 3. Histogram Perbandingan Debit Terukur, Debit terhitung Metode Haspers dan Metode Weduwen

Berdasarkan Gambar 3 terdapat perbedaan nilai debit maksimum yang sangat besar kecuali untuk debit maksimum terukur dan terhitung tahun 2009. Nilai debit maksimum terukur tahun 2010 – 2015 jauh lebih kecil dari debit hasil perhitungan Metode Haspers dan Weduwen. Hasil pengukuran TMA perlu dikoreksi lagi sehingga diperoleh hasil perhitungan debit yang tepat.

Analisis Penerapan Metode Haspers Dan Metode Weduwen pada DAS Manikin

Berikut adalah tabel perhitungan indikator statistik *R squared* antara hasil analisis debit maksimum terukur dan terhitung menggunakan Metode Haspers dan Metode Weduwen:

Tabel 7. Nilai Statistik *R Squared* (Tingkat kesesuaian antara debit terukur dan terhitung Haspers)

| Tahun | Q ₀ (m ³ /det) | Q _M Haspers (m ³ /det) | (Q ₀ - Q _M) ² (m ³ /det) | $\overline{Q_M}$ (m ³ /det) | (Q ₀ - $\overline{Q_M}$) ² (m ³ /det) |
|-------|---|---|--|---|--|
| (1) | (2) | (3) | (4)=((2)-(3)) ² | (5) | (6)=((2)-(5)) ² |
| 2009 | 154,901 | 135,241 | 386,515 | 124,630 | 916,338 |
| 2010 | 20,982 | 130,336 | 11958,314 | | 10742,933 |
| 2011 | 115,317 | 82,686 | 1064,731 | | 86,742 |
| 2012 | 50,788 | 100,205 | 2441,982 | | 5452,627 |
| 2013 | 55,438 | 124,730 | 4801,428 | | 4787,565 |
| 2014 | 38,379 | 130,336 | 8456,098 | | 7439,251 |
| 2015 | 46,370 | 168,876 | 15007,681 | | 6124,574 |
| | Σ | 872,411 | 44116,749 | | |

Berdasarkan Tabel 7, maka nilai *R Squared* atau tingkat kesesuaian antara debit terukur dan terhitung Haspers pada DAS Manikin dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R \text{ Squared} &= 1 - \frac{\Sigma (Q_0 - Q_M)^2}{\Sigma (Q_0 - \overline{Q_M})^2} \\
 &= 1 - \frac{44116,749}{35550,030} \\
 &= - 0,241
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, tingkat kesesuaian antara debit terukur dan terhitung Haspers pada DAS Manikin adalah - 0,241.

Tabel 8. Nilai Statistik *R Squared* (Tingkat kesesuaian antara debit terukur dan terhitung *Weduwen*)

| Tahun | Q ₀ (m ³ /det) | Q _M <i>Weduwen</i> (m ³ /det) | (Q ₀ - Q _M) ² (m ³ /det) | $\overline{Q_M}$ (m ³ /det) | (Q ₀ - $\overline{Q_M}$) ² (m ³ /det) |
|-------|---|--|--|---|--|
| (1) | (2) | (3) | (4)=((2)-(3)) ² | (5) | (6)=((2)-(5)) ² |
| 2009 | 154,901 | 156,154 | 1,569 | 141,413 | 118,777 |
| 2010 | 20,982 | 148,576 | 16280,255 | | 440,243 |
| 2011 | 115,317 | 81,178 | 1165,448 | | 13297,900 |
| 2012 | 50,788 | 104,574 | 2892,946 | | 2579,439 |
| 2013 | 55,438 | 140,063 | 7161,481 | | 3073,355 |
| 2014 | 38,379 | 148,576 | 12143,395 | | 1472,947 |
| 2015 | 46,370 | 210,768 | 27026,571 | | 2150,216 |
| | Σ | 989,890 | 66671,665 | | |

Berdasarkan Tabel 8, maka nilai *R squared* atau tingkat kesesuaian antara debit terukur dan terhitung *Weduwen* pada DAS Manikin dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R \text{ Squared} &= 1 - \frac{\Sigma (Q_0 - Q_M)^2}{\Sigma (Q_0 - \overline{Q_M})^2} \\
 &= 1 - \frac{66671,665}{23196,037} \\
 &= - 1,874
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, tingkat kesesuaian antara debit terukur dan terhitung *Weduwen* pada DAS Manikin adalah *R squared* = - 1,874.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan hasil penelitian, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit maksimum (terukur) Sungai Manikin hasil olahan data tinggi muka air yang terbesar yaitu pada tahun 2009 dengan Q_{maks}= 154,901 m³/det, sedangkan nilai debit maksimum yang terkecil yaitu pada tahun 2010 dengan Q_{maks}= 20,982 m³/det.
2. Debit maksimum terhitung Metode Haspers pada DAS Manikin yang terbesar yaitu terjadi pada tahun 2015 dengan Q_{maks} = 168,876 m³/det, sedangkan debit maksimum yang terkecil yaitu pada tahun 2011 dengan Q_{maks} = 82,686 m³/det. Berdasarkan Metode *Weduwen* debit maksimum terbesar terjadi pada tahun 2015 dengan Q_{maks} = 210,768 m³/det, sedangkan debit maksimum yang terkecil terjadi pada tahun 2011 dengan Q_{maks} = 81,178 m³/det.
3. Berdasarkan hasil analisis nilai statistik debit maksimum terukur dan dan terhitung Sungai Manikin tahun 2009 – 2015 diperoleh nilai *R squared* berturut-turut (tingkat kesesuaian antara debit terukur dan terhitung Haspers dan *weduwen*) adalah -0,241 dan - 1,874.
4. Tingkat kesalahan debit maksimum terukur dan terhitung (*R squared*) adalah kurang dari 0,36 dengan interpretasi yang tidak memuaskan, maka perhitungan kedua metode yakni Haspers dan *Weduwen* adalah tidak andal/layak digunakan pada DAS Manikin.

SARAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Untuk pemerintah atau instansi yang berkaitan dalam hal penjagaan dan pemeliharaan pos ukur tinggi muka air disarankan untuk menambah stasiun pencatat Tinggi Muka Air (TMA) pada beberapa ruas terkait sebagai pengontrol debit.
2. Untuk memperoleh data hasil pencatatan tinggi muka air yang akurat dan tepat pemerintah perlu mengadakan mesin pengukur TMA otomatis.
3. Bagi peneliti selanjutnya, apabila ingin melakukan penelitian terhadap metode-metode empiris khususnya seperti metode-metode yang digunakan pada penelitian ini, diharapkan agar lebih memperhatikan nilai koefisien dan data klimatologi yang diambil karena mempengaruhi hasil perhitungan debit maksimum.
4. Data curah hujan dan debit yang ada perlu dipelihara.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Indarto, 2010. *Hidrologi (Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi)*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Kamiana, 2012. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Loebis, J., 1992. *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Motovilov, Y.G., etc. 1999. Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observations, *Elsevier Agricultural and Forest Meteorology*, 98, 257 – 277.
- Puslitbang, 1995. *Besarnya Aliran Berdasarkan Metode Hymos Manning $Q = 8,929(H-0,02)^{2,343}$ yang Dibuat Menurut Data Pengukuran Aliran Dari Tahun 1981 Sampai Dengan Tahun 1992*, Puslitbang, Bandung.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Universitas Diponegoro, Semarang.

