

**ANALISIS LIMPASAN LANGSUNG
MENGUNAKAN METODE ITB
(Analysis of Direct Runoff Using ITB Method)¹**

Annisa Ratna Putri², Puji Harsanto³, Jaza'ul Ikhsan⁴

¹Mahasiswa (NIM.20120110294) ²Dosen Pembimbing ³Dosen Pembimbing

ABSTRAK

Hidrograf aliran suatu DAS merupakan bagian penting yang diperlukan dalam berbagai perencanaan dibidang Sumber Daya Air. Jika hujan yang turun setinggi satu satuan dan terdistribusi merata maka hydrograph yang dihasilkan disebut unit hydrograph yang merupakan karakteristik khas suatu DAS. Data curah hujan pada stasiun hujan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) biasanya tersedia dalam rentang waktu yang panjang, sementara itu data pengukuran debit aliran sungai pada stasiun *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* biasanya tidak tersedia atau tersedia lebih sedikit dibandingkan dengan data curah hujan. Salah satu metode dalam mengubah data curah hujan menjadi data debit limpasan langsung adalah metode *ITB*. Penelitian ini melakukan analisis limpasan langsung dengan model komposit metode *ITB* dengan lokasi tinjauan di DAS Borobudur yang merupakan sub-DAS Progo dengan lokasi stasiun *AWLR* di Stasiun *AWLR* Borobudur dan menggunakan data curah hujan pada tanggal 20-26 Januari 2012. Untuk menganalisis hidrograf satuan sintetik dengan metode *ITB* perlu diketahui parameter fisik dan non fisik. Dari karakter DAS dapat diketahui empat parameter penting yaitu waktu puncak (T_p), waktu dasar, debit puncak (Q_p) dan bentuk dari hidrograf itu sendiri. Model hidrologi hasil analisis analisis limpasan langsung dengan menggunakan metode *HSS ITB* dengan parameter asli tidak dapat diaplikasikan, oleh karena itu diperlukan proses kalibrasi terhadap parameter-parameternya untuk mendapatkan hasil yang mendekati dengan limpasan langsung *AWLR*. Pada pengaplikasiannya metode *HSS ITB* di DAS Progo perlu dilakukan proses kalibrasi pada parameter β dengan nilai 0,2 dan parameter C_p dengan nilai 2 agar di dapat hasil bahwa analisis limpasan langsung megggunakan metode *ITB* mendekati dengan limpasan langsung pengamatan *AWLR*.

Kata kunci : Limpasan langsung, metode *ITB*, Model komposit, *HSS ITB*.

A. PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi. Air dalam sungai umumnya terkumpul dari presipitasi, seperti hujan, embun, mata air, limpasan bawah tanah, dan di beberapa negara tertentu air sungai juga berasal dari lelehan es/salju. Selain air, sungai juga mengalirkan sedimen dan polutan. Kemanfaatan terbesar sebuah sungai adalah untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan sebenarnya potensial untuk dijadikan objek wisata sungai. Menurut

Ajward (1996, dalam Smadi 1998) perancangan berbagai macam bangunan air membutuhkan dua parameter dari data hidrograf yaitu debit puncak dan waktu puncak hidrograf. Data curah hujan pada stasiun pengukuran hujan di suatu DAS biasanya tersedia dalam rentang waktu yang cukup panjang, sementara itu data pengukuran debit aliran sungai pada stasiun *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* biasanya tidak tersedia atau tersedia lebih sedikit dibandingkan dengan data curah hujan.

Kurangnya kelengkapan data debit aliran sungai dapat diatasi dengan menerapkan suatu pendekatan model yang tepat dan sesuai dengan kondisi suatu DAS. Ajward (1996, dalam Smadi 1998) mengemukakan bahwa jika data curah hujan lebih lengkap dibandingkan dengan data debit aliran sungai, maka data debit aliran sungai tiruan dapat dihasilkan menggunakan sebuah model hubungan antara curah hujan dengan limpasan langsung dari data curah hujan yang tersedia.

Salah satu metode dalam mengubah data curah hujan menjadi debit limpasan langsung melalui sistem DAS adalah metode HSS ITB (Natakusumah, 2011). Penelitian ini memberikan hasil analisis limpasan langsung pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Borobudur menggunakan metode ITB. Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengkaji model hidrologi ITB dalam memberikan hasil debit limpasan langsung di DAS borobudur jika diterapkan di DAS Borobudur.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam perencanaan di bidang sumber daya air, seringkali diperlukan data debit banjir rencana yang realistis. Banjir rencana dengan periode ulang tertentu dapat dihitung dan data debit banjir atau data hujan. Apabila data debit banjir tersedia cukup panjang (>20 tahun), debit banjir langsung dihitung dengan metode analisis probabilitas. Sedangkan apabila data yang tersedia hanya data hujan dan karakteristik DAS, salah satu metode yang disarankan adalah menghitung debit banjir dari data hujan maksimum harian rencana dengan superposisi hidrograf satuan (Natakusumah, 2011). Namun jika data yang diperlukan untuk menyusun hidrograf satuan terukur tidak tersedia, maka digunakan analisis hidrograf banjir sintesis.

Metode HSS ITB adalah tergolong metode yang baru dikembangkan oleh Institut Teknologi Bandung (Natakusumah dkk, 2009). Metode HSS ITB belum

banyak di diterapkan di Indonesia, sehingga masih perlu di kaji.

C. LANDASAN TEORI

Air hujan yang jatuh pada permukaan tanah yang telah mencapai kondisi kelembaban air tanah jenuh, akan mengalir di permukaan tanah yang selanjutnya menjadi aliran limpasan (*overland flow*) dan menjadi limpasan langsung (*direct runoff*) yang akhirnya mengalir ke sungai. Triatmodjo (2014) mengemukakan bahwa aliran air tanah adalah aliran di bawah permukaan air tanah dan bergerak ke elevasi yang lebih rendah dan akhirnya menuju ke sungai. Pengukuran data hujan di stasiun pengamatan hujan merupakan data hujan yang terjadi hanya pada satu tempat saja (satu titik), maka diperlukan transformasi dari curah hujan titik menjadi curah hujan kawasan DAS.

Metode yang sering digunakan dalam transformasi curah hujan titik menjadi curah hujan kawasan adalah *Thiessen Polygon Method*. *Thiessen Polygon Method* memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu, dan luas tersebut merupakan faktor koreksi (*weighing factor*) bagi hujan di stasiun yang bersangkutan (Harto, 1993). Persamaan *Thiessen Polygon* adalah sebagai berikut :

$$\bar{P} = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

dengan :

\bar{P} = Hujan kawasan (mm)

P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas area yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n (m²)

(Sumber : Triatmodjo, 2014)

Bentuk hidrograf satuan sintesis dapat dinyatakan dengan berbagai persamaan-persamaan bentuk dasar HSS. Pada HSS ITB memiliki persamaan lengkung naik dan

lengkung turun yang dinyatakan dalam dua persamaan yaitu :

1. Lengkung Naik

$$q(t) = t^{\alpha} \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (2)$$

2. Lengkung Turun

$$q(t) = \exp(1 - t^{\beta \times C_p}) \quad (t > 1s/d\infty) \quad (3)$$

dengan :

$t = (T/T_p)$ adalah waktu yang telah dinormalkan (detik)

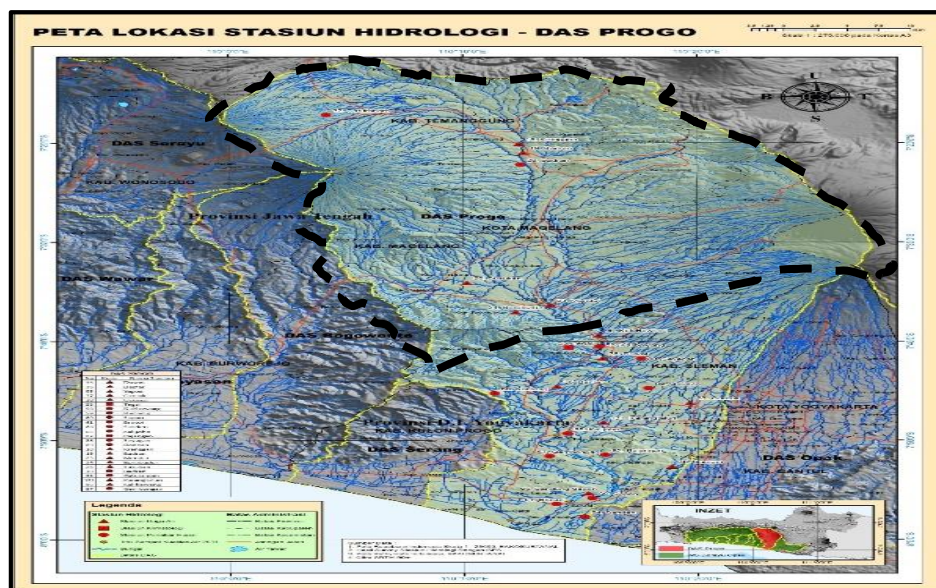
$q = (Q/Q_p)$ adalah debit yang telah dinormalkan (m^3)

(Sumber : Natakusumah dkk, 2011)

D. METODE PENELITIAN

1. Pengumpulan Data Debit dan Data Hujan

Pada penelitian kali ini mengambil studi kasus di DAS Progo hulu dengan lokasi AWLR adalah di Stasiun AWLR Borobudur. Berdasarkan Peta Rupa Bumi Indonesia dari Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional tahun 1999/2000, wilayah DAS Progo terletak $109^{\circ} 59' BT - 110^{\circ} 291' BT$ dan $07^{\circ} 12' LS - 08^{\circ} 04' LS$. Ruas sungai yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah ruas Sungai Progo sepanjang ± 68 km dari hulu dengan hilir sungai berada di daerah Stasiun AWLR Borobudur. Peta penelitian DAS Borobudur ditunjukkan pada Gambar 1.

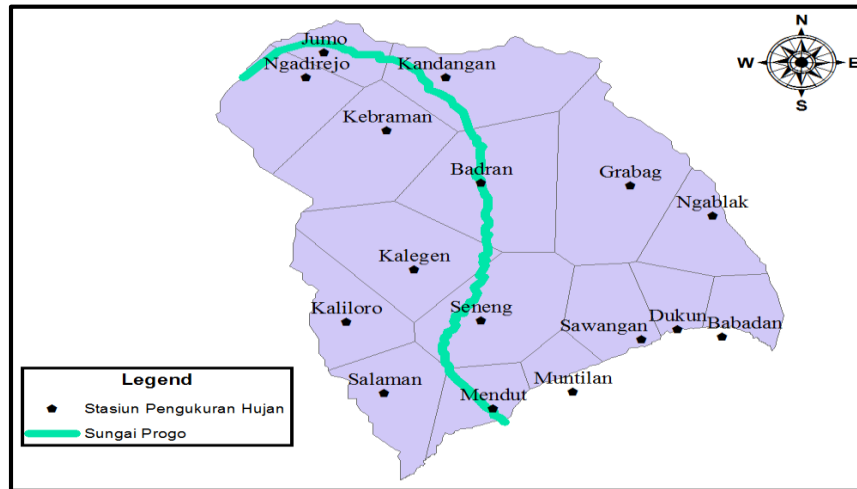


Gambar 1 Peta lokasi penelitian di DAS Progo hulu (Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Balai Besar Wilayah Sungai (KPU-BBWS) Serayu-Opak)

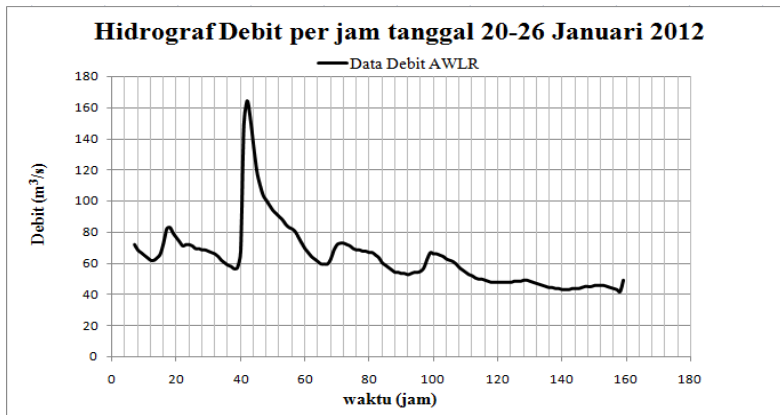
Pada penelitian ini data pengukuran debit diambil pada stasiun AWLR Borobudur yang diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum Balai Besar Wilayah Sungai (KPU-BBWS) Serayu-Opak. Data curah hujan yang dipakai diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum-Balai Besar Wilayah Sungai (KPU-BBWS) Serayu-Opak. Gambar 2 menunjukkan peta sebaran lokasi stasiun pengukuran hujan di lokasi penelitian yang berpengaruh di DAS Borobudur dan memiliki

kelengkapan data curah hujan di DAS Borobudur pada bulan Januari 2012.

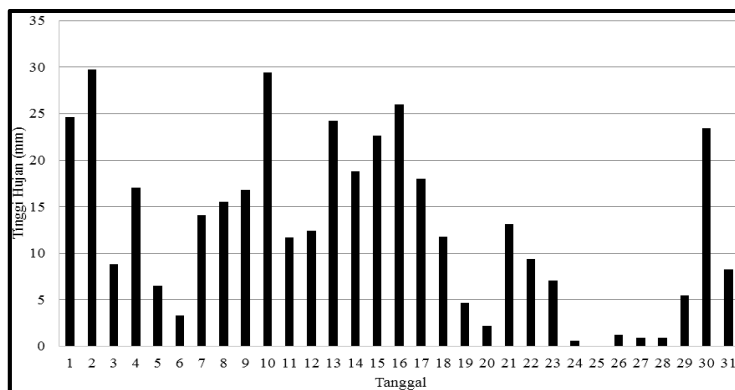
Lokasi Stasiun AWLR Borobudur ini sebagai ujung hilir DAS Progo hulu atau *outlet* di DAS Progo hulu. Data debit aliran sungai yang digunakan adalah data debit aliran sungai jam-jaman yang tercatat pada tanggal 20-26 Januari 2012 di stasiun AWLR Borobudur. Hidrograf debit aliran sungai jam-jaman di Stasiun AWLR Borobudur pada tanggal 20-26 Januari 2012 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2 Peta sebaran lokasi stasiun pengukuran hujan di lokasi penelitian yang berpengaruh di DAS Progo hulu



Gambar 3 Hidrograf debit aliran sungai jam-jaman di Stasiun AWLR Borobudur pada tanggal 20-26 Januari 2012 (Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak)



Gambar 4 Grafik kedalaman hujan kawasan di DAS Progo hulu pada bulan Januari tahun 2012

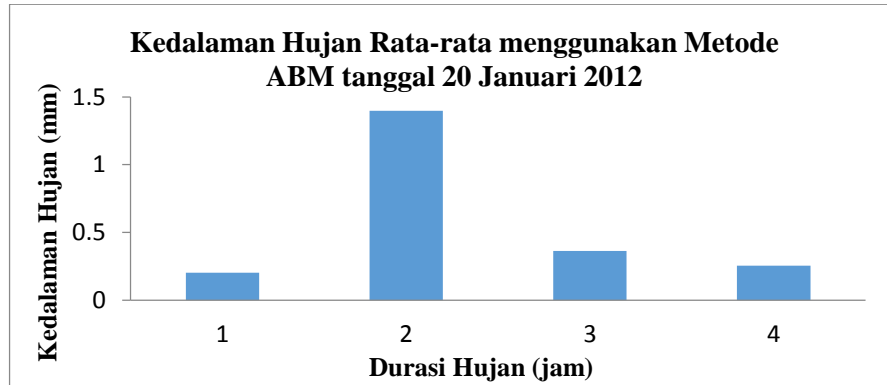
2. Hujan Kawasan DAS Progo hulu

Analisis hidrologi pada penelitian ini mengubah hujan titik menjadi hujan kawasan menggunakan *Thiessen*

Polygon Method. Grafik kedalaman hujan kawasan di DAS Borobudur pada bulan Januari tahun 2012 ditunjukkan pada Gambar 4.

- 3. ABM (Alternating Block Method)**
Alternating Block Method (ABM) adalah cara sederhana untuk membuat hyetograph rencana dari kurve IDF (Chow et. Al., 1988).

Berikut adalah contoh grafik metode ABM selama durasi waktu 24 jam di DAS Borobudur ditunjukkan pada Gambar 5.

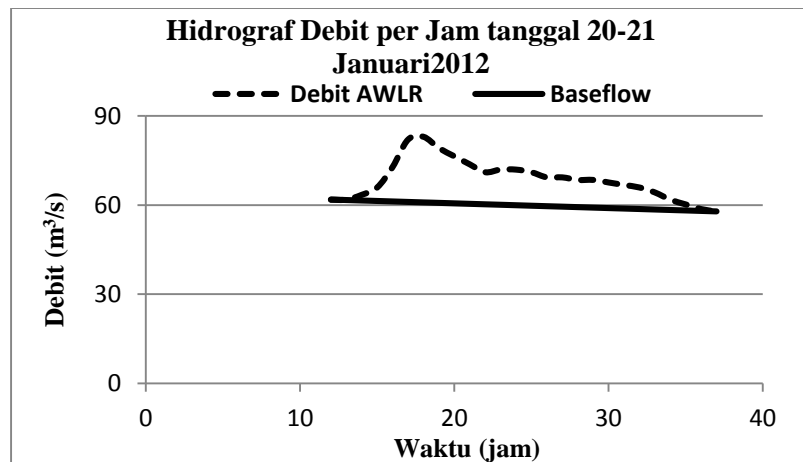


Gambar 5 kedalaman hujan rata-rata menggunakan metode ABM tanggal 20 Januari 2012

4. Aliran Dasar Sungai

Proses pemisahan hidrograf debit aliran dasar dari hidrograf debit aliran sungai jam-jaman pengukuran AWLR menggunakan pendekatan grafik (*graphical approach*) yakni membuat garis pemisah dengan titik awal dari garis pemisah merupakan titik debit

terendah pada awal grafik debit mulai meningkat, sedangkan titik akhir dari garis pemisah merupakan titik dimana grafik sisi turun mulai berubah atau berbelok. Hidrograf debit aliran dasar (*baseflow*) jam-jaman pada tanggal 20-21 Januari 2012 ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Hidrograf debit aliran dasar (*baseflow*) jam-jaman pada tanggal 20-21 Januari 2012

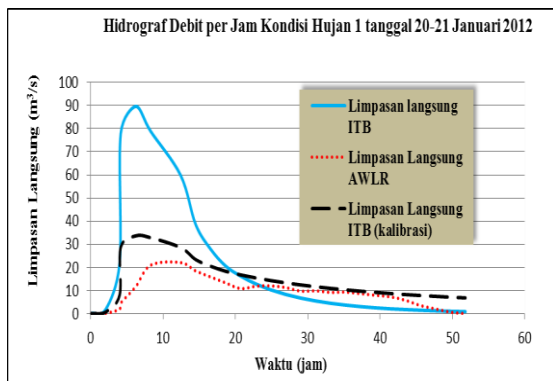
E. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini merupakan simulasi limpasan langsung menggunakan metode ITB di DAS Progo hulu. Simulasi dalam penelitian ini juga

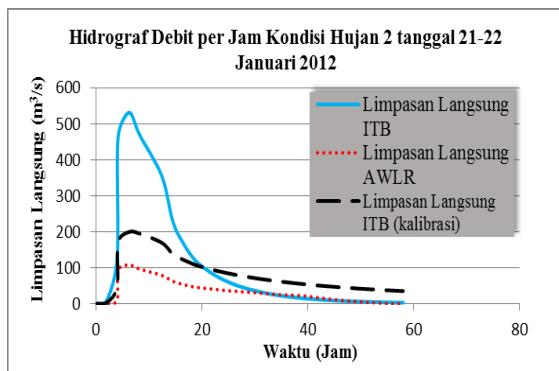
melakukan proses korelasi pada nilai koefisien debit puncak (C_p) dan korelasi nilai koefisien β terhadap penyimpangan antara hidrograf limpasan langsung metode

ITB dengan hidrograf limpasan langsung pengamatan AWLR.

Debit puncak limpasan langsung menggunakan metode ITB yang diperoleh dari simulasi adalah sebesar 199,210 m³/s dengan nilai T_p rerata adalah 5 jam, sedangkan debit puncak limpasan langsung hasil pengamatan AWLR adalah sebesar 107,460 m³/s dengan nilai T_p adalah 5 jam. Contoh hidrograf limpasan langsung analisis metode ITB dan hidrograf limpasan langsung pengamatan AWLR ditunjukkan pada Gambar 7.



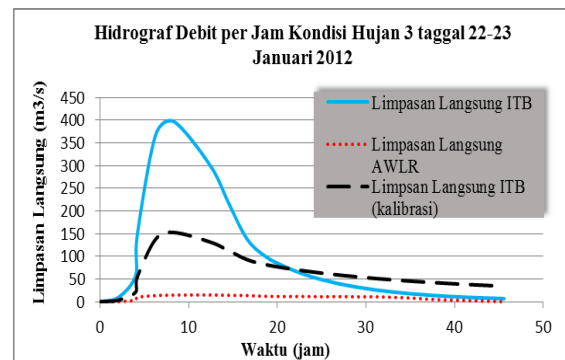
Gambar 8 perbandingan antara HSS ITB, AWLR dan HSS ITB (kalibrasi)



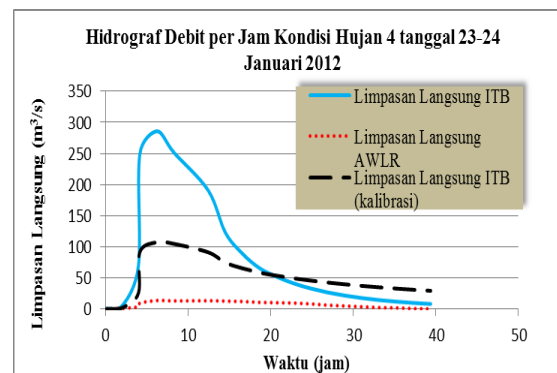
Gambar 9 perbandingan antara HSS ITB, AWLR dan HSS ITB (kalibrasi)

Kedekatan hasil simulasi limpasan langsung metode ITB dan limpasan langsung pengamatan AWLR dapat dilihat dari *ploting data* hasil simulasi limpasan langsung metode ITB dan limpasan langsung pengamatan AWLR seperti contoh yang ditunjukkan pada Gambar 10. Dilihat dari grafik *coefficient of determination* (R^2) dimana *plot data* antara data

Pada hidrograf limpasan langsung menggunakan metode ITB menunjukkan penyimpangan yang besar, terutama pada nilai debit puncak. Oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi pada nilai β dan nilai C_p . Proses kalibrasi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil hidrograf analisis yang mendekati dengan hidrograf pengamatan AWLR. Contoh hasil perbandingan hidrograf limpasan langsung metode ITB kalibrasi dan hidrograf limpasan langsung pengamatan AWLR ditunjukkan pada Gambar 8.



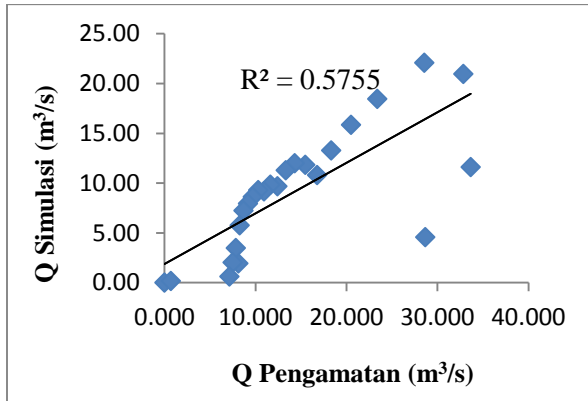
Gambar 10 perbandingan antara HSS ITB, AWLR dan HSS ITB (kalibrasi)



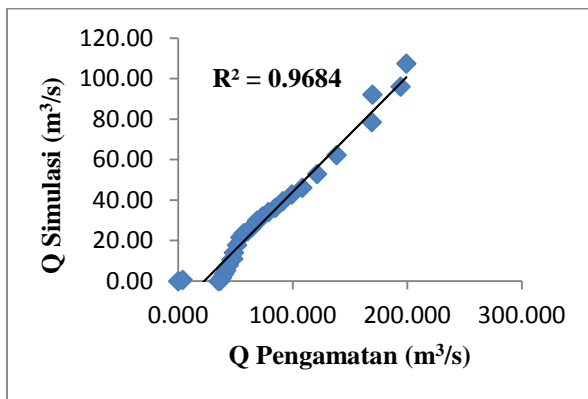
Gambar 11 perbandingan antara HSS ITB, AWLR dan HSS ITB (kalibrasi)

debit limpasan langsung metode ITB dan debit limpasan langsung pengamatan AWLR sebagian besar mendekati garis *linier trendline*. Hasil simulasi menghasilkan nilai R^2 yang mendekati angka 1 seperti yang terlihat pada Tabel 1. Hasil simulasi menghasilkan nilai R^2 tidak mendekati angka 1. Hasil dari nilai *coefficient of determination* (R^2) menunjukkan bahwa model

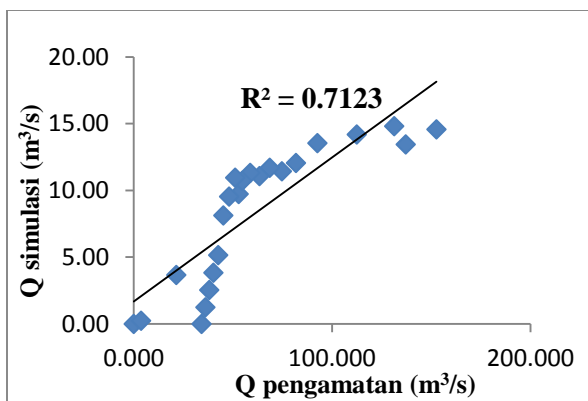
hidrologi metode *ITB* menghasilkan data keluaran yang tidak mendekati data pengamatan *AWLR* dan tidak dapat diterapkan di DAS Progo hulu.



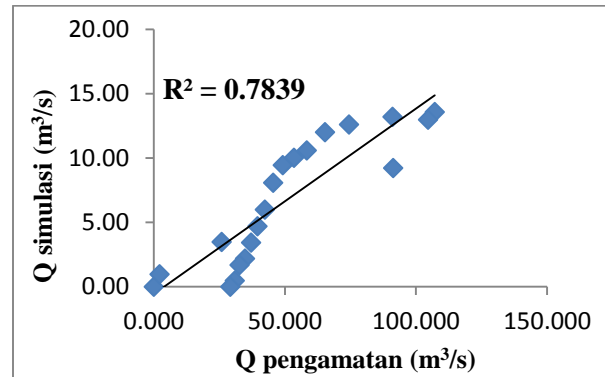
Gambar 12 *Coefficient of determination* simulasi dan pengamatan *AWLR* pada kondisi hujan 1.



Gambar 13 *Coefficient of determination* simulasi dan pengamatan *AWLR* pada kondisi hujan 2.



Gambar 14 *Coefficient of determination* simulasi dan pengamatan *AWLR* pada kondisi hujan 3.



Gambar 15 *Coefficient of determination* simulasi dan pengamatan *AWLR* pada kondisi hujan 4.

F. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang analisis limpasan langsung dengan model komposit menggunakan metode *ITB* di Daerah Aliran Sungai (DAS) Progo bagian hulu, dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Model hidrologi hasil analisis analisis limpasan langsung dengan menggunakan metode HSS *ITB* dengan parameter asli tidak dapat diaplikasikan, oleh karena itu diperlukan proses kalibrasi terhadap parameter-parameternya untuk mendapatkan hasil yang mendekati dengan limpasan langsung *AWLR*. Dan asumsi bahwa tanah dalam kondisi jenuh air belum tentu benar, karena pada kenyataannya banyak air hujan yang meresap ke tanah.
2. Pada pengaplikasiannya metode HSS *ITB* di DAS Progo perlu dilakukan proses kalibrasi pada parameter β dengan nilai 0,2 dan parameter C_p dengan nilai 2 agar di dapat hasil bahwa analisis limpasan langsung menggunakan metode *ITB* mendekati dengan limpasan langsung pengamatan *AWLR*.

G. SARAN

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini merupakan analisis limpasan langsung dengan data curah hujan pada

tanggal 20-26 Januari 2012 di DAS Progo hulu, maka perlu dilakukan kajian lanjut menggunakan data curah hujan harian lainnya pada bulan Januari 2012.

2. Pada penelitian ini hanya menggunakan metode ITB-2 sehingga perlu dilakukan simulasi perbandingan menggunakan metode ITB-1 dengan ITB-2.
3. Perlu menggunakan model distribusi dalam analisis limpasan langsung agar hasil model yang diperoleh lebih akurat.
4. Disarankan perlu untuk dilakukan lagi penelitian pada lokasi lain yang mempunyai variasi luasan DAS yang berbeda-beda dengan menggunakan metode HSS ITB.

H. DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, Barep. (2015). Analisis Limpasan Langsung Menggunakan Metode NRCS-CN. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Asdak, C. (2014). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Furey, P.R., dan Gupta, V.K. (2001). *A Physically Based Filter For Separating Baseflow From Streamflow Time Series. Water Resources Research*. Vol 37 (11) : 2709–2722. U.S.A. : University of Colorado
- Harsanto, P. (2007). Analisis Limpasan Langsung Dengan Model Distribusi Dan Komposit. *Tesis*. Magister Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Harsanto, P., Ikhsan, J., Pujiyanto, A., Hartono, E., Fitriadin, AA., Kuncoro, AHBK. (2015). Karakteristik Bencana Sedimen Pada Sungai Vulkanik. Seminar Nasional Teknik Sipil V Universitas Muhammadiyah Solo.
- Harto, Br.S. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- Ikhsan, J., Fujiata, M., Takebayashi. H., (2010), Sediment Disaster and Resource Management in the Mount Merapi Area, Indonesia. *International Journal of Erosion Control Engineering*, Vol.3, No.1, 2010
- Natakusumah, D.K., Hatmoko, W., Harlan, D., (2010), Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) untuk Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana. Studi Kasus Pengembangan HSS ITB-1 dan HSS ITB-2. Bandung: *Seminar Nasional Teknik Sumber Daya Air, 10 November*
- Natakusumah, D.K., Hatmoko, W., Harlan, D., 2010, Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) untuk Perhitungan Banjir Rencana, Studi Kasus Penerapan HSS ITB-1 dan HSS ITB-2 dalam Penentuan Debit Banjir untuk Perencanaan Pelimpah Bendung Besar.
- Smadi, M. (1998). Incorporating Spatial and Temporal Variation of Watershed Response in a Gis-Based Hydrologic Model. *Tesis*. Master of Science In Biological Systems Engineering Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA
- Soemarto, C.D., 1995, *Hidrologi Teknik*, Jakarta: Erlangga
- Sorrel, R.C. (2003). *Computing Flood Discharges For Small Ungaged Watersheds*. Michigan : Michigan Department of Environmental Quality Geological and Land Management Division
- Triatmodjo, B. (2014). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset
- U.S. ARMY Corps of Engineers. (2000). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual*. U.S.A.