

**ANALISIS LIMPASAN LANGSUNG  
MENGUNAKAN METODE NAKAYASU  
STUDI KASUS SUB DAS PROGO HULU**

*(Direct Runoff Analysis Using Nakayasu Method Case Study Sub DAS Progo Hulu)*

Agreista Vidyna Qoriaulfa<sup>1</sup>, Puji Harsanto<sup>2</sup>, Jaza'ul Ikhsan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa (NIM 20120110027) <sup>2</sup>Dosen Pembimbing I <sup>3</sup>Dosen Pembimbing II

**ABSTRAK**

Keberadaan Sungai Progo menjadi salah satu sumber kehidupan bagi masyarakat DIY yang berada di sekitar sungai progo. Masyarakat banyak memanfaatkan sungai progo sebagai mata pencaharian dan kebutuhan sehari-hari diantaranya untuk irigasi, pertambangan pasir, air minum, mencuci, dan sebagainya. Oleh sebab itu pengamatan debit sangat perlu diperhatikan. Data curah hujan dan data debit adalah data yang diperlukan dalam analisis hidrologi. Permasalahan yang sering terjadi di lapangan adalah mengenai ketersediaan data debit aliran sungai yang dibutuhkan dalam jangka waktu tertentu, sehingga menjadi masalah yang sering ditemui dalam analisis hidrologi. Sedikit/terbatasnya data debit aliran sungai dapat diatasi dengan menerapkan suatu pendekatan model yang tepat dan sesuai dengan kondisi DAS untuk memperkirakan debit aliran sungai yang tersedia. Salah satu metode pengalihragaman data curah hujan menjadi data debit limpasan langsung melalui sistem DAS adalah dengan menggunakan metode Nakayasu. Penelitian ini adalah dengan melakukan analisis limpasan langsung metode Nakayasu dengan lokasi tinjauan di DAS Borobudur yang merupakan sub DAS Progo dengan lokasi stasiun AWLR Borobudur dan menggunakan data curah hujan pada tanggal 20 Januari 2012 s/d 24 Januari 2012. Hal yang perlu diamati dalam penerapan hidrograf satuan sintetik Nakayasu di Sub DAS Progo hulu adalah dengan menyesuaikan parameter-parameter dari persamaan yang perlu dilakukan sehingga model observasi yang diinginkan menghasilkan perkiraan yang mendekati hidrograf satuan pengamatan. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan parameter-parameter model hidrologi metode Nakayasu jika diterapkan di Sub DAS Progo bagian Hulu. Modifikasi persamaan Nakayasu harus mendekati hidrograf satuan observasi yaitu dengan melihat koefisien korelasi dan koefisien penentu ( $R^2$ ). Modifikasi yang dilakukan adalah modifikasi pada persamaan  $tg$  dan modifikasi pada persamaan  $Q_a$ ,  $Q_{d1}$ ,  $Q_{d2}$ ,  $Q_{d3}$ .

**Kata Kunci :** Limpasan langsung, metode Nakayasu, hidrograf satuan sintetik, karakteristik sungai

**A. PENDAHULUAN**

Sungai Progo adalah sungai terpanjang di DIY, sungai ini menjadi batas alami tiga kabupaten di DIY diantaranya kabupaten Bantul, Sleman, dan Kulon Progo. Sungai ini berhulu di Gunung Sindoro dan bagian hilir mengalir melintasi perbukitan rendah Monoreh dan bermuara di Samudera Indonesia di Pantai Selatan Pulau Jawa.

Keberadaan Sungai Progo menjadi salah satu sumber kehidupan bagi masyarakat DIY. Masyarakat di daerah sekitar sungai progo memanfaatkan sumber daya alam ini sebagai mata pencaharian diantaranya untuk irigasi dan pertambangan pasir. Selain sebagai mata pencaharian dimanfaatkan juga sebagai kebutuhan

air untuk keperluan rumah tangga seperti memasak, mencuci baju, air minum dan lain sebagainya. Mengingat pentingnya sungai bagi kehidupan masyarakat DIY maka pengamatan debit menjadi lebih penting untuk menentukan agar fungsi dari aliran sungai dapat berjalan baik dan dapat menguntungkan bagi manusia dan ekosistem. Permasalahan mengenai ketersediaan data debit aliran sungai yang dibutuhkan dalam jangka waktu tertentu merupakan masalah yang sering ditemui dalam analisis hidrologi. Sedikit/terbatasnya data debit aliran sungai dapat diatasi dengan menerapkan suatu pendekatan model yang tepat.

Data curah hujan pada stasiun pengukuran hujan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS)

biasanya tersedia dalam rentang waktu yang cukup panjang dibandingkan pengukuran debit aliran sungai pada stasiun *Automatic Water Level Recorde (AWLR)* yang ketersediaan datanya lebih sedikit. Permasalahan yang ada dilapangan yaitu ketersediaan data hidrologi yang tidak tersedia atau sulit untuk didapatkan dalam analisis hidrologi. Pengumpulan data diperoleh dari instansi terkait yaitu BBWS (Balai Besar Wilayah Sungai) Serayu Opak, untuk mengatasi ketidaklengkapan data debit aliran sungai tersebut perlu pendekatan model yang tepat dan sesuai dengan kondisi suatu DAS untuk memperkirakan debit aliran sungai yang tidak tersedia

Salah satu metode dalam pengalihragaman data curah hujan menjadi data debit limpasan langsung melalui sistem DAS adalah metode *Nakayasu*. HSS Nakayasu dikembangkan berdasar beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Kajian HSS Nakayasu sudah ada yang menerapkan di Indonesia. Misalnya di Palu Sulawesi Tengah (Sutapa, 2005), di Banten (Sihotang dkk, 2011), di Bogor (Agus, 2007) dan di Riau (Hasibuan, 2012). Hasil yang diperoleh dari penelitian yang pernah dilakukan umumnya nilai debit puncak dari metode Nakayasu cenderung lebih besar dari debit pengamatan. Pada penelitian ini mencoba menerapkan metode Nakayasu di Sub DAS Progo bagian hulu pada stasiun AWLR Borobudur.

## **B. TINJAUAN PUSTAKA**

Model hidrologi mempunyai pengertian bermacam-macam, dalam (Harto, 1993), (Clarke, 1973) menyebutkan bahwa model sebagai simplifikasi dari satu sistem yang kompleks, baik berupa fisik, analog atau matematik. (Ponce, 1989) menyatakan bahwa model hidrologi adalah satu set pernyataan-pernyataan matematika yang menyatakan hubungan antara fase-fase dari siklus hidrologi dengan tujuan mensimulasikan transformasi hujan menjadi limpasan. Limpasan terjadi karena adanya hujan yang tidak dapat tertampung oleh kapasitas infiltrasi. Limpasan sebagai alihragam hujan yang dipengaruhi oleh beberapa hal. (Asdak, 2002) menyebutkan terdapat dua faktor yang mempengaruhi limpasan yakni faktor iklim dan faktor DAS. Limpasan akan

terbentuk apabila hujan yang jatuh disuatu DAS melebihi kapasitas infiltrasi. Pembentukan limpasan diawali dengan jatuhnya hujan ke bumi kemudian sebagian akan tertampung pada cekungan-cekungan yang ada di permukaan tanah serta meresap ke dalam tanah, Air hujan yang tidak dapat tertampung akan mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah.

Hidrograf satuan pertama kali dikemukakan oleh Sherman pada tahun 1932 dengan konsep transformasi hujan menjadi debit aliran. Menurutnya hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung. Pada daerah yang tidak tersedia data hidrologi yang lengkap untuk menurunkan menjadi hidrograf satuan maka digunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) yang didasarkan pada karakteristik fisik dan DAS. Ada berbagai jenis hidrograf satuan sintetik yang digunakan di Indonesia diantaranya HSS Snyder DAS di Jawa Timur (Siswoyo, 2011), HSS GAMA I pada DAS Blawi Kabupaten Lamongan (Lubis, 2013), HSS Nakayasu di DAS Kodina (Sutapa, 2005), ITB1 dan ITB2 di DAS Cipunagara (Natakusumah, 2011), SCS di DAS Progo hulu (Alamsyah, 2015). Berbagai jenis HSS ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing berdasarkan karakteristik DAS tersebut. Pada penelitian ini mencoba menggunakan metode Nakayasu di Sub DAS Progo hulu.

## **NAKAYASU**

Pertengahan 1940, Dr Nakayasu dari Jepang mendapatkan unit hidrograf sintetik berdasarkan riset sungai sungai yang ada di Jepang. Hidrograf satuan Nakayasu merupakan suatu cara untuk mendapatkan hidrograf banjir rancangan dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) (Safarani dkk, 2011), serta salah satu metode dalam pengalihragaman data curah hujan menjadi data debit limpasan langsung melalui sistem DAS.

Kajian HSS Nakayasu sudah banyak yang menerapkan di Indonesia, dan menunjukkan hasil yang berbeda-beda diantaranya yaitu hasil pengujian di sungai Kodina Sulawesi Tengah HSS Nakayasu kurang tepat digunakan untuk menghitung debit banjir rancangan untuk itu perlu dilakukan modifikasi terhadap parameter parameternya, (Sutapa, 2005). Metode HSS lebih

tepat digunakan untuk perencanaan bangunan air karena diagram HSS Nakayasu memberikan gambaran mengenai debit ketika awal hujan, saat banjir dan berakhirnya banjir, (Sihotang Dkk, 2011).

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis metode Nakayasu jika digunakan di wilayah tropis seperti Indonesia khususnya di daerah Sub DAS Progo hulu. Penerapan hidrogarf satuan sintetik Nakayasu dengan menyesuaikan parameter-parameter dari persamaan yang perlu dilakukan sehingga model observasi yang diinginkan meghasilkan perkiraan yang mendekati hasil pengamatan.

### C. LANDASAN TEORI

Hujan adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang berasal dari uap air yang mngalami kondensasi di atmosfer (Triatmodjo, 2013). Jumlah air yang jatuh di permukaan bumi dapat diukur dengan menggunakan alat penakar hujan. Pencatatan hujan biasanya dalam bentuk data hujan harian atau jam-jaman. Data curah hujan yang tersedia pada umumnya merupakan data pengukuran kumulatif harian.data tersebut merupakan total hujan yang terjadi selama satu hari dan tidak ada distribusi waktu dalam jam-jaman, sehingga intensitas hujan diabaikan.

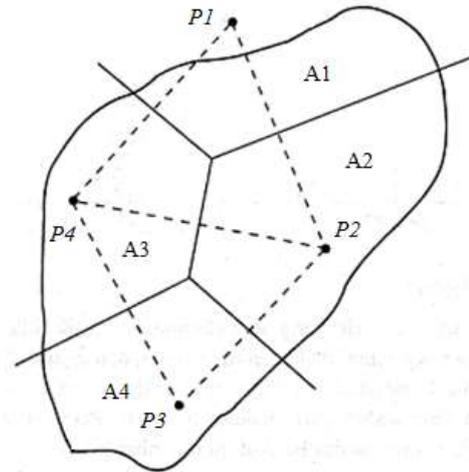
Data hujan yang diperoleh dari alat penakaran hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi, untuk kawasan yang luas satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di sekitar kawasan tersebut (Suripin, 2004).

Metode *Polygon Theissen* memper-hitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan hujan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat mewakili luasan tersebut (Triatmodjo, 2013). Perhitungan hujan kawasan adalah sebagai berikut :

$$\bar{p} = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

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 ( m<sup>2</sup> )



Gambar 1. *Polygon Theissen*

### HSS NAKAYASU

Metode pengalihragaman data curah hujan menjadi debit limpasan langsung dari suatu DAS adalah dengan menggunakan metode Nakayasu. Metode yang berasal dari Jepang dan telah banyak digunakan di Indonesia. Bentuk HSS Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 2 dan persamaan berikut ini.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left[ \frac{A \cdot R_e}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right] \quad (2)$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \quad (3)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \quad (4)$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km} \quad (5)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g \quad (6)$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (7)$$

dengan :

$Q_p$  : Debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/detik)

$A$  : Luas DAS (km<sup>2</sup>)

$R_e$  : Curah hujan efektif ( 1mm)

$T_p$  : waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (Jam)

$T_{0,3}$  : waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (Jam)

$t_g$  : waktu konsentrasi (Jam)

$T_r$  : Satuan waktu dari curah hujan

(Jam)

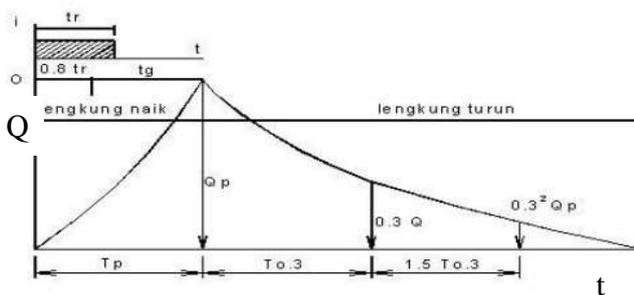
 $\alpha$  : Koefisien karakteristik DAS

L : Panjang sungai utama

(Sumber : Triatmojo,2013)

Koefisien karakteristik DAS ( $\alpha$ ) mempunyai kriteria sebagai berikut :

- Daerah pengaliran biasa  $\alpha = 2$
- Bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat  $\alpha = 1,5$
- Bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat  $\alpha = 3$



Gambar 2. Hidrograf satuan sintetik Nakayasu

Persamaan kurva hidrograf satuan sintetik Nakayasu adalah :

- Kurva bagian lengkung naik untuk ( $0 < t < T_p$ )

$$Q_a = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (8)$$

- Kurva bagian lengkung turun :

- Untuk ( $T_p < t < T_p + T_{0,3}$ )

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}} \quad (9)$$

- Untuk ( $T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ )

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p)+(0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}} \quad (10)$$

- Untuk ( $t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ )

$$Q_{d3} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p)+(1,5T_{0,3})}{2T_{0,3}}} \quad (11)$$

### Uji Korelasi Model

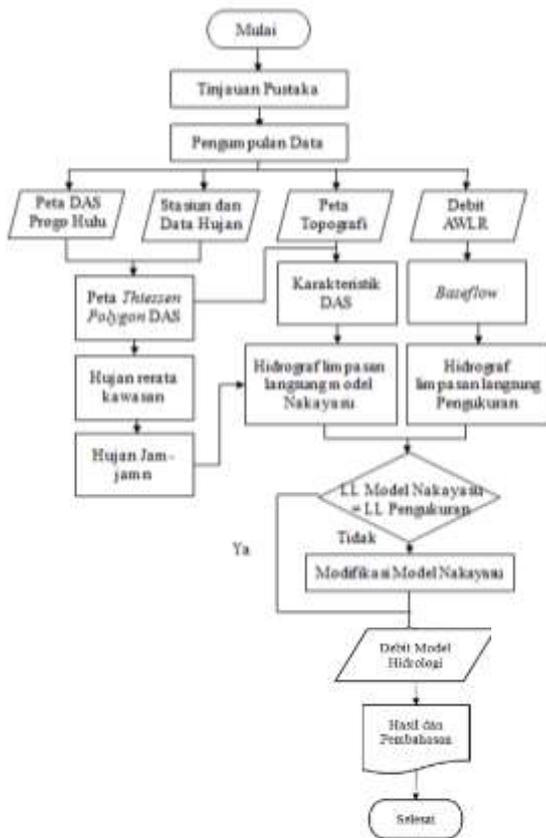
Korelasi merupakan teknik analisis untuk mencari hubungan antara dua variabel yang

mempunyai tujuan untuk menentukan seberapa erat hubungan antara dua variabel tersebut. Uji korelasi ini dilakukan dengan metode analisis regresi. Untuk mencari nilai korelasi dapat dilakukan dengan menggunakan *Analysis Toolpak* pada *Software Microsoft Excel* dengan cara memilih *correlation* pada *Analysis Tool* kemudian input data dengan dua variabel yang akan diuji korelasi.

Faktor kesesuaian antara hasil simulasi dengan kejadian yang sebenarnya dinyatakan dengan indek kesesuaian (*goodness of fit*) (Harsanto, 2007). Penelitian ini menggunakan koefisien penentu ( $R^2$ ). Koefisien penentu atau dalam statistik biasa disebut *coefficient of determination* adalah indek yang menyatakan seberapa dekat garis hasil regresi linier dengan data masukan (Harsanto, 2007). Proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan *Software Microsoft Excel*. Proses perhitungan koefisien penentu dengan membuat grafik titik pada halaman kerja *Microsoft Excel*. Dapat juga dilakukan menggunakan *Data Analysis* dengan memilih *regression* pada *Analysis Tools*. Dengan menggunakan data masukan yaitu data debit limpasan langsung pengamatan sebagai data koordinat x dan data limpasan langsung hitungan/model sebagai data koordinat y. Hasil dari debit limpasan langsung hitungan/model dinyatakan mendekati dengan hasil debit limpasan langsung pengamatan apabila nilai  $R^2$  mendekati 1.

### D. METODE PENELITIAN

Analisis yang dilakukan dengan penelitian ini adalah analisis limpasan langsung menggunakan metode Nakayasu dalam studi kasus sub DAS Progo hulu



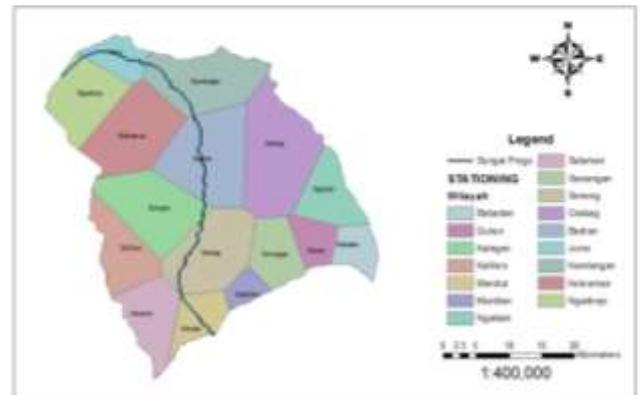
Gambar 3. Bagan alir penelitian analisis limpasan langsung

### Pengumpulan Data Debit dan Curah Hujan

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang dikumpulkan dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Serayu Opak Yogyakarta yaitu:

- a. Peta Topografi
- b. Data Curah Hujan
- c. Data pengukuran tinggi muka air otomatis (AWLR)
- d. Data debit pengukuran AWLR

Penelitian ini meninjau lokasi DAS Borobudur yang merupakan Sub DAS Progo bagian hulu dengan lokasi stasiun *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* di stasiun AWLR Borobudur. Ruas sungai Progo yang dijadikan sebagai objek penelitian sepanjang  $\pm 68$  km dari hulu dengan hilir sungai berada di daerah Stasiun AWLR Borobudur. Peta lokasi DAS Borobudur dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar



Gambar 4. Peta lokasi penelitian

## E. HASIL DAN PEMBAHASAN

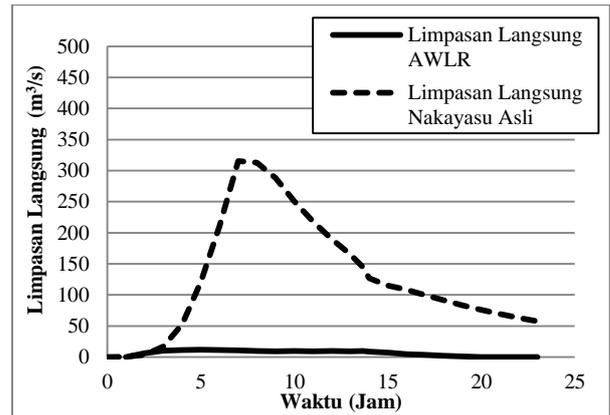
### 1. Model Nakayasu Asli

Tabel 1 Persamaan Model Nakayasu Asli

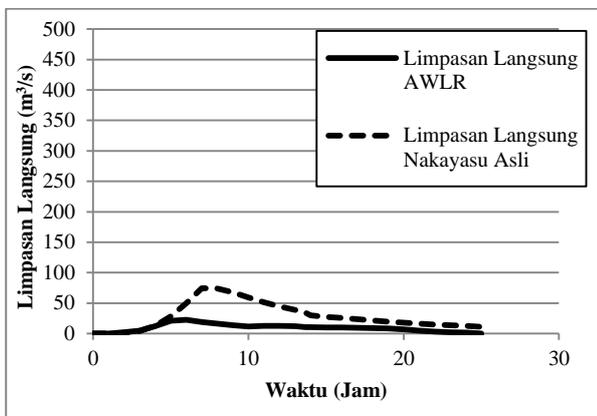
No.	Persamaan Model Nakayasu Asli	Keterangan
1.	$T_p = 5$	Menggunakan $T_p$ hitungan hasil rata-rata selama bulan Januari 2012
2.	$\alpha = 2$	Pengaliran biasa
3.	$t_g = 0,4 + 0.058 L$ $L > 15$ km	Panjang sungai 68 km
4.	$Q_a = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$	Lengkung naik
5.	$Q_{d1} = Q_p \times \frac{t - T_p}{0,3 T_{0,3}}$	Lengkung turun 1
6.	$Q_{d2} = Q_p \times \frac{(t - T_p) + (0,5 T_{0,3})}{0,3^{1,5 T_{0,3}}}$	Lengkung turun 2
7.	$Q_{d3} = Q_p \times \frac{(t - T_p) + (1,5 T_{0,3})}{0,3^{2 T_{0,3}}}$	Lengkung turun 3

Tabel 2. Perbedaan Q puncak pada model Nakayasu asli dan limpasan langsung AWLR

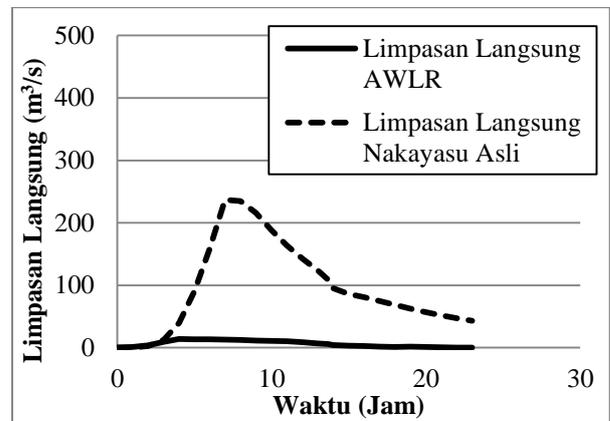
Kondisi	Model Nakayasu Asli (m <sup>3</sup> /s)	Limpasan langsung AWLR (m <sup>3</sup> /s)
1	74.284	22.395
2	439.82	107.44
3	315.614	11.908
4	236.724	13.835



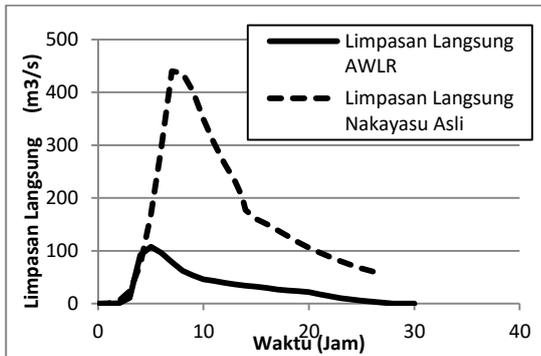
Gambar 7. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 2)



Gambar 5. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 1)



Gambar 8. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 4)



Gambar 6. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 2)

## 2. Model Nakayasu modifikasi 1

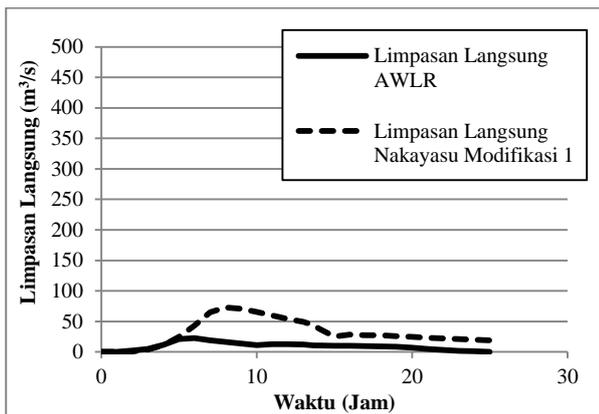
Tabel 3. Persamaan model Nakayasu modifikasi 1

No.	Persamaan Model Nakayasu Modifikasi 1	Keterangan
1.	$t_g = 0,4 + 0.119 L$ , $L > 15 \text{ km}$	Panjang sungai 68 km
2.	$Q_a = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2.311}$	Lengkung naik
3.	$Q_{d1} = Q_p \times \frac{t - 1.341 T_p}{0,3^{0.746 T_{0,3}}}$	Lengkung turun 1
4.	$Q_{d2} = Q_p \times$	Lengkung turun 2

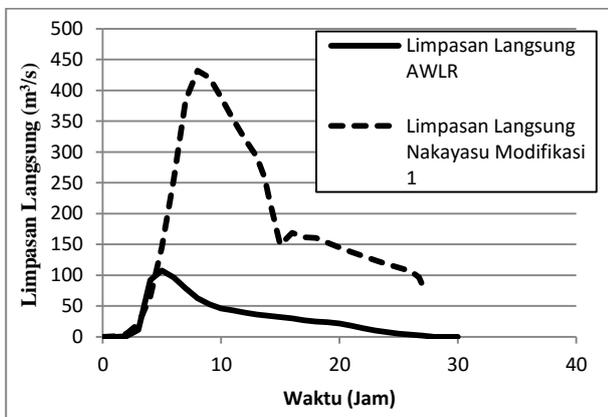
	$0,3 \frac{(t-T_p)+(0.5T_{0,3})}{1.381T_{0,3}}$	
5.	$Q_{d3} = Q_p \times 0,3 \frac{(t-T_p)+(1.5T_{0,3})}{0.417T_{0,3}}$	Lengkung turun 3

Tabel 4. Perbedaan Q puncak pada model Nakayasu modifikasi 1 dan limpasan langsung AWLR

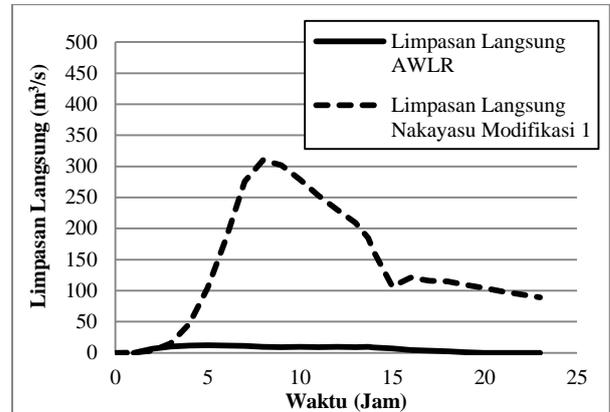
Kondisi	Model Nakayasu modifikasi 1 (m <sup>3</sup> /s)	Limpasan langsung AWLR (m <sup>3</sup> /s)
1	72.993	22.395
2	432.169	107.444
3	310.126	11.908
4	232.608	13.835



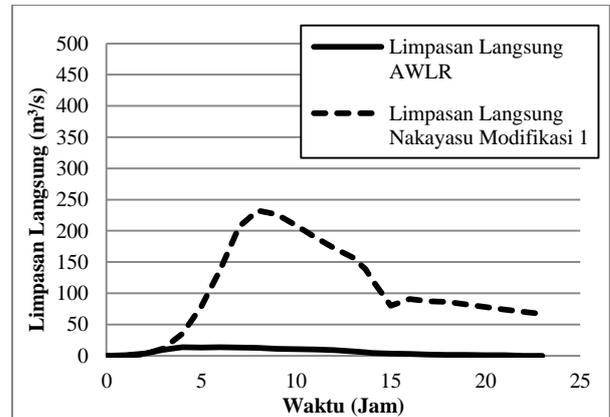
Gambar 9. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 1)



Gambar 10. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 2)



Gambar 11. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 3)



Gambar 12. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 4)

### 3. Model Nakayasu modifikasi 2

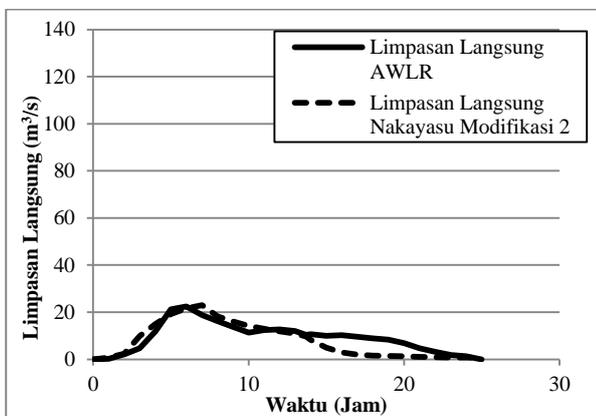
Tabel 5. Persamaan Model Nakayasu modifikasi 2

No.	Persamaan Model Nakayasu Modifikasi 2	Keterangan
1.	$t_g = 0,4 + 0.119 L$ , $L > 15 \text{ km}$	Panjang sungai 68 km
2.	$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{0.5}$	Lengkung naik
3.	$Q_{d1} = Q_p \times 0,3 \frac{t-0.5T_p}{0.8T_{0,3}}$	Lengkung turun 1

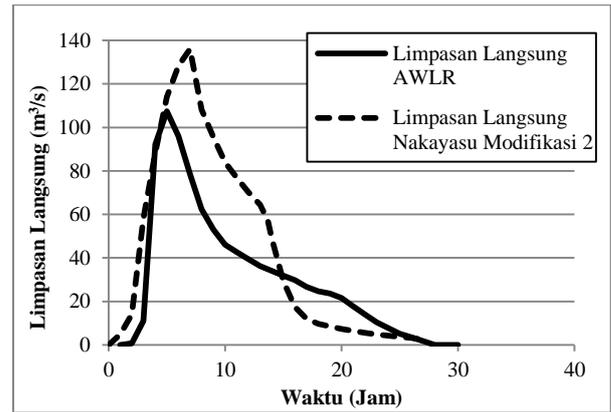
4.	$Q_{d2} = Q_p \times \frac{(t-T_p)+(0.5T_{0,3})}{0,3^{0.5T_{0,3}}}$	Lengkung turun 2
5.	$Q_{d3} = Q_p \times \frac{(t-T_p)+(1,5T_{0,3})}{0,3^{1,5T_{0,3}}}$	Lengkung turun 3

Tabel 6. Perbedaan Q puncak pada model Nakayasu modifikasi 2 dan limpasan lansung AWLR

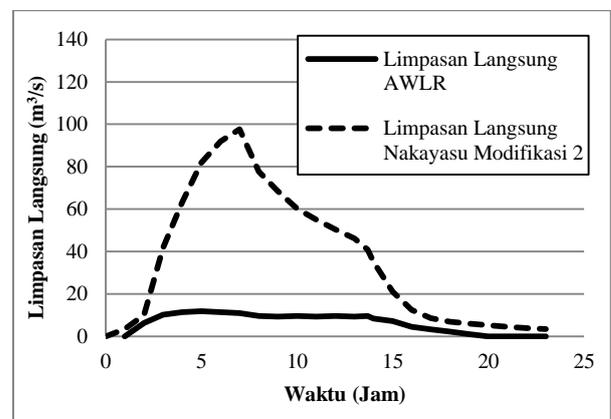
Kondisi	Model Nakayasu Modifikasi 2 (m <sup>3</sup> /s)	Limpasan langsung AWLR (m <sup>3</sup> /s)
1	22.969	22.395
2	135.99	107.444
3	97.588	11.908
4	73.196	13.835



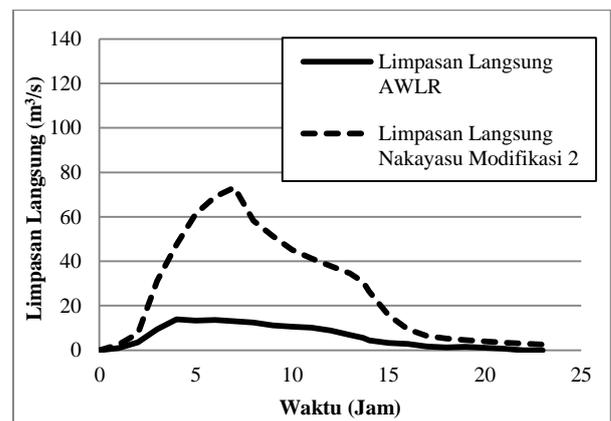
Gambar 13. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 1)



Gambar 14. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 2)



Gambar 15. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 3)



Gambar 16. Hasil hidrograf limpasan langsung (Kondisi Hujan 4)

Dari hasil uji korelasi nilai terbaik diperoleh dari modifikasi 2 yaitu, pada kondisi hujan 1 didapat nilai 0.88 dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0.77, kondisi hujan 2 didapat nilai

0.84 dengan nilai  $R^2$  sebesar 0.70, kondisi hujan 3 didapat nilai 0.83 dengan nilai  $R^2$  sebesar 0.68 dan kondisi hujan 4 didapat nilai 0.89 dengan nilai  $R^2$  sebesar 0.79.

Melihat dari nilai uji korelasi pada model asli, modifikasi 1 dan modifikasi 2 perlu diketahui bahwa persamaan model Nakayasu dapat digunakan pada daerah yang memiliki debit banjir. Hal ini dapat dilihat dari hasil kondisi hujan 3 dan kondisi hujan 4.

**F. KESIMPULAN**

1. Pada umumnya model analisis limpasan langsung Nakayasu selalu menghasilkan debit puncak yang lebih besar dibandingkan pengamatan di stasiun AWLR.
2. Model analisis limpasan langsung metode Nakayasu asli memberikan hasil yang menyimpang dari debit limpasan langsung pengamatan *Automatic Water Level Recorder (AWLR)*. Hal itu dapat dilihat dari nilai  $Q_{puncak}$  model Nakayasu dan pengamatan AWLR. Model Nakayasu asli pada kondisi 1, 2, 3 dan 4 secara berurutan sebesar 74.284  $m^3/s$ , 439.82  $m^3/s$ , 315.614  $m^3/s$ , dan 236.724  $m^3/s$ . Model analisis limpasan langsung metode Nakayasu modifikasi 1 memberikan hasil yang masih belum mendekati limpasan langsung pengamatan *Automatic Water Level Recorder (AWLR)*. Nilai  $Q_{puncak}$  Nakayasu modifikasi 1 pada kondisi 1, 2, 3 dan 4 secara berurutan sebesar 72.993  $m^3/s$ , 432.169  $m^3/s$ , 310.126  $m^3/s$ , dan 232.608  $m^3/s$ . Model analisis limpasan langsung metode Nakayasu modifikasi 2 memberikan hasil yang mendekati limpasan langsung pengamatan *Automatic Water Level Recorder (AWLR)*.  $Q$

puncak yang diperoleh 22.969  $m^3/s$ , 135.99  $m^3/s$ , 97.588  $m^3/s$ , dan 73.196  $m^3/s$ . Hasil  $Q$  puncak dari ke tiga (3) model tersebut, modifikasi 2 memberikan hasil mendekati limpasan langsung pengamatan AWLR dan pada ke empat (4) kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa metode Nakayasu pada kondisi 1 dan 2 yang memiliki debit banjir hasil yang diperoleh lebih mendekati hasil limpasan langsung AWLR, sedangkan pada kondisi 3 dan 4 yang tidak memiliki debit banjir hasil yang diperoleh masih jauh dari limpasan langsung AWLR.

3. Persamaan yang menunjukkan hasil mendekati limpasan langsung pengamatan AWLR ditunjukkan pada Tabel 6. 1.

Tabel 6. 1 Persamaan modifikasi 2

No.	Persamaan Model Nakayasu Modifikasi 1	Keterangan
1.	$t_g = 0,4 + 0.119 L,$ $L > 15 \text{ km}$	Panjang sungai 68 km
2.	$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{0.5}$	Lengkung naik
3.	$Q_{d1} = Q_p \times \frac{t - 0.5 T_p}{0,3^{0.8 T_{0,3}}}$	Lengkung turun 1
4.	$Q_{d2} = Q_p \times \frac{(t - T_p) + (0.5 T_{0,3})}{0,3^{0.5 T_{0,3}}}$	Lengkung turun 2
5.	$Q_{d3} = Q_p \times \frac{(t - T_p) + (1.5 T_{0,3})}{0,3^{6 T_{0,3}}}$	Lengkung turun 3

**G. Saran**

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Perlu meninjau kembali parameter-parameter pada model Nakayasu dengan meneliti tidak hanya satu DAS, sehingga dapat dibandingkan satu DAS dengan DAS lainnya dan didapat satu persamaan.
2. Hidrograf banjir dengan metode Nakayasu harus memperhitungkan nilai hujan efektif, walaupun hujan yang terjadi pada musim hujan atau hujan terjadi pada tanah jenuh.
3. Perlu mengkaji kembali menggunakan parameter yang telah dimodifikasi untuk melihat parameter tersebut bisa digunakan kembali atau tidak.
4. Perlu dilakukan kajian lanjut menggunakan data curah hujan harian lainnya pada bulan Januari 2012.

## H. DAFTAR PUSTAKA

- Agus, I. (2007). Modifikasi Persamaan Hidrograf Satuan Sintetis Metoda Nakayasu Terhadap Hidrograf Satuan Observasi DAS Ciliwung Hulu. *Rekayasa Sipil*.
- Alamsyah, B. (2015). *Analisis Limpasan Langsung Menggunakan Metode NRCS-CN*. Yogyakarta: Referensi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Asdak, C. (2002). *Hidrologi dan Pengolahan Aliran Sungai*. Jakarta: Gajah Mada University Press.
- Clarke, R. (1973). *Mathematical Model in Hydrology, Irrigation and Drainage Paper*. FAO- United Nations, Rome.
- Harsanto, P. (2007). *ANALISIS LIMPASAN LANGSUNG DENGAN MODEL DISTRIBUSI DAN KOMPOSIT*. Yogyakarta: Magister Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Harto, S. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hasibun, S. (2012). Analisis Debit Banjir Sungai Bonai Kabupaten Rokan Hulu Menggunakan Pendekatan Hidrograf Satuan Nakayasu. *Jurnal APTEK*.
- Ikhsan, J., Adinda, S. & Barid, B. (2014). Pengaruh Pemodelan Kotak resapan Buatan di Saluran Drainase terhadap Debit Limpasan. *JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIK*.
- Lubis, Z. (2013). ANALISA DEBIT BANJIR RANCANGAN DENG N HIDROGRAF SATUAN SINTETIK (HSS) GAMA I PADA DAS KALI BLAWI KABUPATEN LAMONGAN. *Jurnal Teknik*, 5.
- Natakusumah, D. K. (2011). Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Ponce, V. M. (1989). *Engineering Hydrology: Principles And Practices*. Englawoods Cliffs New Jersey: Practice Hall.
- Safarina, A. B., Purwanti, A. & Salim, H.T. (2010). Satuan Sintetis Pada Berbagai Luas Dan Bentuk Daerah Aliran Sungai. *Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI XXVII*. Surabaya.
- Sihotang, R., Hazmi, M., & Rahmawati, D. (2011). ANALISIS BANJIR RANCANGAN DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA BENDUNGAN GINTUNG. *Proceeding PESAT*.
- Siswoyo, H. (2011). Pengembangan Model Hidrograf Satuan Sintetis Snyder untuk Daerah Aliran Sungai di Jawa Timur. *Jurnal Pengairan*, 2.
- 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. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaanyang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.

Sutapa, I. W. (2005). Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan di Daerah Aliran Sungai Kodina. *Majalah Iliah Mektek*.

Triatmodjo, B. (2013). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.