

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Sub DAS Progo Hulu

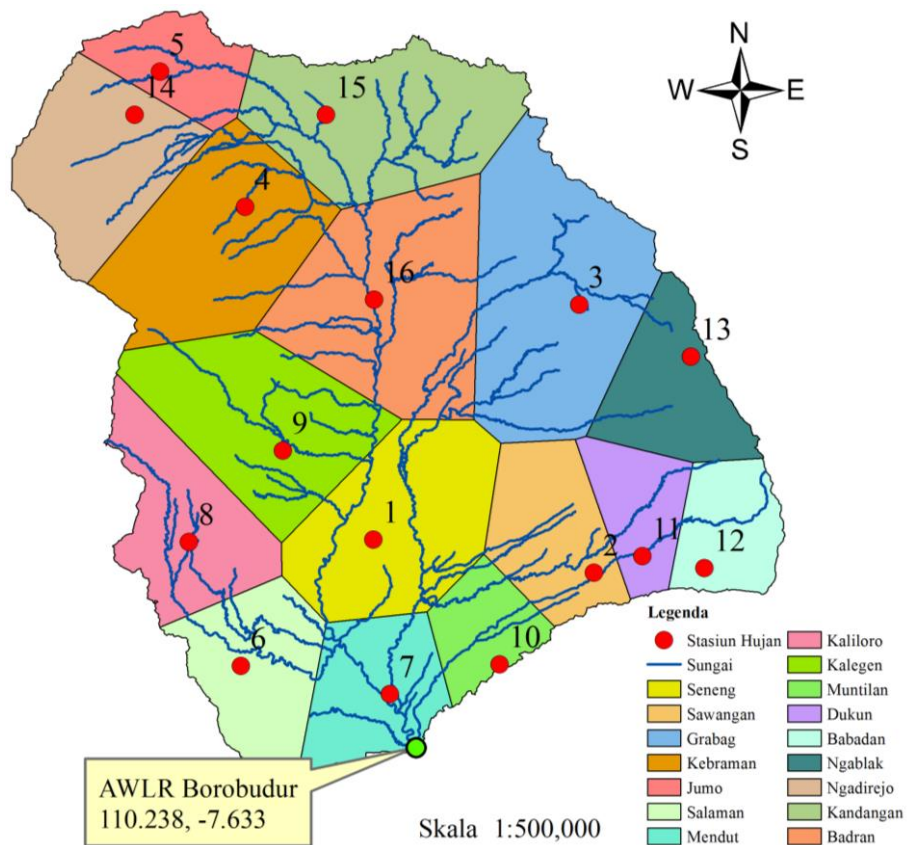
Karakteristik sub DAS Progo hulu ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Karakteristik sub DAS Progo hulu

No	Karakteristik	Nilai
1	Luas sub DAS	1502, 13 km ²
2	Panjang sungai utama	68 km
3	Kemiringan sub DAS	0,025

4.2. Hasil Pembuatan Poligon Thiessen

Hasil pembuatan poligon Thiessen ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan luas daerah pengaruh stasiun hujan ditunjukkan pada Tabel 4.2.



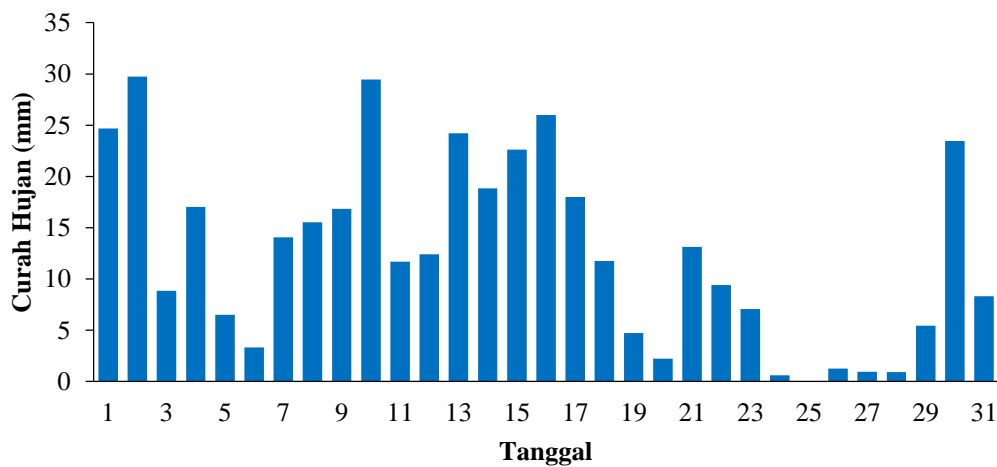
Gambar 4.1. Peta Poligon Thiessen Sub DAS Progo hulu

Tabel 4.2. Data koordinat stasiun hujan dan luas daerah pengaruh

No	Nama	Longitude	Latitude	Luas Area (m ²)
1	Seneng	110°12'46,080"	-7°30'34,007"	132.588.777,4
2	Sawangan	110°20'36,955"	-7°31'45,018"	69.246.874,89
3	Grabag	110°20'05,973"	-7°22'12,031"	178.939.535,1
4	Kebraman	110°08'12,093"	-7°18'43,005"	137.362.368,7
5	Jumo	110°05'09,952"	-7°13'54,025"	44.795.994,41
6	Salaman	110°08'03,091"	-7°35'03,992"	86.201.884,34
7	Mendut	110°13'20,988"	-7°36'04,018"	53.234.108,26
8	Kaliloro	110°06'11,872"	-7°30'39,015"	84.955.476,63
9	Kalegen	110°09'32,019"	-7°27'24,043"	133.877.284,4
10	Muntilan	110°17'16,060"	-7°35'01,022"	25.511.729
11	Dukun	110°22'20,998"	-7°31'09,026"	41.053.878,24
12	Babadan	110°24'33,829"	-7°31'35,033"	41.973.572,3
13	Ngablak	110°24'05,012"	-7°24'03,018"	74.765.998,7
14	Ngadirejo	110°04'15,932"	-7°15'25,998"	102.612.936,5
15	Kandangan	110°11'04,903"	-7°15'26,002"	134.518.371
16	Badran	110°12'47,157"	-7°22'00,997"	160.490.476,9
Jumlah				1.502.129.267

4.3. Hasil Analisis Curah Hujan Rata-rata DAS

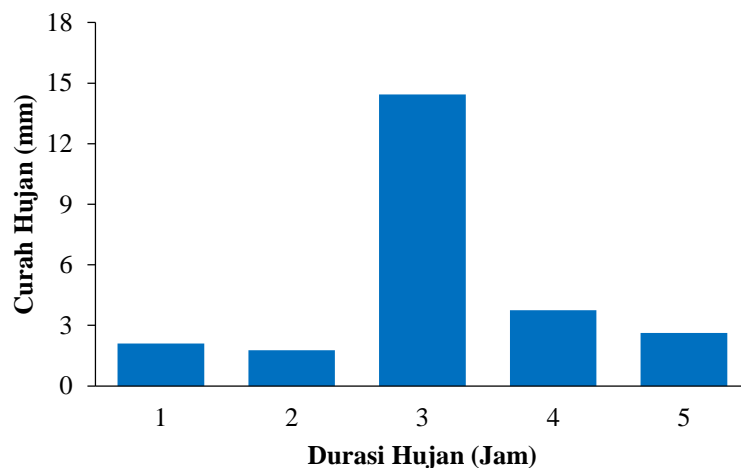
Hasil analisis curah hujan rata-rata DAS dengan metode *Thiessen* ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik curah hujan rata-rata DAS pada Bulan Januari 2012

4.4. Hasil Analisis *Alternating Block Method* (ABM)

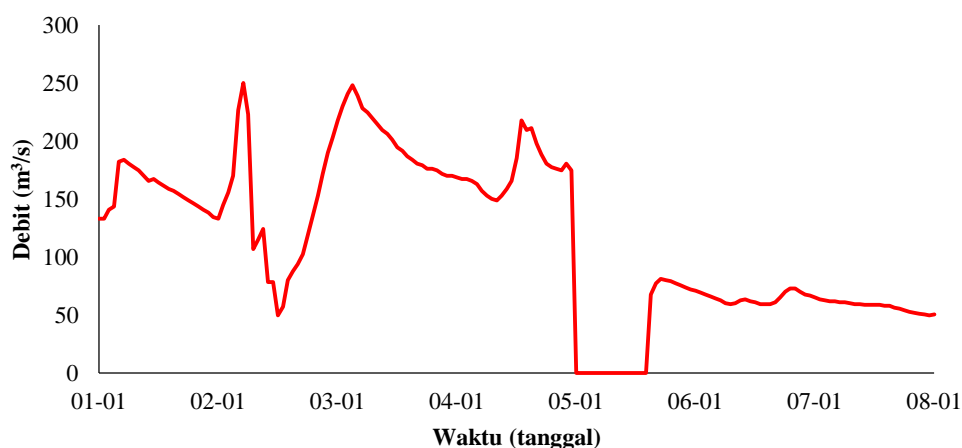
Analisis ABM digunakan untuk mengalihragamkan data curah hujan rata-rata DAS yang masih berupa data harian menjadi data jam-jaman. Hasil analisis ABM pada tanggal 1 Januari 2012 ditunjukkan pada Gambar 4.3. Hasil analisis ABM pada Bulan Januari 2012 ditunjukkan pada Lampiran 7 hingga Lampiran 10.



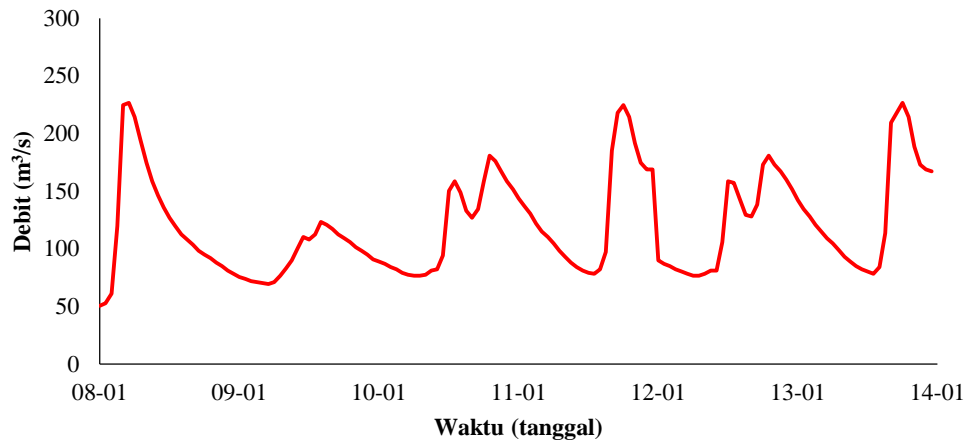
Gambar 4.3. Hyetograf hasil analisis *ABM* tanggal 1 Januari 2012

4.5. Hasil Pengalihragaman Muka Air Menjadi Debit Aliran

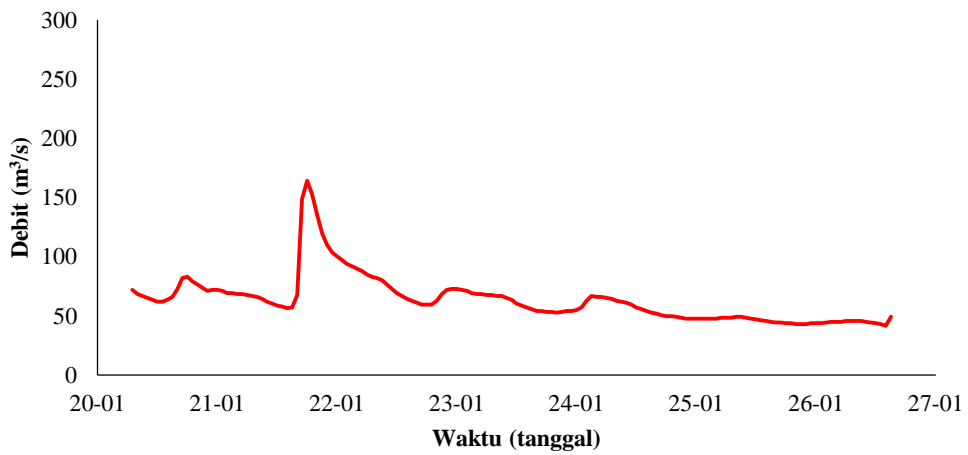
Data debit aliran sungai merupakan data debit aliran jam-jaman pada Bulan Januari 2012 hasil pengalihragaman dari data muka air *AWLR* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6.



Gambar 4.4. Data debit *AWLR* Borobudur tanggal 1-7 Januari 2012



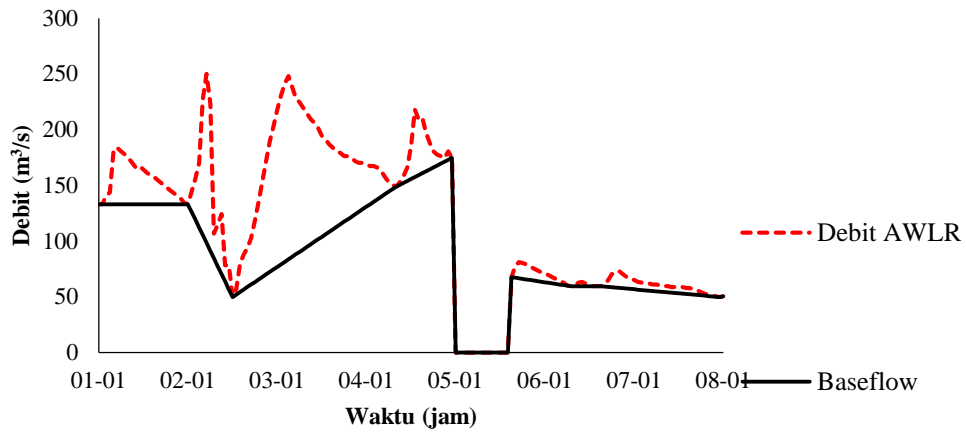
Gambar 4.5. Data debit AWLR Borobudur tanggal 8-13 Januari 2012



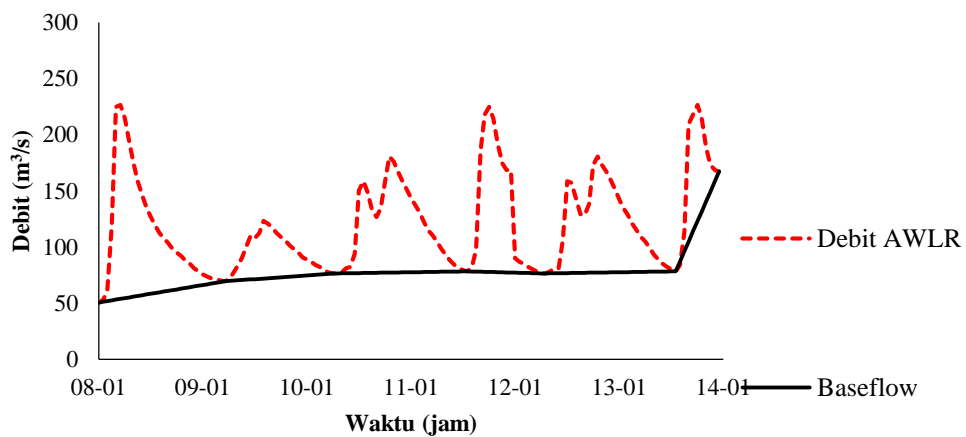
Gambar 4.6. Data debit AWLR Borobudur tanggal 20-26 Januari 2012

4.6. Hasil Analisis Debit Aliran Dasar (*Baseflow*)

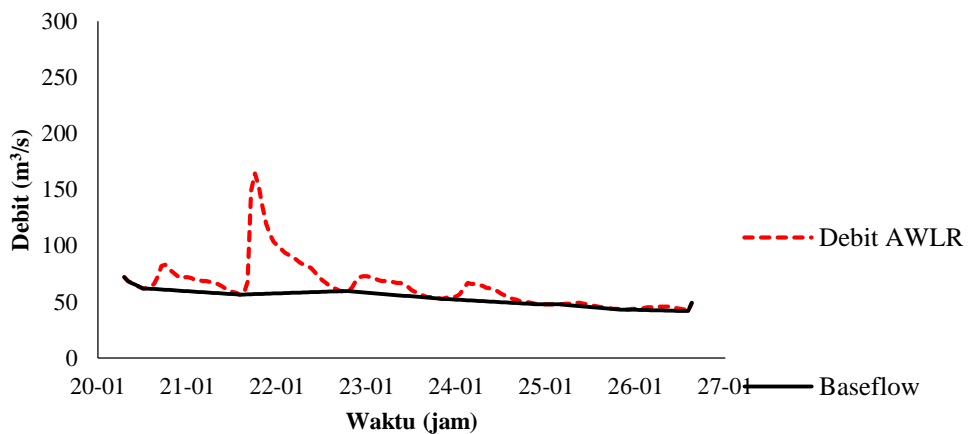
Grafik debit AWLR dan aliran dasar (*baseflow*) ditunjukkan pada Gambar 4.7, 4.8, dan 4.9.



Gambar 4.7. Grafik debit aliran dan *baseflow* AWLR 1-7 Januari 2012

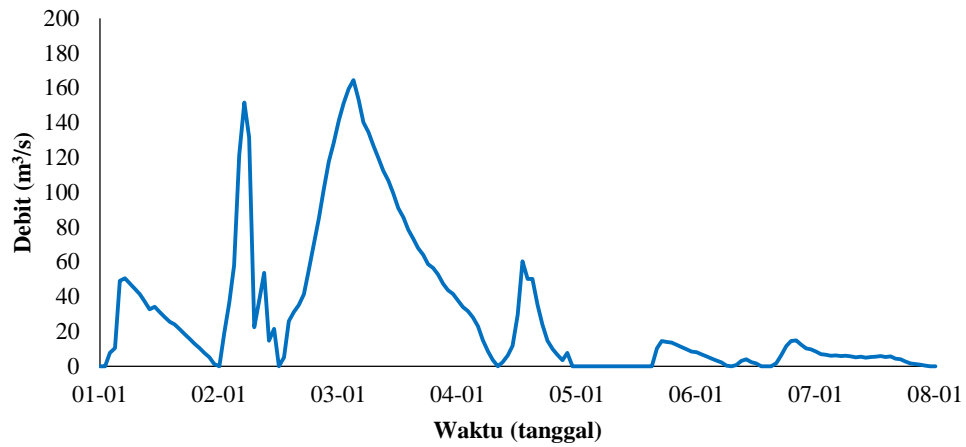


Gambar 4.8. Grafik debit aliran dan *baseflow* AWLR 8-13 Januari 2012

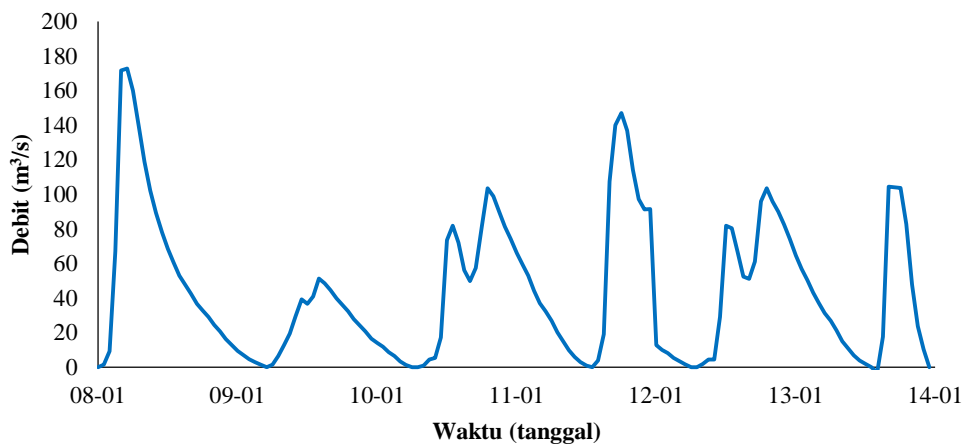


Gambar 4.9. Grafik debit aliran dan *baseflow* AWLR 20-26 Januari 2012

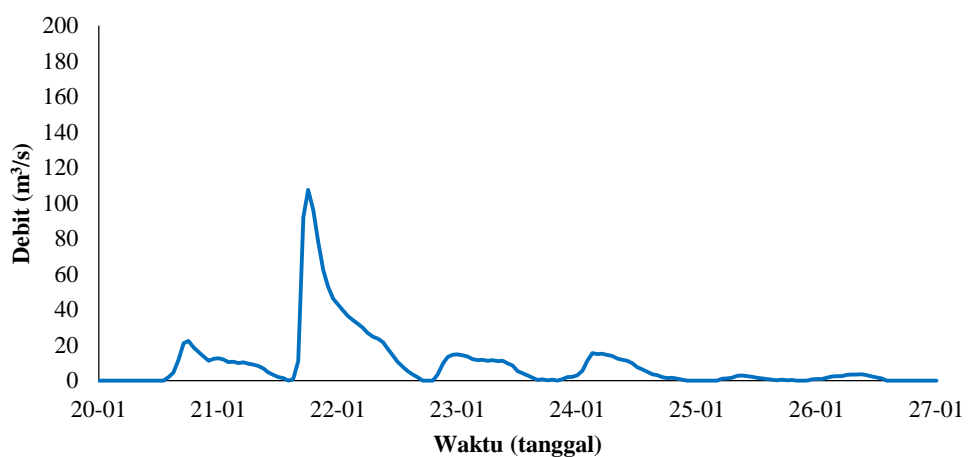
Debit limpasan langsung diperoleh dengan perhitungan debit AWLR dikurangi aliran dasar (*baseflow*) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.10, 4.11, 4.12.



Gambar 4.10. Grafik limpasan langsung AWLR 1-7 Januari 2012



Gambar 4.11. Grafik limpasan langsung AWLR 8-13 Januari 2012



Gambar 4.12. Grafik limpasan langsung AWLR 20-26 Januari 2012

4.7. Hasil Analisis Hidrograf Banjir Metode *Nakayasu*

Analisis dalam penelitian ini merupakan perbandingan hidrograf antara data hasil pemodelan hidrograf banjir menggunakan Metode *Nakayasu* dengan data debit limpasan langsung di Sub DAS Progo hulu dengan titik *outlet* di stasiun *AWLR* Borobudur.

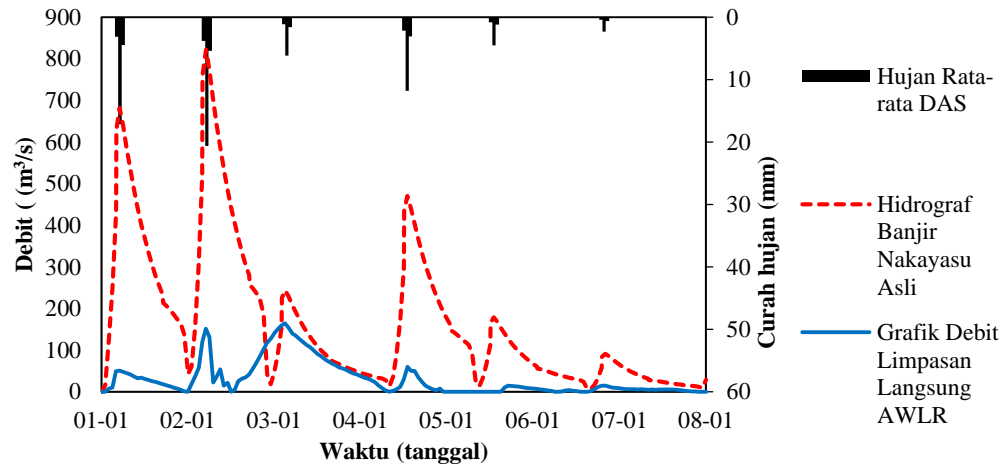
4.7.1. Persamaan HSS Metode *Nakayasu*

Persamaan metode *Nakayasu* yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.3 (Triatmodjo, 2008).

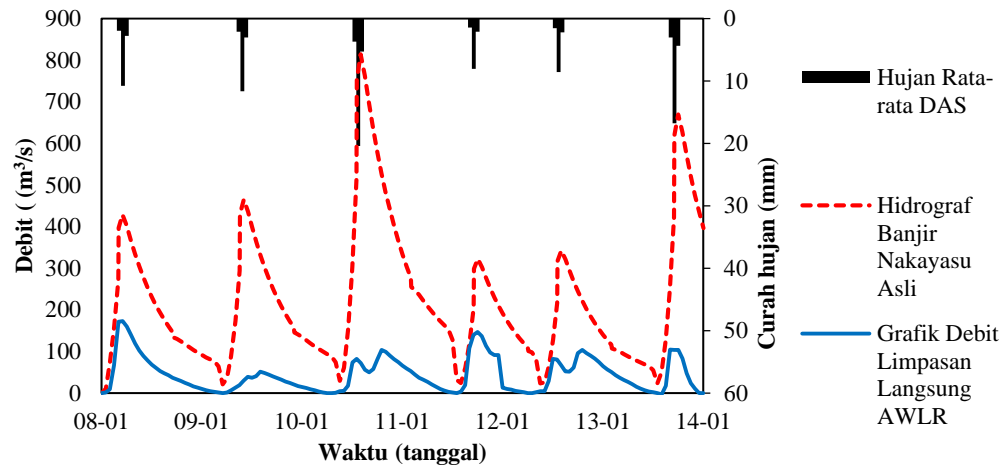
Tabel 4.3. Persamaan Metode *Nakayasu*

No.	Persamaan	Keterangan
1	$t_g = 0,4 + 0,058 L, L > 15 \text{ km}$	Panjang sungai utama 68 km
2	$T_r = 0,5 t_g$	
3	$T_p = t_g + 0,8 T_r$	
4	$\alpha = 3$	Bagian naik hidrograf cepat dan bagian turun lambat
5	$T_{0,3} = \alpha \times t_g$	
6	$Q_p = \frac{A \times R_0}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})}$	Luas DAS 1502,1 km ²
7	$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4}$	Lengkung naik
8	$Q_{d1} = Q_p \times 0,3 \frac{t - T_p}{T_{0,3}}$	Lengkung turun 1
9	$Q_{d2} = Q_p \times 0,3 \frac{(t - T_p) + 0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}}$	Lengkung turun 2
10	$Q_{d3} = Q_p \times 0,3 \frac{(t - T_p) + 1,5 T_{0,3}}{2 T_{0,3}}$	Lengkung turun 3

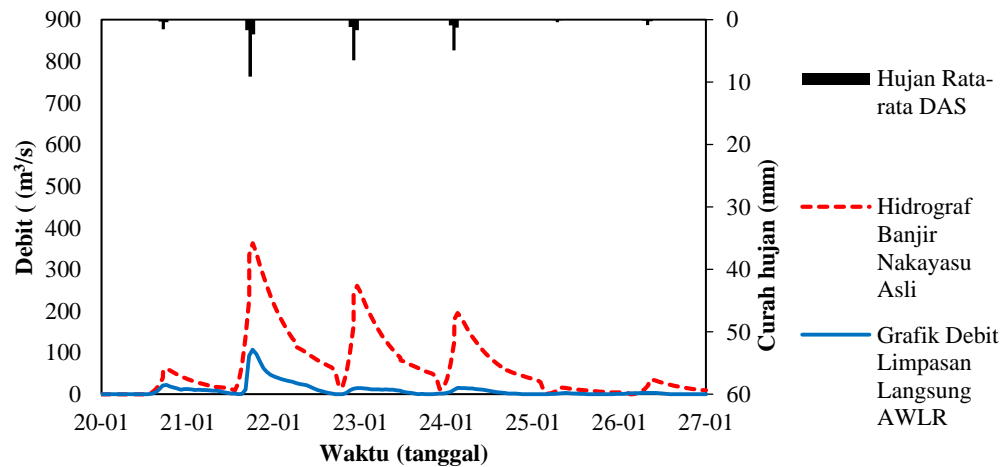
Dari hasil analisis seperti ditunjukkan Gambar 4.13, 4.14, dan 4.15 diperoleh bahwa nilai debit hasil pemodelan hidrograf cenderung lebih besar dibanding data debit pengukuran. Nilai kesesuaian (R^2) yang diperoleh, ditunjukkan pada Tabel 4.4.



Gambar 4.13. Hidrograf *Nakayasu* dan pengamatan tanggal 1-7 Januari 2012



Gambar 4.14. Hidrograf *Nakayasu* dan pengamatan tanggal 8-13 Januari 2012



Gambar 4.15. Hidrograf *Nakayasu* dan pengamatan tanggal 20-26 Januari 2012

Tabel 4.4. Nilai R^2 Metode *Nakayasu*

Kondisi	R^2
1	0.101
2	0.245
3	0.665

4.7.2. Persamaan HSS Metode *Nakayasu* Modifikasi

Persamaan metode *Nakayasu* modifikasi yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.5.

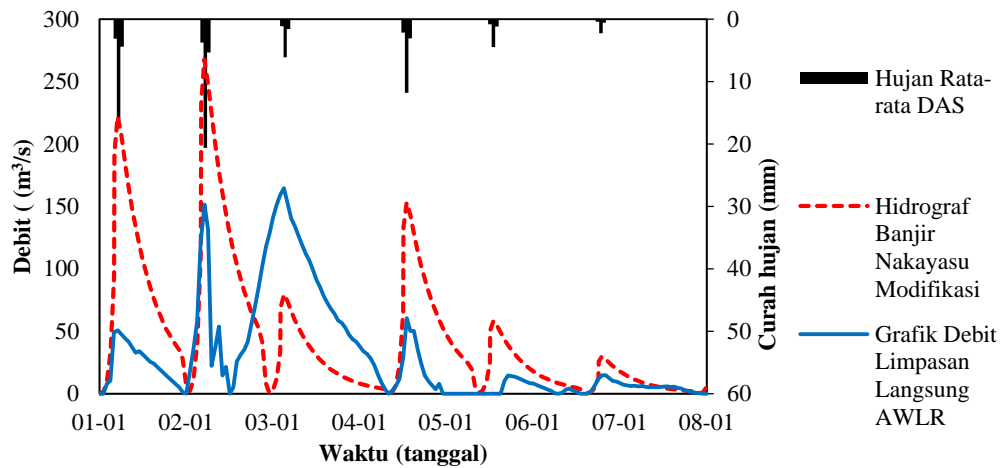
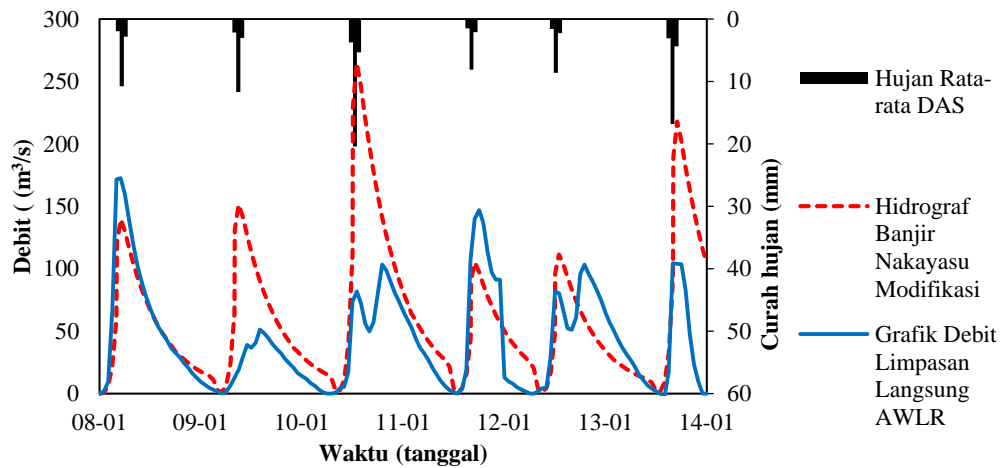
Tabel 4.5. Persamaan Metode *Nakayasu* Modifikasi

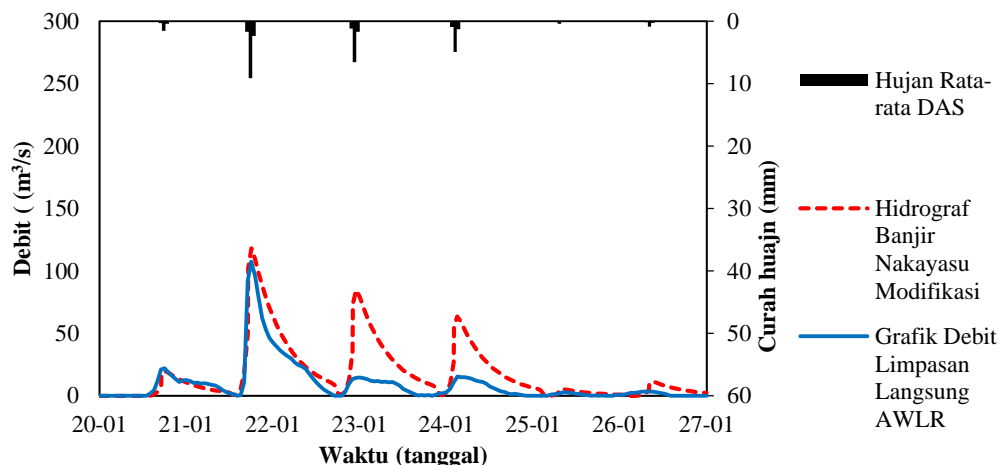
No.	Persamaan	Keterangan
1	$t_g = 0,4 + 0,058 L, L > 15 \text{ km}$	Panjang sungai utama 68 km
2	$T_r = 0,5 t_g$	
3	$T_p = t_g + 0,8 T_r$	
4	$\alpha = 10$	Bagian naik hidrograf sangat cepat dan turun sangat lambat
5	$T_{0,3} = \alpha \times t_g$	
6	$Q_p = \frac{A \times R_0}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})}$	Luas DAS 1502,1 km ²
7	$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{4,8}$	Lengkung naik
8	$Q_{d1} = Q_p \times 0,3^{\frac{t - T_p}{0,25 T_{0,3}}}$	Lengkung turun 1
9	$Q_{d2} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t - T_p) + 0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}}}$	Lengkung turun 2
10	$Q_{d3} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t - T_p) + 1,5 T_{0,3}}{2 T_{0,3}}}$	Lengkung turun 3

Hasil analisis dengan parameter atau konstanta modifikasi pada Tabel 4.6 ditunjukkan oleh Gambar 4.16, 4.17, dan 4.18. Nilai kesesuaian (R^2) yang diperoleh, ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.6. Perbandingan antara parameter & konstanta asli dengan modifikasi

No	Parameter dan/atau konstanta persamaan	Asli	Modifikasi
1	Parameter α	3	10
2	Pangkat persamaan Q_a	2,4	4,8
3	Konstanta $T_{0.3}$ pada persamaan Q_{d1}	1	0,25

Gambar 4.16. Hidrograf modifikasi *Nakayasu* dan pengamatan tanggal 1-7 Januari 2012Gambar 4.17. Hidrograf modifikasi *Nakayasu* dan pengamatan tanggal 8-13 Januari 2012



Gambar 4.18. Hidrograf modifikasi *Nakayasu* dan pengamatan tanggal 20-26 Januari 2012

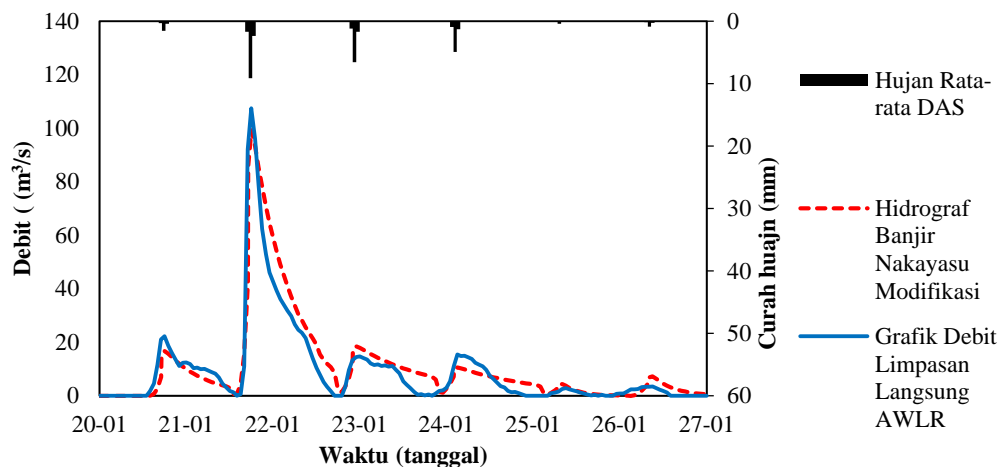
Tabel 4.7. Nilai R^2 Metode *Nakayasu* Modifikasi

Kondisi	R^2
1	0.098
2	0.327
3	0.658

Namun hasil tersebut secara keseluruhan belum terlihat sesuai dengan data debit pengukuran, sehingga dilakukan analisis terpisah untuk masing-masing tanggal pada Kondisi 3 seperti ditunjukkan pada Tabel 4.8. Kondisi 3 dipilih karena nilai R^2 lebih besar dari 0,5 sehingga mempermudah proses analisis. Hasil analisis menunjukkan peningkatan nilai R^2 pada Kondisi 3 menjadi 0.876. Hidrograf hasil analisis dan nilai R^2 untuk masing-masing tanggal ditunjukkan pada Gambar 4.19 dan Tabel 4.9 secara berurutan.

Tabel 4.8. Perbandingan antara parameter & konstanta asli dengan modifikasi lanjutan

No	Parameter dan/atau konstanta persamaan	Asli	Modifikasi tanggal				
			21	22	23	24	26
1	Parameter α	3	4	8	9	4	4,5
2	Konstanta persamaan $T_{0.3}$	1	3	4	7	3	3,5
3	Pangkat persamaan Q_a	2,4	4,8	2,4	2	2	2
4	Konstanta $T_{0.3}$ pada persamaan Q_{d1}	1	0,25	0,125	0,1	0,1	0,1

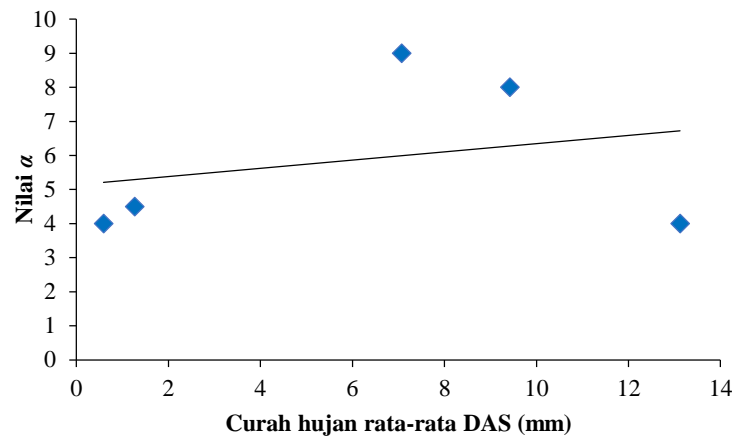
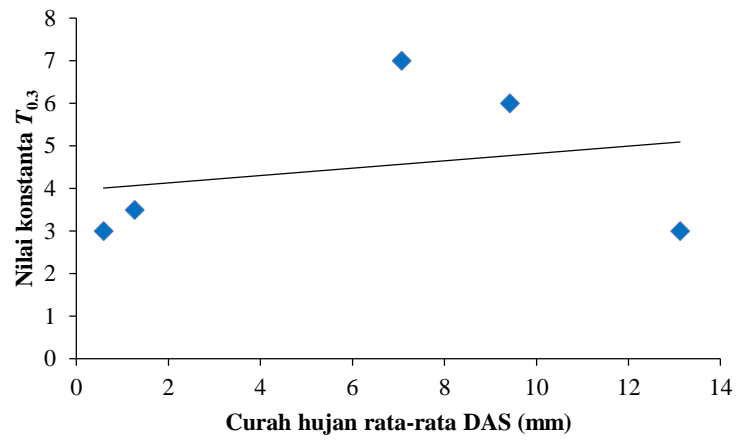
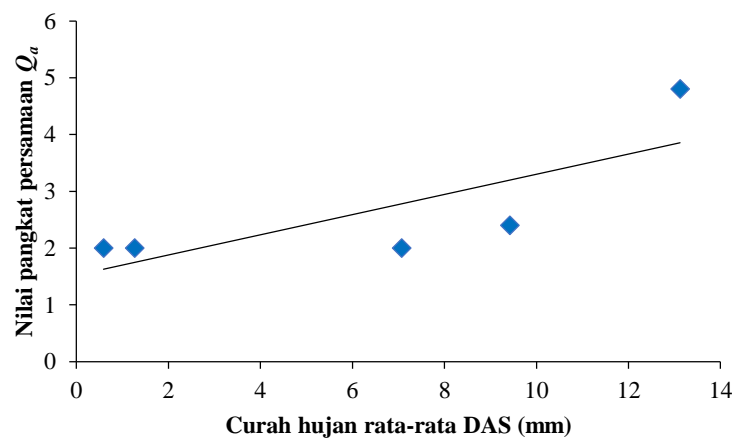


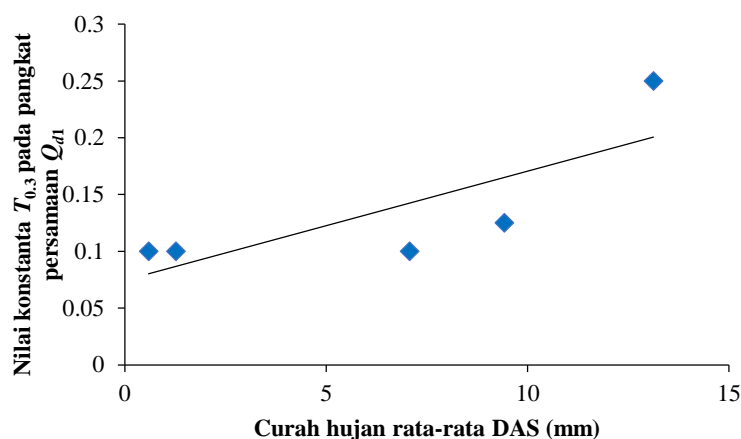
Gambar 4.19. Hidrograf modifikasi *Nakayasu* dan pengamatan tanggal 20-26 Januari 2012

Tabel 4.9. Nilai R^2 Metode *Nakayasu* Modifikasi pada Kondisi 3

Tanggal	R^2
20	0.830
21	0.861
22	0.939
23	0.698
24	0.912
25	0.379
26	0.240

Dari hasil analisis ini didapatkan grafik parameter yang dapat digunakan untuk kalibrasi parameter persamaan HSS *Nakayasu* dalam analisis hidrograf banjir di Sub DAS Progo hulu berdasarkan nilai curah hujan rata-rata DAS, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.20, 4.21, 4.22, dan 4.23.

Gambar 4.20. Grafik nilai parameter α Gambar 4.21. Grafik nilai konstanta $T_{0.3}$ Gambar 4.22. Grafik nilai pangkat persamaan Q_a



Gambar 4.23. Grafik nilai konstanta $T_{0.3}$ pada pangkat persamaan Q_{d1}

4.8. Hasil Analisis Hidrograf Banjir Metode ITB-2

Analisis dalam penelitian ini merupakan perbandingan hidrograf antara data hasil pemodelan hidrograf banjir menggunakan Metode ITB-2 dengan data debit limpasan langsung di Sub DAS Progo hulu dengan titik *outlet* di stasiun *AWLR* Borobudur.

4.8.1. Persamaan HSS Metode ITB-2

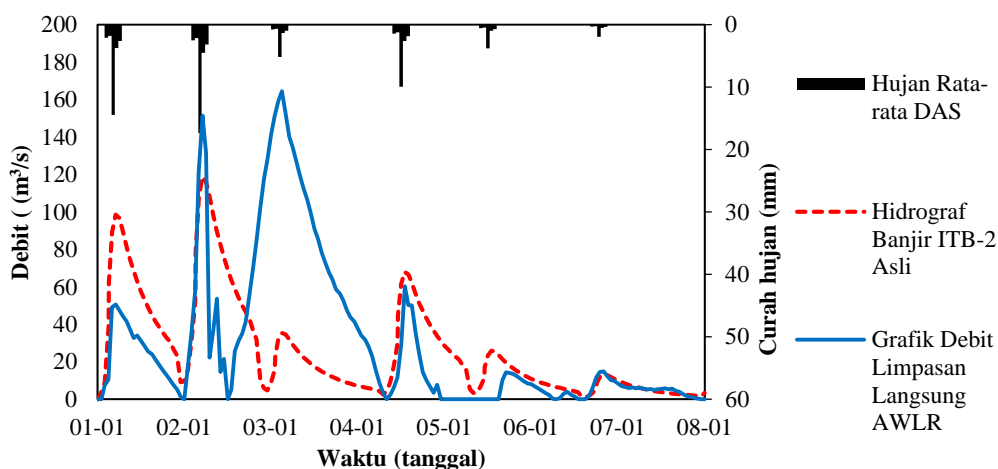
Persamaan metode ITB-2 yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.10 (Natakusumah dkk., 2011).

Tabel 4.10. Persamaan Metode ITB-2

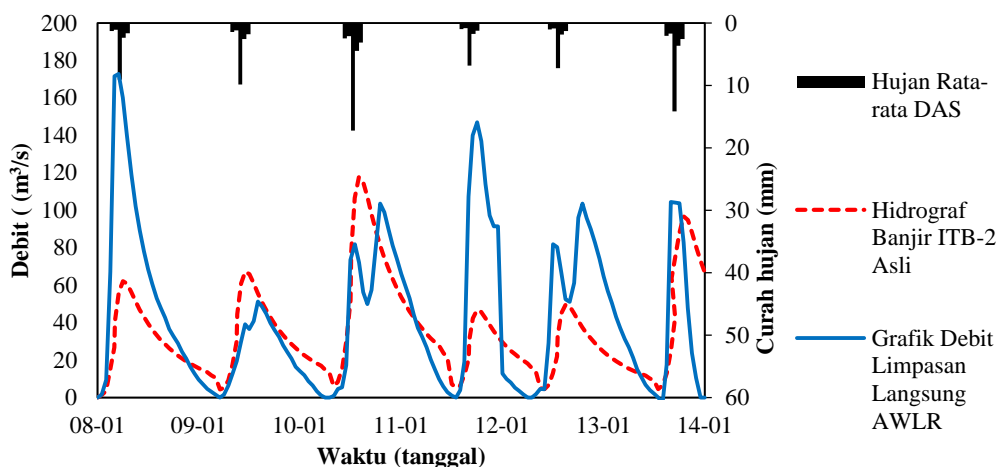
No.	Persamaan	Keterangan
1	$T_L = C_t \times 0,527 + 0,058 L, L > 15 \text{ km}$	Panjang sungai utama 68 km
2	$T_P = 1,6 T_L$	
3	$T_b = 10 T_P$	
4	$Q_p = \frac{A_{DAS} \times R}{3,6 T_P \times A_{HSS}}$	Luas DAS 1502,1 km ²
5	$q(t) = t^\alpha$	Lengkung naik
6	$q(t) = \exp(1 - t^\beta \times C_P)$	Lengkung turun

Dari hasil analisis seperti ditunjukkan Gambar 4.24, 4.25, dan 4.26 diperoleh bahwa nilai debit hasil pemodelan hidrograf cenderung lebih kecil

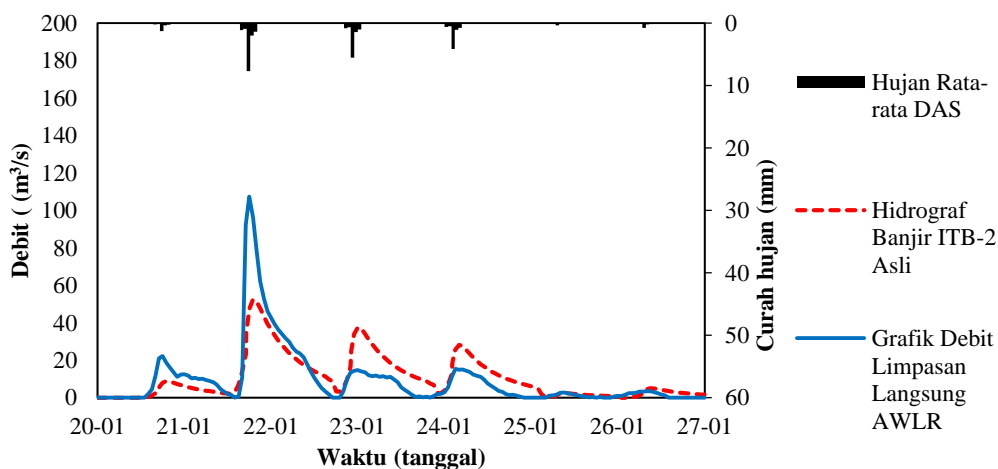
dibanding data debit pengukuran. Nilai kesesuaian (R^2) yang diperoleh, ditunjukkan pada Tabel 4.11.



Gambar 4.24. Hidrograf ITB-2 dan pengamatan tanggal 1-7 Januari 2012



Gambar 4.25. Hidrograf ITB-2 dan pengamatan tanggal 8-13 Januari 2012



Gambar 4.26. Hidrograf ITB-2 dan pengamatan tanggal 20-26 Januari 2012

Tabel 4.11. Nilai R^2 Metode ITB-2 Asli

Kondisi	R^2
1	0.101
2	0.252
3	0.611

4.8.2. Persamaan HSS Metode ITB-2 Modifikasi

Persamaan metode ITB-2 modifikasi yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.12.

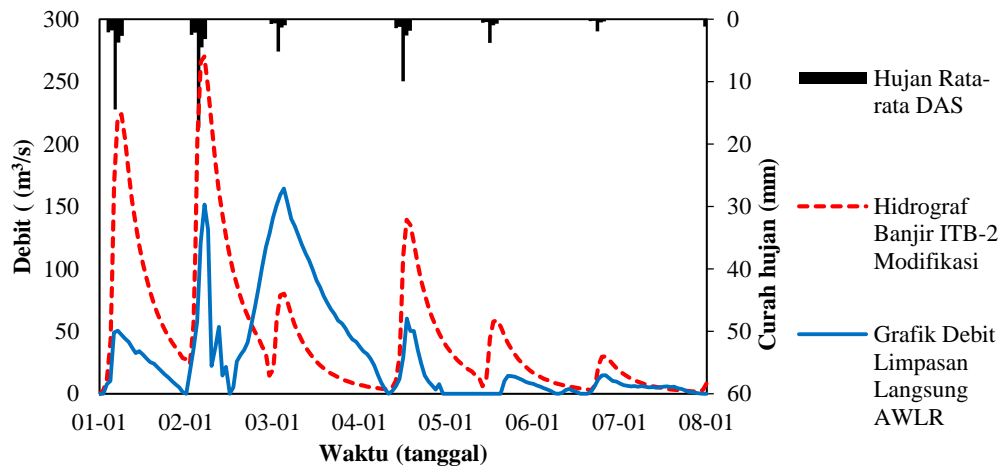
Tabel 4.12. Persamaan Metode ITB-2 Modifikasi

No.	Persamaan	Keterangan
1	$T_L = C_t \times 0,527 + 0,058 L, L > 15 \text{ km}$	Panjang sungai utama 68 km
2	$T_P = 1 T_L$	
3	$T_b = 10 T_P$	
4	$Q_p = \frac{A_{DAS} \times R}{3,6 T_P \times A_{HSS}}$	Luas DAS 1502,1 km ²
5	$q(t) = t^\alpha$	Lengkung naik
6	$q(t) = \exp(1 - t^\beta \times C_P)$	Lengkung turun

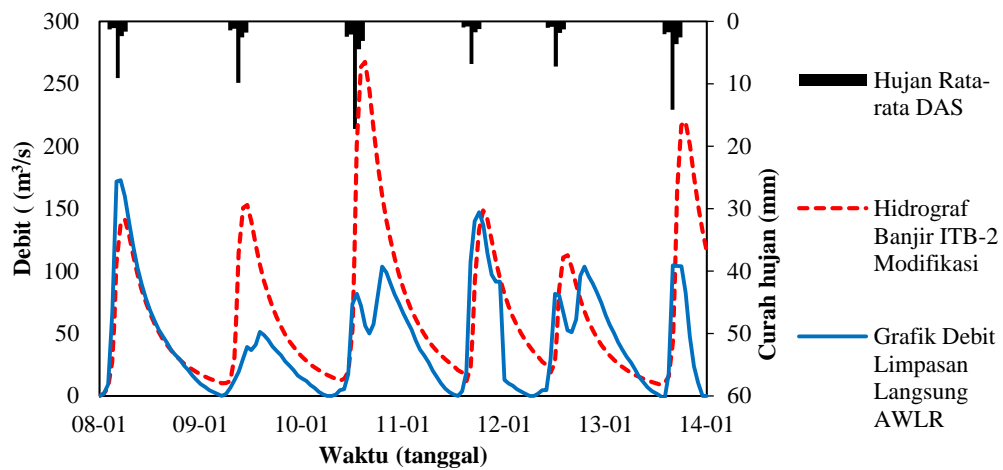
Hasil analisis dengan parameter atau konstanta modifikasi pada Tabel 4.13 ditunjukkan oleh Gambar 4.27, 4.28, dan 4.29. Nilai kesesuaian (R^2) yang diperoleh, ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.13. Perbandingan antara parameter & konstanta asli dengan modifikasi

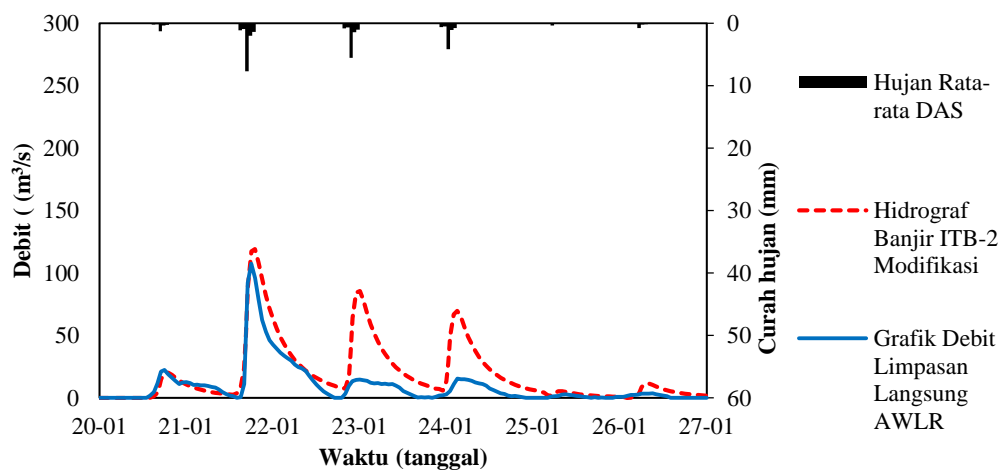
No	Parameter dan/atau konstanta persamaan	Asli	Modifikasi
1	Konstanta T_L pada persamaan T_P	1,6	1



Gambar 4.27. Hidrograf modifikasi ITB-2 dan pengamatan tanggal 1-7 Januari 2012



Gambar 4.28. Hidrograf modifikasi ITB-2 dan pengamatan tanggal 8-13 Januari 2012



Gambar 4.29. Hidrograf modifikasi ITB-2 dan pengamatan tanggal 20-26 Januari 2012

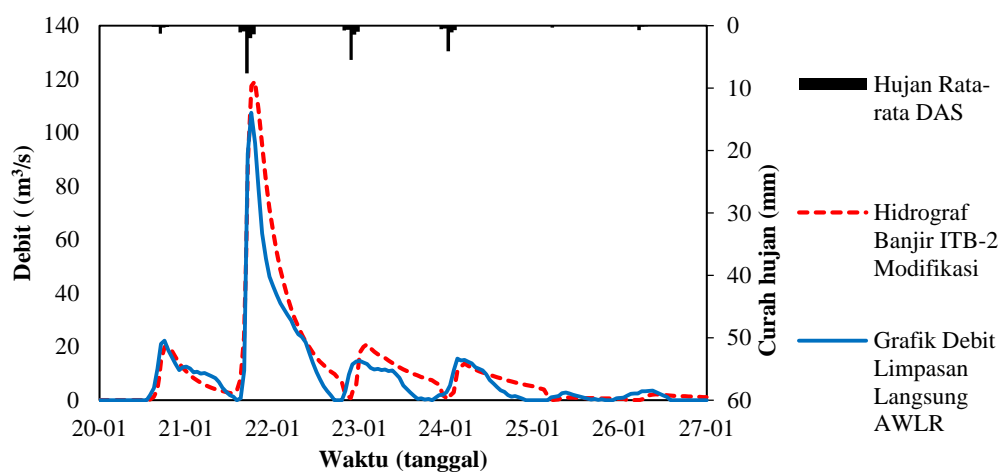
Tabel 4.14. Nilai R^2 Metode ITB-2 Modifikasi

Kondisi	R^2
1	0.119
2	0.316
3	0.672

Namun hasil tersebut secara keseluruhan belum terlihat sesuai dengan data debit pengukuran, sehingga dilakukan analisis terpisah untuk masing-masing tanggal pada Kondisi 3 seperti ditunjukkan pada Tabel 4.15. Kondisi 3 dipilih karena nilai R^2 lebih besar dari 0,5 sehingga mempermudah proses analisis. Hasil analisis menunjukkan peningkatan nilai R^2 pada Kondisi 3 menjadi 0.930. Hidrograf hasil analisis dan nilai R^2 untuk masing-masing tanggal ditunjukkan pada Gambar 4.30 dan Tabel 4.16 secara berurutan.

Tabel 4.15. Perbandingan antara parameter & konstanta asli dengan modifikasi lanjutan

No	Parameter dan/atau konstanta persamaan	Asli	Modifikasi tanggal				
			21	22	23	24	26
1	Konstanta T_L pada persamaan T_P	1,6	1	2,4	2,8	2,9	2,9

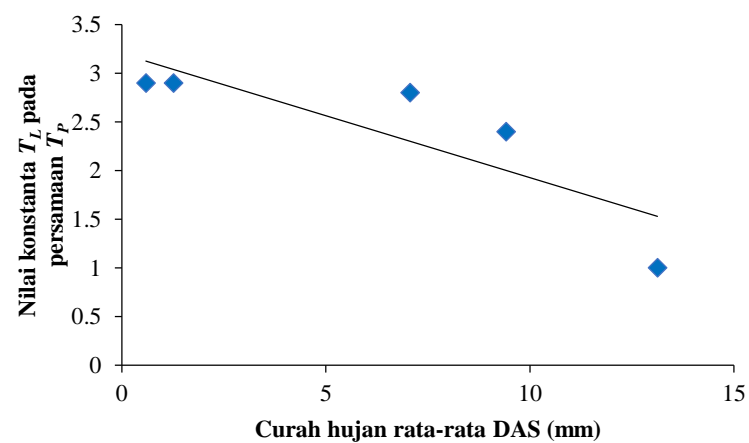


Gambar 4.30. Hidrograf modifikasi ITB-2 dan pengamatan tanggal 20-26 Januari 2012

Tabel 4.16. Nilai R^2 Metode ITB-2 Modifikasi pada Kondisi 3

Tanggal	R^2
20	0.912
21	0.945
22	0.821
23	0.763
24	0.525
25	0.104
26	0.031

Dari hasil analisis ini didapatkan grafik parameter yang dapat digunakan untuk kalibrasi parameter persamaan HSS ITB-2 dalam analisis hidrograf banjir di Sub DAS Progo hulu berdasarkan nilai curah hujan rata-rata DAS, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.31.

Gambar 4.31. Grafik nilai konstanta T_L pada pangkat persamaan T_P