

# Analisis Limpasan Langsung Metode SCS Menggunakan Data Hujan TRMM Studi Kasus Subdas Code Hulu

*Analysis of Direct Runoff of SCS Method Using TRMM Rainfall Data Case Study of Upstream Code Sub-Watershed*

**Muhammad Sufyan Tsaury, Puji Harsanto**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Analisis hidrologi merupakan bagian dari perencanaan suatu bangunan air. Ketersediaan data yang cukup sebagai data masukan menjadi hal yang penting. Ketersediaan data cenderung terdapat beberapa permasalahan data, seperti minimnya ketersediaan data, data tidak lengkap, atau jumlah stasiun kurang tersebar. Seiring berkembangnya teknologi permasalahan tersebut, dapat diselesaikan dengan mengganti data pengamatan berbasis darat dengan pengamatan satelit yang memiliki resolusi spasial dan temporal tinggi, cakupan wilayah luas, akses cepat, dan ekonomis. Penelitian ini dilakukan untuk validasi dan koreksi data satelit TRMM terhadap data observasi pada stasiun AWLR Gemawang dengan Metode SCS. Hasil penelitian ini menunjukkan jeda waktu (delay) rata-rata pengukuran curah hujan satelit dan permukaan kurang lebih 8.5 jam berdasarkan data analisis yang digunakan pada penelitian ini. Hasil analisis kesalahan model dapat disimpulkan bahwa data curah hujan TRMM dapat digunakan dalam kebutuhan tersebut. Namun tetap masih ada kesalahan pada data TRMM yaitu pada data 18 Januari 2018 yang mendapatkan hasil kesalahan bentuk gelombang hidrograf (Ew) sebesar 11.843. Dari analisis indeks kesesuaian dan efisiensi, data satelit TRMM mendapat hasil koefisien korelasi rata-rata debit ARR-AWLR sebesar 0.2416 yang dikategorikan sebagai data keefisien rendah dan TRMM-AWLR sebesar 0.1041 yang dikategorikan sebagai data koefisien cukup rendah, sedangkan untuk koefisien efisiensi mendapat nilai rata-rata 1.67 yang dikategorikan sebagai data optimasi yang sangat efisien.

Kata kunci: trmm, validasi, metode scs, hidrologi, korelasi.

**Abstract.** *Hydrological analysis is part of planning a water building. Availability of sufficient data as input data is important. Data availability tends to have several data problems, such as the lack of data availability, incomplete data, or the number of stations that are less scattered. As the development of the technology problems, can be solved by replacing ground-based observation data with satellite observations that have high spatial and temporal resolution, wide area coverage, fast access, and economics. This research was conducted to validate and correct TRMM satellite data on observation data at the AWLR Gemawang station with the SCS Method. The results of this study showed a delay in the average measurements of satellite rainfall and surface approximately 8.5 hours based on the data analysis used in this study. The results of the model error analysis can be concluded that TRMM rainfall data can be used in these needs. However, there is still an error in the TRMM data, which is on the data of January 18, 2018 which results in a hydrograph (Ew) waveform error of 11,843. From the conformity index and efficiency analysis, TRMM satellite data gets the correlation coefficient average ARR-AWLR debit of 0.2416 which is categorized as low efficiency data and TRMM-AWLR of 0.1041 which is categorized as quite low coefficient data, while the efficiency coefficient gets an average value 1.67 which is categorized as highly efficient optimization data.*

*Keyword: trmm, validation, scs methode, hydrology, correlation.*

## 1. Pendahuluan

Curah hujan adalah salah satu komponen keseimbangan air yang paling penting dari siklus air global, dan memiliki variabilitas yang lebih besar di berbagai skala spasial dan temporal. Pengamatan atau estimasi curah hujan yang akurat memiliki signifikansi teoretis dan praktis yang penting untuk peringatan banjir, perencanaan bangunan air, dan pengelolaan sumber daya air. Pengamatan

berbasis darat menyediakan pengukuran curah hujan titik yang relatif akurat. Namun, karena heterogenitas curah hujan yang signifikan di berbagai skala spasial temporal, pengamatan pengukur hujan hanya mewakili kondisi lokal, dan dapat menghasilkan potensi kesalahan ketika diinterpolasi ke skala yang lebih besar. Oleh karena itu, data pengukur in situ biasanya tidak dapat memenuhi pada data curah hujan resolusi spasial-temporal yang tinggi

Pada kenyataannya mendapatkan data pengamatan curah hujan yang baik dalam segi kualitas dan kuantitas (panjang data pengamatan) sangatlah sulit sehingga menyulitkan untuk melakukan kajian dan analisis berdasarkan data curah hujan disuatu wilayah, terlebih kebutuhan dalam pekerjaan suatu proyek bangunan air sangat membutuhkan data-data tersebut untuk melakukan sebuah perencanaan. Saat ini pengamatan secara insitu sangatlah kurang representatif sebagai media dalam mendapatkan data hujan karena jangkauannya yang sangat sempit sehingga memerlukan instrumen pendukung yang lebih.

Seiring berkembangnya teknologi yang semakin maju banyak cara untuk memperoleh informasi data presipitasi (curah hujan) salah satunya dengan teknologi remot sensing atau satelit. Produk-produk curah hujan berbasis satelit memiliki keunggulan dalam hal resolusi spasial dan temporal serta cakupan areal. Salah satu produk curah hujan satelit yaitu *TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)*. *TRMM* adalah satelit yang dibangun dan dikembangkan bersama oleh *USA NASA* dan *JAXA* (Badan Aerospasial Jepang) (Collischonn dkk., 2008).

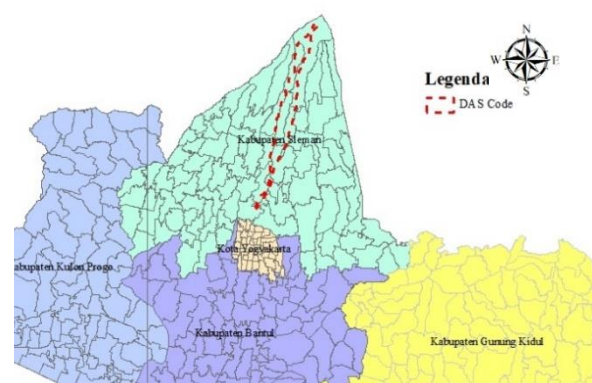
Pada penelitian ini akan mengkaji validitas data pengukuran curah hujan berbasis darat dengan data satelit menggunakan metode hidrologi *SCS* pada Sub DAS Code hulu dan dikoreksi dengan hidrograf stasiun *AWLR Gemawang*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Adjei dkk. (2012) dan Cao dkk. (2018) menguji validitas dan mengevaluasi data curah hujan satelit dengan data lapangan dalam skala waktu bulanan dan tahunan. Penelitian tersebut dilakukan pada lokasi DAS yang berbeda yaitu *Black Volta* di Ghana dan *Yangtze River Delta* di China. Hasil penelitian yang didapatkan oleh Adjei dkk. (2012) menyatakan bahwa nilai koefisien korelasi rata-rata data curah hujan bulanan memiliki hasil yang baik yaitu 0.94 dibanding dengan data curah hujan tahunan. Hasil penelitian Cao dkk. (2018) dalam mengevaluasi data hujan satelit yang dievaluasi dengan data 56 stasiun hujan mendapatkan hasil koefisien korelasi yang berlebihan yaitu 0.88 sedangkan untuk skala bulanan mendapatkan hasil yang lebih baik yaitu 0.96

pada hasil puncak dan 0.79 pada hasil terendah. Pada penelitian lain yang mengevaluasi dan membandingkan data curah hujan berbasis satelit dalam memperkirakan curah hujan skala musiman Ali dkk. (2017) menyimpulkan bahwa hasil pengamatan pada skala musiman mendapat hasil yang kurang baik pada semua musim. Begitu juga menurut Wang dkk. (2017) bahwa hasil yang di dapat kurang baik tetapi ada konsistensi yang sedikit lebih baik antara produk satelit dan pengukuran yaitu pada musim gugur. Perlu dilakukan investigasi lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Pola hujan yang berbeda-beda juga mempengaruhi kesesuaian data curah hujan lapangan dengan produk data curah hujan satelit. Menurut Mamenun dkk. (2014), Perbandingan data hujan satelit terhadap data lapangan menunjukkan pada wilayah dengan pola hujan monsun, pola dan intensitas data satelit cukup mendekati data hujan lapangan. Pada wilayah dengan pola hujan equatorial, data satelit menunjukkan overestimate yang cukup besar pada musim hujan terutama pada bulan puncak hujan sedangkan pada wilayah lokal, data satelit cenderung underestimate.

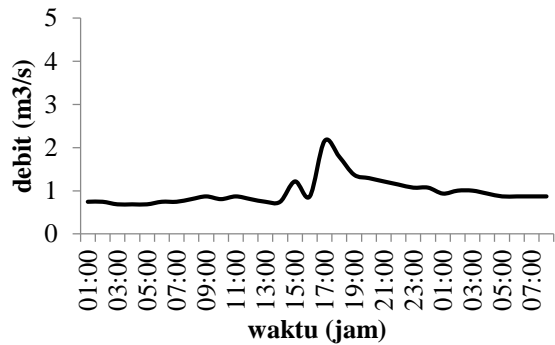
## 2. Lokasi dan Data Penelitian

Lokasi Daerah Aliran Sungai (DAS) yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sub DAS Code hulu dengan luas area DAS 24.755 km<sup>2</sup>. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data curah hujan hasil pengukuran penakar hujan pada dua stasiun pengukuran hujan dengan interval pengukuran 5 menit. Pada penginderaan jarak jauh menggunakan satelit, data yang digunakan yaitu data curah hujan harian *Global Precipitation Measurement (GPM)* produk satelit *GPM IMERG Final Precipitation* dengan resolusi spasial 0.1° x 0.1°

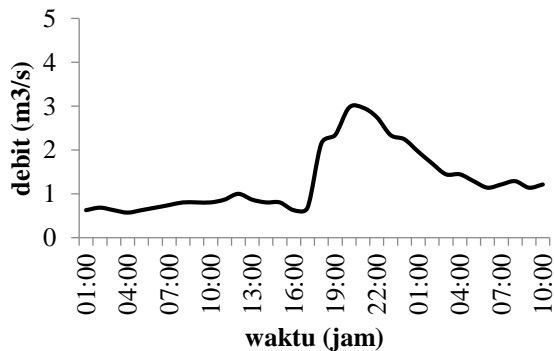


Gambar 1. Lokasi Penelitian.

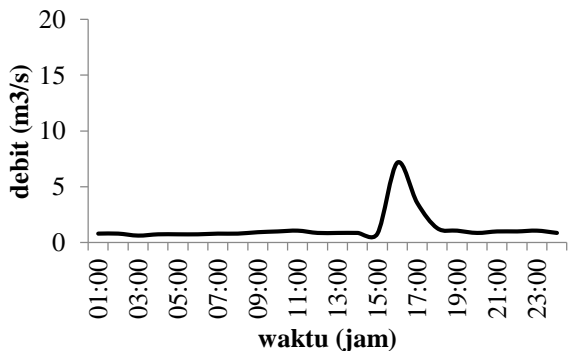
Data pengukuran muka air AWLR Gemawang dialihragamkan menjadi data debit yang dibagi menjadi 9 kondisi seperti ditunjukkan pada Tabel 1.



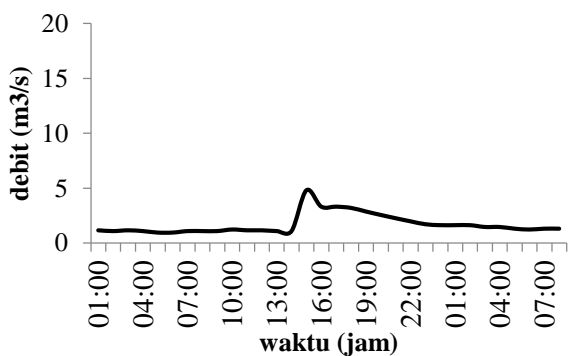
Gambar 4. Debit pada tanggal 26 November s/d 27 November 2017.



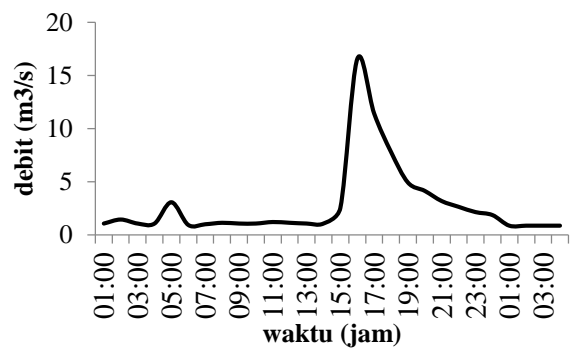
Gambar 5. Debit pada tanggal 16 Januari s/d 17 Januari 2018.



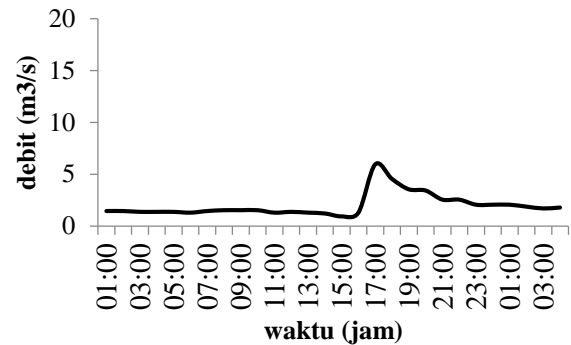
Gambar 6. Debit pada tanggal 18 Januari 2018.



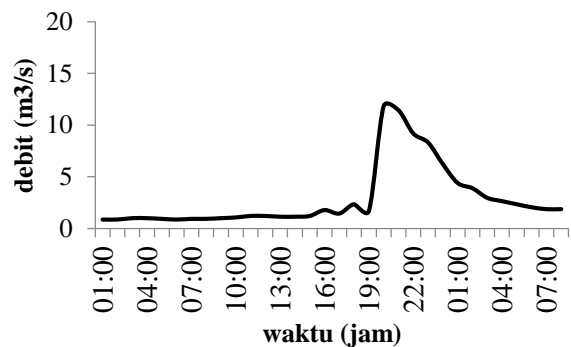
Gambar 7. Debit pada tanggal 22 Januari s/d 23 Januari 2018.



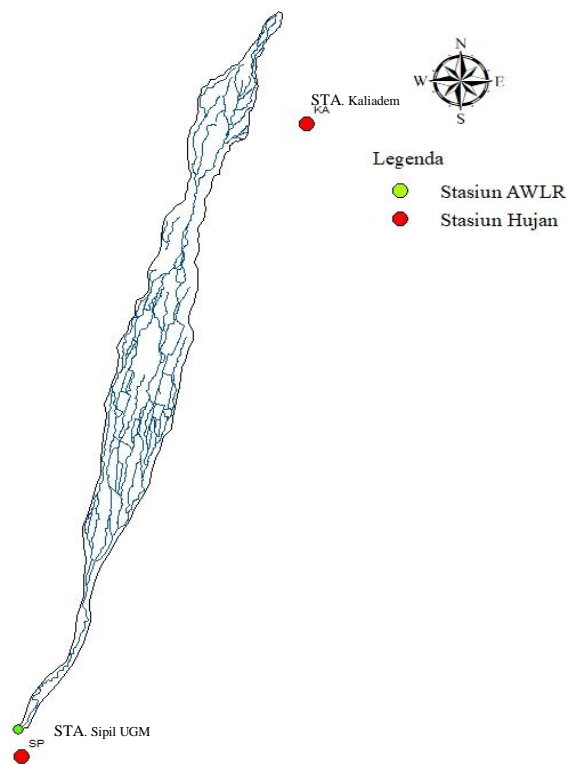
Gambar 8. Debit pada tanggal 02 Februari s/d 03 Februari 2018.



Gambar 9. Debit pada tanggal 04 Februari s/d 05 Februari 2018.



Gambar 10. Debit pada tanggal 07 Februari s/d 08 Februari 2018.



Gambar 11. Peta sebaran lokasi stasiun hujan di dalam sub DAS Code hulu.

### 3. Analisis Data

#### *Daerah Aliran Sungai (DAS)*

DAS merupakan wilayah yang dibatasi pembatas topografi sebagai batas tangkapan air hujan yang berakhir pada muara sungai. Proses pembuatan DAS dilakukan dengan menghubungkan punggung-punggung bukit atau gunung di sekeliling Sungai Code hulu dengan titik *outlet* pada stasiun AWLR Gemawang hingga membentuk garis utuh. Hasil yang didapat pada analisis ini yaitu luas DAS yang merupakan daerah tangkapan air pada sub DAS Code hulu, panjang sungai yang merupakan panjang lintasan air yang mengalir pada suatu DAS, dan *slope* sungai yang merupakan kemiringan dasar aliran, semakin miring suatu saluran semakin meningkat kecepatannya. Analisis DAS juga dibutuhkan dalam pembuatan peta tatagunalahan sebagai data masukan dalam menentukan luasan penutup lahan pada sub DAS Code hulu. Luas penutup lahan sub DAS Code hulu ditampilkan pada Tabel 4.

#### *Hujan Rata-rata DAS*

Analisa hujan rata-rata DAS dilakukan dengan metode poligon *Thiessen* yang proses pembuatannya menggunakan *Analysis Tools Thiessen Polygon* pada *software ArcMap*

10.2.1. Setelah pembuatan poligon Thiessen, didapatkan data luas area pengaruh masing-masing stasiun hujan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

#### *Peta Tataguna Lahan sub DAS Code Hulu*

Dalam pembuatan peta tataguna lahan data masukan yang digunakan adalah data landuse wilayah Sub DAS Code hulu yang diunduh pada <https://tanahair.indonesia.go.id>. Pembuatan peta landuse menggunakan *software ArcMap 10.6.1* yang bertujuan untuk menentukan koefisien penutup lahan dalam menganalisis data hujan. Luas penutup lahan pada sub DAS Code ditunjukkan pada Tabel 4.

#### *Analisis Hujan Efektif*

Salah satu metode yang mentransformasikan volume curah hujan ke dalam volume limpasan langsung yaitu metode SCS-CN. Menurut Harsanto (2007), dalam memprediksi imbasan langsung dengan metode ini didasarkan pada parameter retensi (*S*), *initial abstraction* (*Ia*), dan hujan harian.

Penentuan nilai CN dikelompokkan dalam satu jenis tanah yaitu kelompok tanah B dalam *Hydrologic Soil Groups*, maka luasan dan nilai CN di DAS Code hulu identik dengan tataguna lahan saja. Nilai *curve number* (*CN*) ditunjukkan pada Table 5. Parameter retensi (*S*) adalah variabel yang berhubungan langsung dengan jenis tanah, tataguna lahan, dan kelembaban tanah. Persamaan untuk menghitung nilai parameter retensi adalah sebagai berikut:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

dengan:

*S* : parameter retensi

*CN* : *curve number*

*Initial abstraction* (*Ia*) adalah fungsi penggunaan tanah, perlakuan dan kondisi, serta kandungan air tanah sebelumnya. Parameter ini mewakili nilai intersepsi, evaporasi, dan penahan air yang mempengaruhi kemungkinan terjadinya limpasan langsung. Persamaan untuk menentukan nilai *Ia* adalah sebagai berikut:

$$Ia = \lambda \times S$$

dengan:

*Ia* : initial abstraction

$\lambda$  : rasio abstraksi, berkisaran 0 sampai 0.3

*S* : parameter retensi

### Rating Curve

Data muka air yang didapat dari Stasiun AWLR Gemawang dialihragamkan menjadi data debit aliran dengan persamaan berikut.

$$q(t) = 10.861(x^{1.7672})$$

dengan:

$q$  : debit aliran sungai (m<sup>3</sup>/s)

$x$  : muka air sungai (m)

(setiap stasiun AWLR memiliki persamaan masing-masing untuk mengkonversi muka air menjadi debit)

### Aliran Dasar

Menurut Furey dan Gupta (2001) Untuk memperkirakan besarnya kontribusi aliran dasar pada DAS Code hulu, maka perlu dilakukan pemisahan hidrograf debit aliran dasar dari hidrograf debit aliran sungai. Proses pemisahan hidrograf debit aliran dasar (*baseflow*) dari hidrograf aliran sungai yaitu dengan mengasumsikan debit aliran dasar memiliki nilai yang sama.

### Keofisien Korelasi dan Efisiensi

Pada penelitian ini koefisien korelasi ( $R^2$ ) digunakan untuk menunjukkan besarnya keterkaitan antara data observasi dan satelit dan koefisien efisiensi untuk menguji efisiensi model hidrograf terhadap debit observasi dan satelit. Menurut Hendra (2015),

$$CE = \frac{\sum_{i=1}^n (Qo(i) - Qc(i))^2}{\sum_{i=1}^n (Qo(i) - Qo_{rata-rata}(i))^2}$$

dengan:

$Qo(i)$  : debit terukur (m<sup>3</sup>/s)

$Qc(i)$  : debit terhitung (m<sup>3</sup>/s)

### Evaluasi Ketelitian Model

Menurut Aziz dan Tanaka (2011) Untuk mengkaji ketelitian suatu model ada beberapa indikator penilaian antaralain kesalahan bentuk gelombang (*wave shape error*), kesalahan volume (*volume error*), dan kesalahan debit puncak (*peak discharge error*) yang di kembangkan oleh *Japan Institute of Construction Engineering (JICE)*.

*Wave shape error* :

$$Ew = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{Qo(i) - Qc(i)}{Qo(i)} \right)^2$$

*Volume Error*

$$Ev = \frac{\sum_{i=1}^n Qo(i) - \sum_{i=1}^n Qc(i)}{\sum_{i=1}^n Qo(i)}$$

*Peak Discharge Error*

$$Ep = \frac{Qop - Qcp}{Qop}$$

dengan:

$Ew$  : kesalahan bentuk gelombang (*wave shape error*)

$Ev$  : kesalahan volume (*volume error*)

$Ep$  : kesalahan debit puncak (*peak discharge error*)

$Qo(i)$  : debit terukur (m<sup>3</sup>/s)

$Qc(i)$  : debit terhitung (m<sup>3</sup>/s)

Tabel 3. Luas daerah pengaruh stasiun hujan

No	Stasiun	Koordinat		Luas Area (km <sup>2</sup> )
		Longitude	Latitude	
1	ARR Sipil UGM	110.3723675	-7.764741328	7.368
2	ARR Kaliadem	110.4475194	-7.583641424	17.387
Jumlah				24.755

Tabel 4. Luas penutup lahan pada sub DAS Code

No	Lahan Penutup	Luas Area (km <sup>2</sup> )
1	Hutan	3.794
2	Padang Rumput	0.056
3	Kebun / Perkebunan	1.706
4	Gedung / Bangunan / Pemukiman	4.812
5	Sawah	11.549
6	Tegalan / Ladang	1.926
7	Semak Belukar	0.913
Jumlah		24.755

Tabel 5. Nilai *curve number* (CN)

No	Lahan Penutup	Luas Area (km <sup>2</sup> )	Persentase (%)	CN
1	Hutan	3.794	15.325	55
2	Padang Rumput	0.056	0.227	69
3	Kebun / Perkebunan	1.706	6.891	65
4	Gedung / Bangunan / Pemukiman	4.812	19.439	71
5	Sawah	11.549	46.651	75
6	Tegalan / Ladang	1.926	3.688	56
7	Semak Belukar	0.913	7.778	69

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### *Karakteristik Sub DAS Progo Hulu*

Dalam melakukan analisis hidrologi perlu diketahui data karakteristik sungai yang akan ditinjau. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis hidrologi pada Sungai Code yang terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Karakteristik sub DAS Code hulu ditampilkan pada Table 6.

Tabel 6. Karakteristik sub DAS Code hulu

No	Karakteristik	Nilai
1	Luas sub DAS Code	24.76 km <sup>2</sup>
2	Panjang sungai utama	27.44 km
3	Kemiringan sub DAS	0.094

##### *Hasil Analisis Curah Hujan Rata-rata DAS*

Data curah hujan yang diperlukan untuk menganalisis debit adalah curah hujan rata-rata Sub DAS Code hulu. Data curah hujan yang curah hujan berdasarkan tingkat kelembaban awan yang diterjemahkan menjadi data presipitasi (curah hujan) dalam skala waktu yang diinginkan. Sedangkan hujan ARR akan merekam pada saat hujan telah terjadi pada lokasi stasiun hujan ARR berada. Jeda waktu (delay) kejadian hujan yang terjadi yaitu 8.5 jam.

##### *Hasil Analisis Limpasan Langsung*

Analisis ini dilakukan untuk menghitung limpasan langsung yang terjadi pada suatu DAS tertentu. Hasil dari analisis ini diharapkan mampu mendekati dengan debit yang terjadi sebenarnya. Dari hasil analisis limpasan langsung menunjukkan penyimpangan yang besar. Perlu dilakukan koreksi dengan mengasumsikan volume hujan yang terjadi sama dengan volume debit yang dipengaruhi.

tersedia disetiap stasiun hujan hanya berupa curah hujan pada lokasi alat penakar hujan dipasang, sehingga perlu dilakukan suatu analisis hidrologi. Hasil analisis hujan rata-rata ditampilkan pada Lampiran A.

##### *Hasil Analisis Hidrologi Metode SCS*

Pada penelitian ini menggunakan 9 data yang berpasangan antara hujan efektif *ARR* dan *TRMM* yang dianalisis menggunakan metode *SCS*. Debit pengukuran di stasiun *AWLR* Gemawang yang telah dipisahkandebit aliran dasar dengan debit pengukuran. Hasil disajikan pada Lampiran B.

Dari gambar pengamatan hujan yang ditampilkan pada Lampiran B bisa dilihat bahwa hujan *TRMM* merekam kejadian hujan lebih awal dari hujan *ARR*. Hal ini disebabkan satelit *TRMM* merekam kejadian dan besarnya

Akibat dari besarnya penyimpanan limpasan langsung yaitu jenis klasifikasi tanah yang dikelompokkan dalam satu jenis, nilai *CN* komposit, dan nilai rasio *initial abstraction* ( $\lambda$ ) yang disamakan. Hasil analisis limpasan langsung ditampilkan pada Lampiran C.

##### *Hasil Evaluasi Ketelitian Model*

Dari hasil analisis seluruh model hidrograf pada analisis (Ew) model 18 Januari 2018 mendapat hasil yang cukup besar yaitu 29.851 pada hidrograf debit *ARR* dan 11.843 pada hidrograf debit *TRMM*. Dengan nilai kesalahan tersebut mengidentifikasikan bahwa model masih kurang akurat, untuk itu perlu dilakukan peningkatan akurasi. Semakin mendekati nilai 0 (nol) maka hasil pemodelan semakin baik. Hasil evaluasi ketelitian model ditampilkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Nilai debit puncak dan volume hidrograf

Tanggal	Qp (ARR)	Qp (TRMM)	Qp (AWLR)	Volume ARR (m <sup>3</sup> )	Volume TRMM (m <sup>3</sup> )	Volume AWLR (m <sup>3</sup> )
20-21 Jan 17	3.33	2.58	2.29	40275.35	40275.35	40275.35
16-17 Mar 17	2.26	2.02	3.03	23185.49	23185.49	23185.49
26-27 Nov 17	1.46	1.20	1.31	16732.71	16736.10	16737.16
16-17 Jan 18	3.47	3.11	2.19	49623.34	49512.46	49689.03
18 Jan 18	2.30	1.82	6.28	36823.18	36823.18	36823.18
22-23 Jan 18	5.35	3.88	4.31	68815.45	68814.44	68815.45
02-03 Feb 18	17.25	15.15	18.37	173659.61	173650.55	173655.86
04-05 Feb 18	2.78	6.20	5.73	63232.83	63232.83	63232.83
07-08 Feb 18	13.16	10.12	11.22	181251.54	181251.54	181251.54

Tabel 8. Hasil analisis kesalahan model hidrograf

Tanggal	Wave Shape Error (Ew)		Peak Discharge Error (Ep)	
	ARR	TRMM	ARR	TRMM
	20-21 Jan 17	1.058	1.215	0.452
16-17 Mar 17	0.400	2.376	0.255	0.333
26-27 Nov 17	0.393	0.838	0.116	0.086
16-17 Jan 18	0.219	0.888	0.582	0.416
18 Jan 18	29.851	11.843	0.633	0.710
22-23 Jan 18	0.488	0.821	0.241	0.101
02-03 Feb 18	0.316	6.711	0.061	0.175
04-05 Feb 18	7.451	5.833	0.515	0.082
07-08 Feb 18	2.119	0.888	0.173	0.097

### Koefisien Korelasi dan Efisiensi

Tabel 9. Hasil analisis korelasi

Tanggal	ARR-AWLR (R <sup>2</sup> )	TRMM-AWLR (R <sup>2</sup> )
20, 21 Jan 17	0.1119	0.0256
16, 17 Mar 17	0.3088	0.0056
26, 27 Nov 17	0.1481	0.1381
16, 17 Jan 18	0.7800	0.6161
18 Jan 18	0.0214	0.0523
22, 23 Jan 18	0.3983	0.0314
02, 03 Feb 18	0.3561	0.0018
04, 05 Feb 18	0.0155	0.00003
07, 08 Feb 18	0.0341	0.066

Berdasarkan nilai *coefficient of determination* (R<sup>2</sup>) antar debit ARR dan TRMM mendapatkan hasil kesesuaian yang tidak konsisten. Nilai korelasi rata-rata debit ARR-AWLR sebesar 0.2416 yang dikategorikan sebagai data keofisien rendah dan TRMM-AWLR sebesar 0.1041 yang dikategorikan sebagai data koefisien cukup rendah.

Dari hasil analisis keofisien efisiensi menunjukkan bahwa hampir seluruh data

menunjukkan nilai lebih dari 0.75 (sangat efisien) yang artinya bahwa data memiliki kecocokan secara keseluruhan.

Tabel 10. Hasil analisis koefisien efisiensi

Tanggal	CE (ARR)	CE (TRMM)
20, 21 Jan 17	2.16	2.14
16, 17 Mar 17	0.66	1.61
26, 27 Nov 17	1.57	1.45
16, 17 Jan 18	0.47	0.63
18 Jan 18	1.48	1.38
22, 23 Jan 18	1.08	2.24
02, 03 Feb 18	0.83	1.89
04, 05 Feb 18	1.32	2.29
07, 08 Feb 18	1.73	1.39

### 5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai Analisis Hidrologi Metode SCS Menggunakan Data Hujan TRMM pada sub DAS Code dapat diperoleh beberapa kesimpulan antara lain.

- Jeda waktu (*delay*) rata-rata pengukuran curah hujan satelit dan darat kurang lebih 8.5 jam berdasarkan data analisis yang digunakan pada penelitian ini.
- Untuk mengatasi keterbatasan data curah hujan dalam kebutuhan perencanaan atau

penelitian, berdasarkan hasil analisis kesalahan model dapat disimpulkan bahwa data curah hujan TRMM dapat digunakan dalam kebutuhan tersebut.

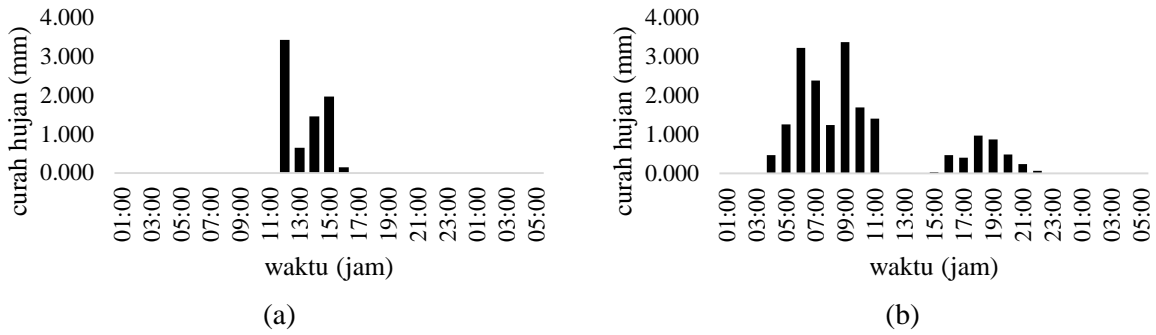
- c. Dari analisis indeks kesesuaian dan efisiensi, data satelit ARR dapat disimpulkan sebagai data yang lebih sesuai dengan data pengukuran AWLR. Pada penelitian ini koefisien korelasi rata-rata debit ARR-AWLR sebesar 0.2416 yang dikategorikan sebagai data koefisien rendah dan TRMM-AWLR sebesar 0.1041 yang dikategorikan sebagai data koefisien cukup rendah, sedangkan untuk koefisien efisiensi mendapat nilai rata-rata 1.67 yang dikategorikan sebagai data optimasi yang sangat efisien.
- d. Perbedaan tinggi curah hujan antar data satelit dan data observasi yang menunjukkan terjadi curah hujan ekstrim atau bahkan sebaliknya merupakan pengaruh dari sirkulasi atmosfer yang bersifat dinamis. Hasil estimasi satelit di atmosfer dapat berpindah akibat adanya faktor yang mempengaruhi (angin atau perbedaan tekanan) sebelum menjadi curah hujan di permukaan.

## 6. Daftar Pustaka

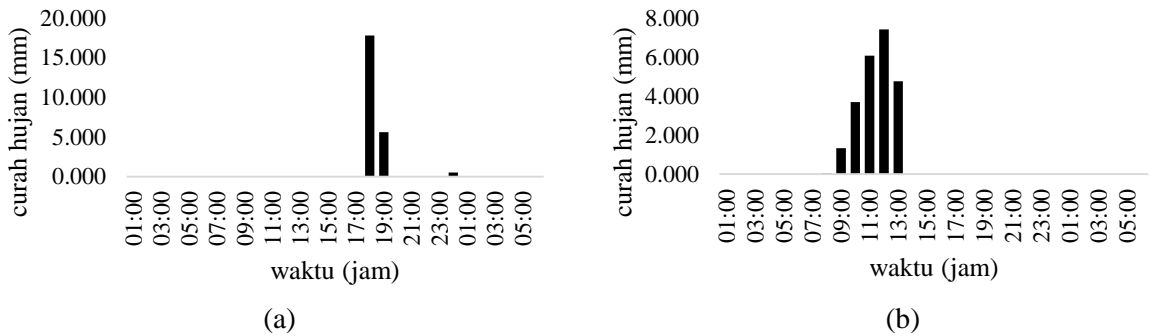
- Adjei, K. A., Ren, L., Appiah-Adjei, E. K., Kankam-Yeboah, K., & Agyapong, A. A. (2012). Validation of TRMM Data in the Black Volta Basin of Ghana. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(5), 647–654.
- Ali, A., Xiao, C., Anjum, M., Adnan, M., Nawaz, Z., Ijaz, M., ... Farid, H. (2017). Evaluation and Comparison of TRMM Multi-Satellite Precipitation Products With Reference to Rain Gauge Observations in Hunza River Basin, Karakoram Range, Northern Pakistan. *Sustainability*, 9(11), 1954–1973
- Aziz, A., & Tanaka, S. (2011). Regional parameterization and applicability of Integrated Flood Analysis System (IFAS) for flood forecasting of upper-middle Indus River. *Pak. J. Meteorol*, 8, 21–38.
- Cao, Y., Zhang, W., & Wang, W. (2018). Evaluation of TRMM 3B43 data over the Yangtze River Delta of China. *Scientific Reports*, 8(1), 5290–5302.
- Collischonn, B., Collischonn, W., & Tucci, C. E. M. (2008). Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. *Journal of Hydrology*, 360(1–4), 207–216.
- Furey, P. R., & Gupta, V. K. (2001). A physically based filter for separating base flow from streamflow time series. *Water Resources Research*, 37(11), 2709–2722.
- Harsanto, P. (2007). Analisis Limpasan Langsung Dengan Model Distribusi dan Komposit. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hendra, Y., Fauzi, M., & Sutikno, S. (2015). Pemanfaatan Data ARR (Automatic Rainfall Recorder) Untuk Peningkatan Efektifitas Model Hujan Satelit (Studi Kasus DAS Indragiri). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 2(2), 1–14.
- Mamenun, M., Pawitan, H., & Sopaheluwakan, A. (2014). Validasi dan koreksi data satelit trmm pada tiga pola hujan di indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(1), 13–23.
- Wang, G., Zhang, P., Liang, L., & Zhang, S. (2017). Evaluation of precipitation from CMORPH, GPCP-2, TRMM 3B43, GPCP, and ITPCAS with ground-based measurements in the Qinling-Daba Mountains, China. *Plos One*, 12(10), e0185147.



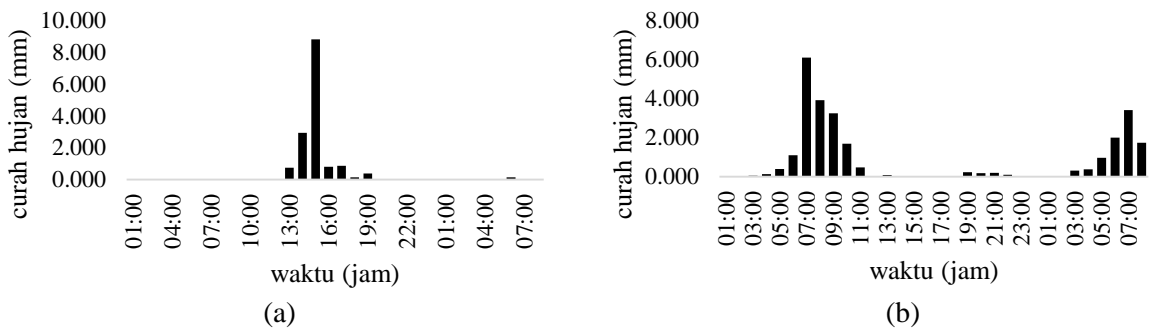
Lampiran A



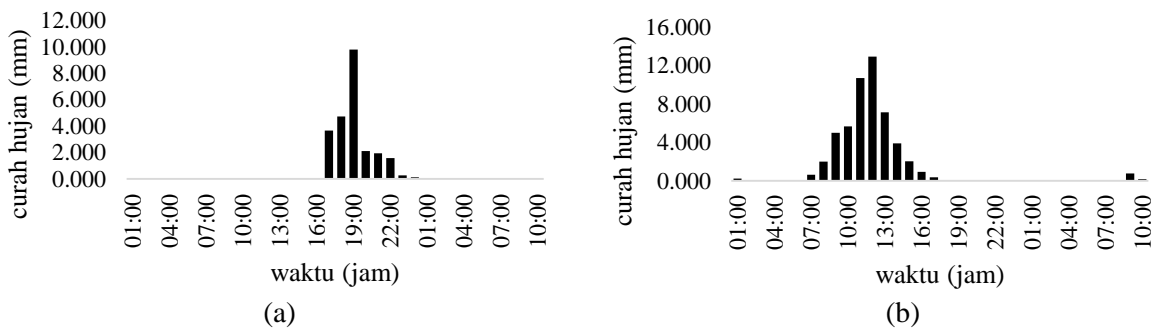
Gambar A.1 (a) Curah hujan rata-rata ARR 20-21 Januari 2017, (b) Curah hujan rata-rata TRMM 20-21 Januari 2017.



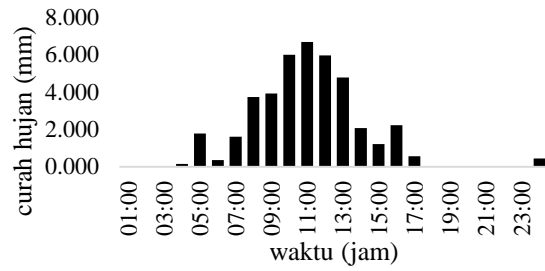
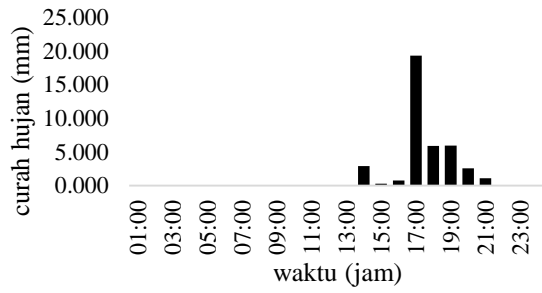
Gambar A.2 (a) Curah hujan rata-rata ARR 16-17 Maret 2017, (b) Curah hujan rata-rata TRMM 16-17 Maret 2017.



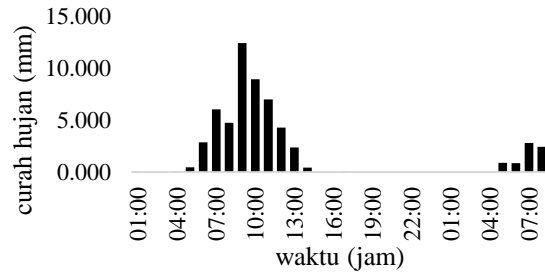
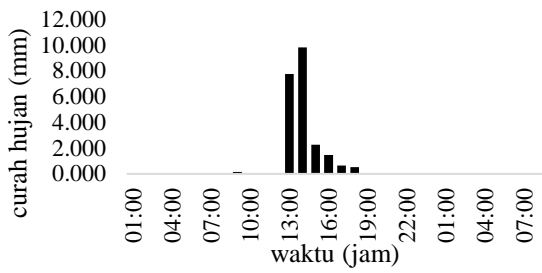
Gambar A.3 (a) Curah hujan rata-rata ARR 26-27 November 2017, (b) Curah hujan rata-rata TRMM 26-27 November 2017.



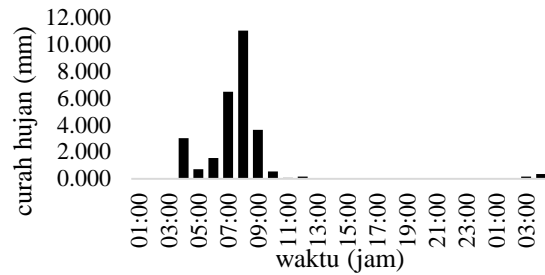
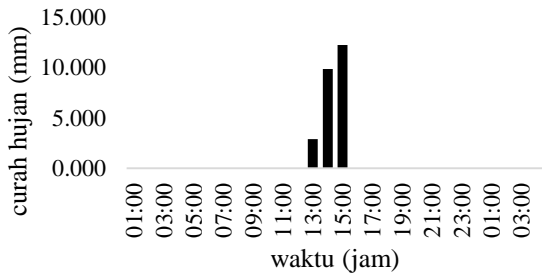
Gambar A.4 (a) Curah hujan rata-rata ARR 16-17 Januari 2018, (b) Curah hujan rata-rata TRMM 16-17 Januari 2018.



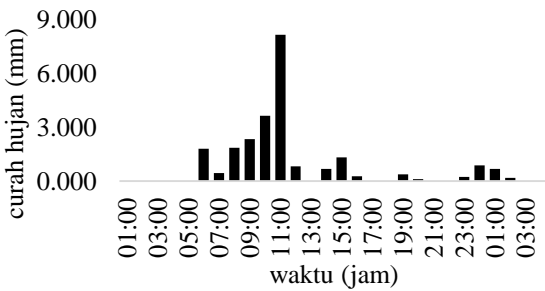
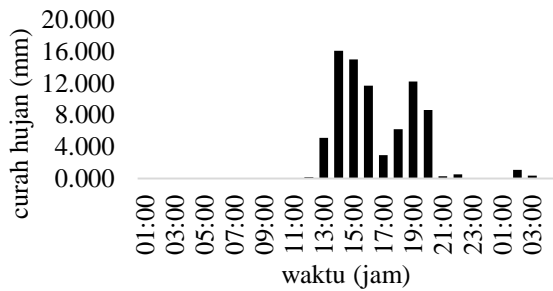
Gambar A.5 (a) Curah hujan rata-rata ARR 18 Januari 2018, (b) Curah hujan rata-rata TRMM 18 Januari 2018.



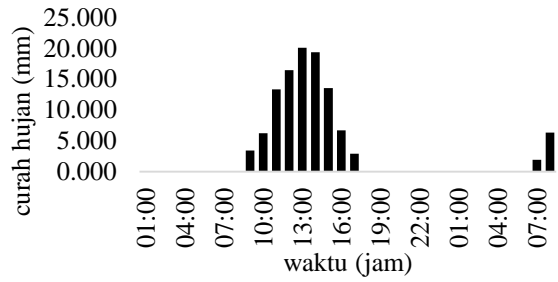
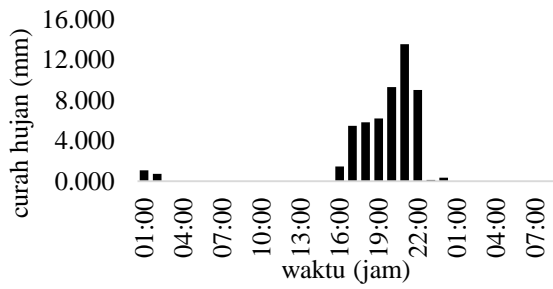
Gambar A.6 (a) Curah hujan rata-rata ARR 22-23 Januari 2018, (b) Curah hujan rata-rata TRMM 22-23 Januari 2018.



Gambar A.7 (a) Curah hujan rata-rata ARR 02-03 Februari 2018, (b) Curah hujan rata-rata TRMM 02-03 Februari 2018.

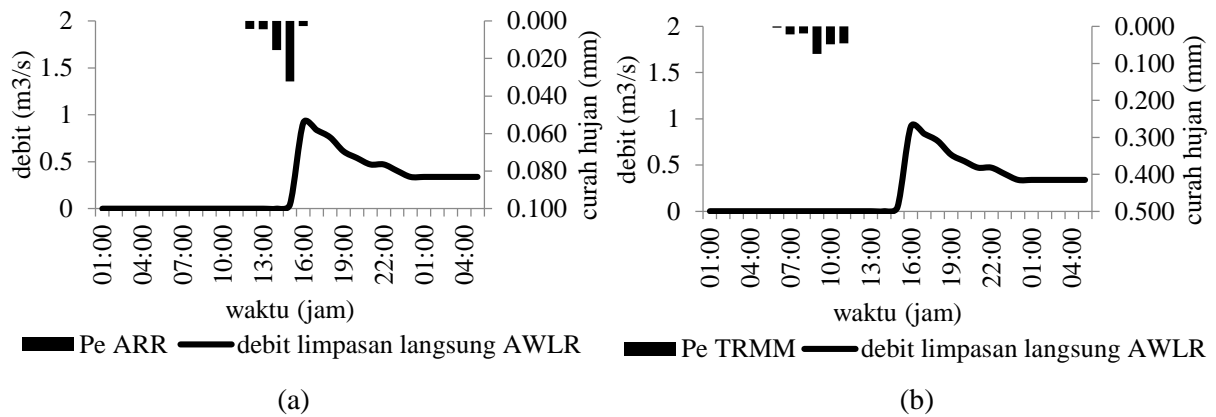


Gambar A.8 (a) Curah hujan rata-rata ARR 04-05 Februari 2018, (b) Curah hujan rata-rata TRMM 04-05 Februari 2018.

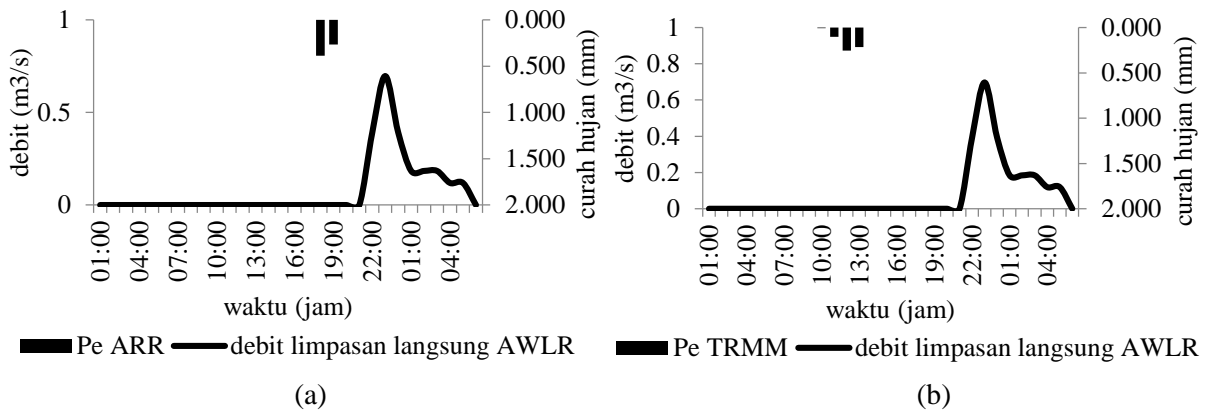


Gambar A.9 (a) Curah hujan rata-rata ARR 07-08 Februari 2018, (b) Curah hujan rata-rata TRMM 07-08 Februari 2018.

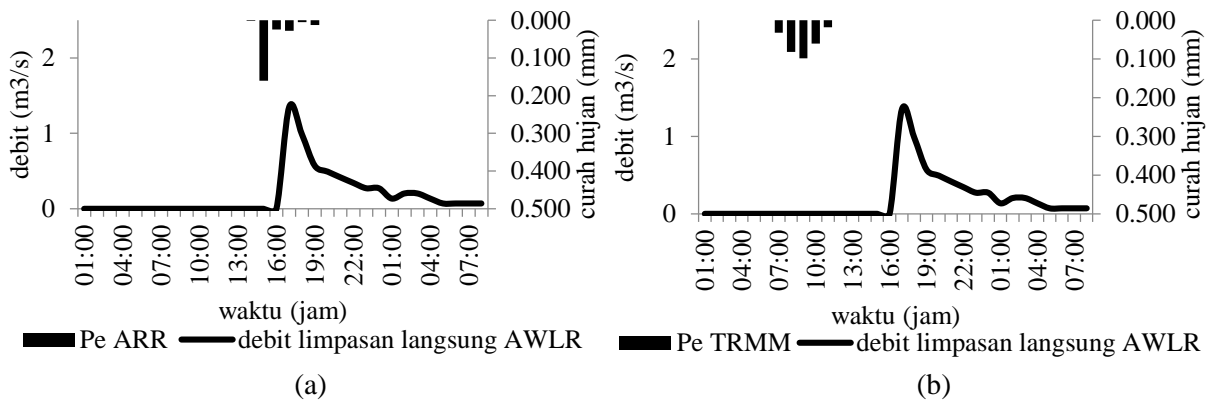
Lampiran B



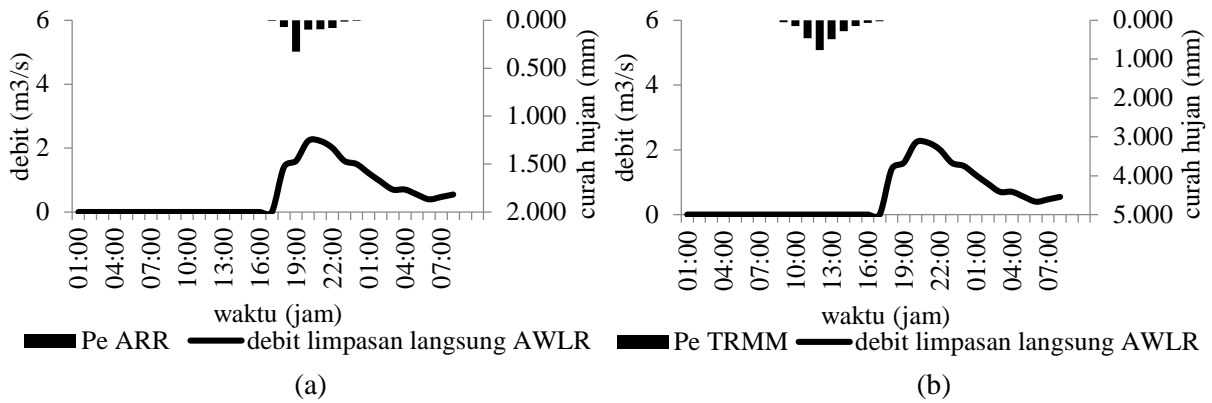
Gambar B.1 (a) Hidrograf satuan pengamatan hujan ARR 20-21 November 2017, (b) Hidrograf satuan pengamatan hujan TRMM 20-21 November 2017.



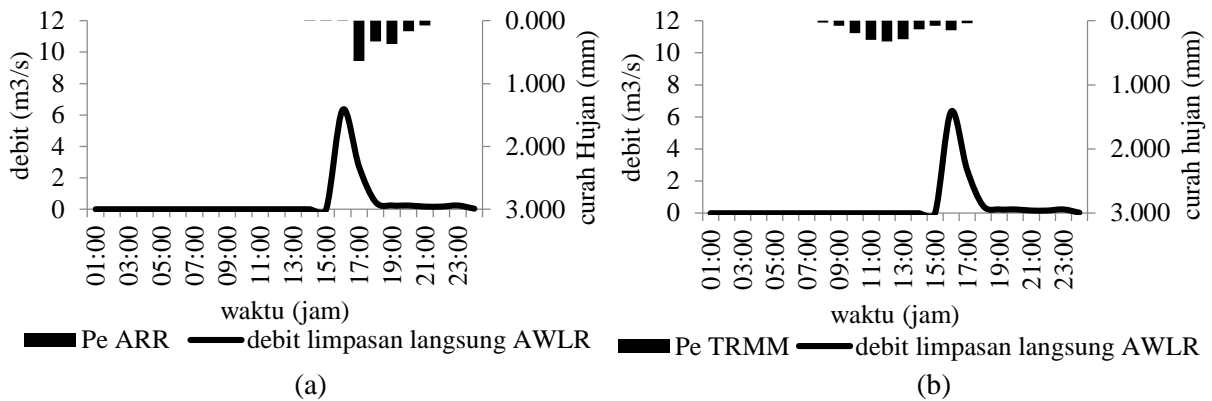
Gambar B.2 (a) Hidrograf satuan pengamatan hujan ARR 16-17 Maret 2017, (b) Hidrograf satuan pengamatan hujan TRMM 16-17 Maret 2017.



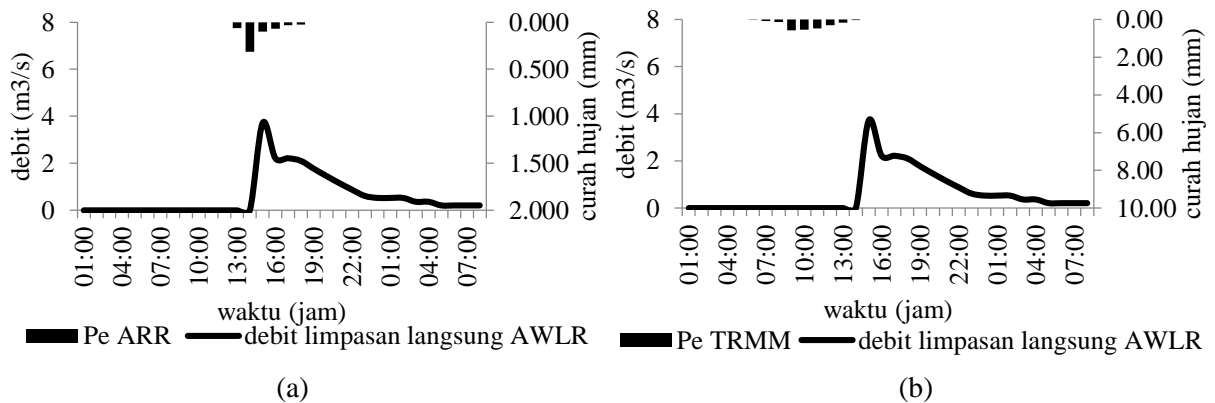
Gambar B.3 (a) Hidrograf satuan pengamatan hujan ARR 26-27 November 2017, (b) Hidrograf satuan pengamatan hujan TRMM 26-27 November 2017.



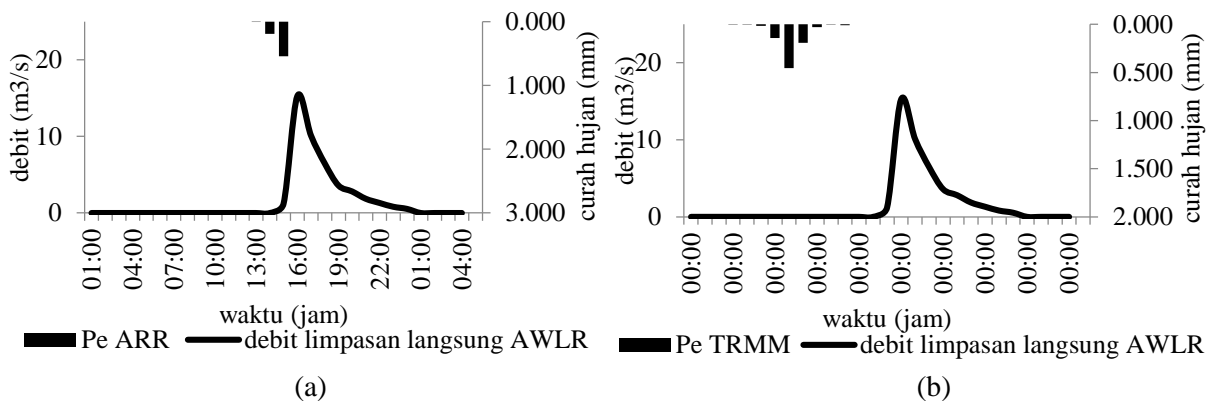
Gambar B.4 (a) Hidrograf satuan pengamatan hujan ARR 16-17 Januari 2018, (b) Hidrograf satuan pengamatan hujan TRMM 16-17 Januari 2018.



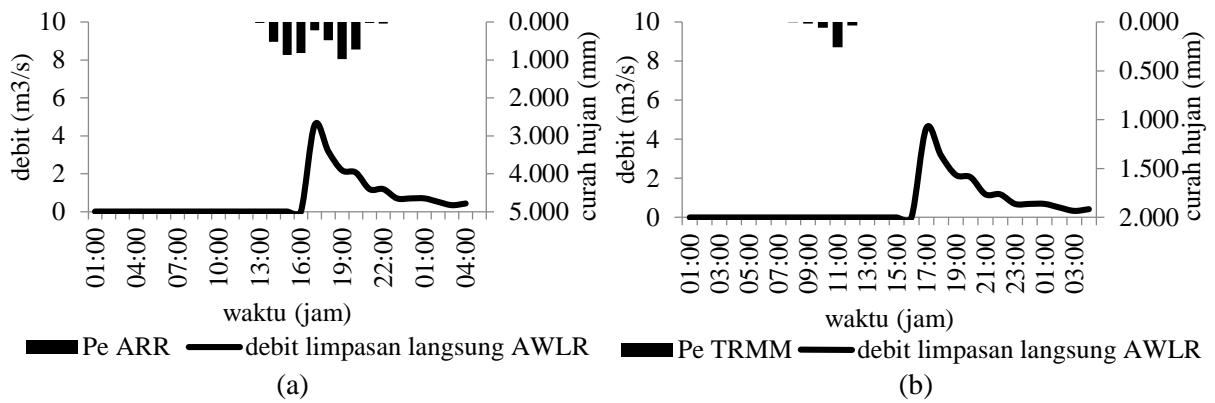
Gambar B.5. (a) Hidrograf satuan pengamatan hujan ARR 18 Januari 2018, (b) Hidrograf satuan pengamatan hujan TRMM 18 Januari 2018.



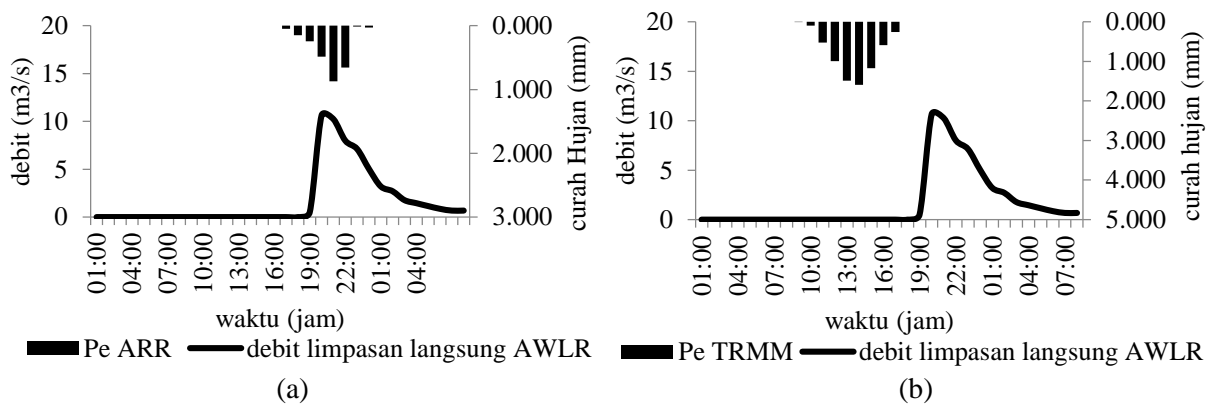
Gambar B.6 (a) Hidrograf satuan pengamatan hujan ARR 22-23 Januari 2018, (b) Hidrograf satuan pengamatan hujan TRMM 22-23 Januari 2018.



Gambar B.7 (a) Hidrograf satuan pengamatan hujan ARR 02-03 Februari 2018, (b) Hidrograf satuan pengamatan hujan TRMM 02-03 Februari 2018.

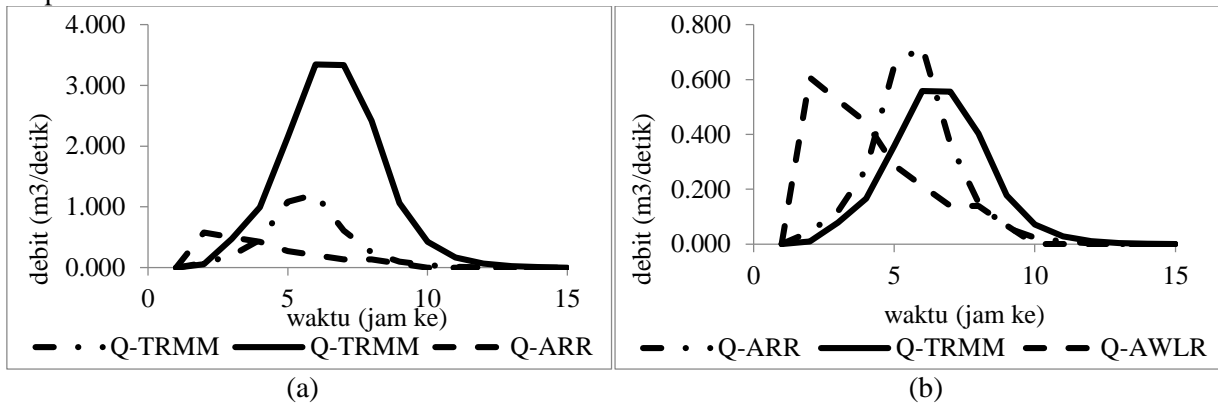


Gambar B.8 (a) Hidrograf satuan pengamatan hujan ARR 04-05 Februari 2018, (b) Hidrograf satuan pengamatan hujan TRMM 04-05 Februari 2018.

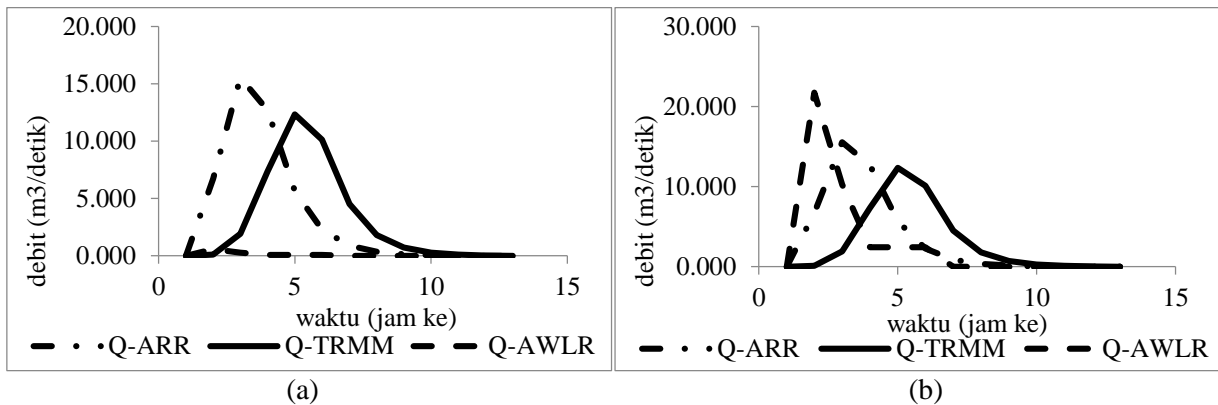


Gambar 28. (a) Hidrograf satuan pengamatan hujan ARR 07-08 Februari 2018, (b) Hidrograf satuan pengamatan hujan TRMM 07-08 Februari 2018.

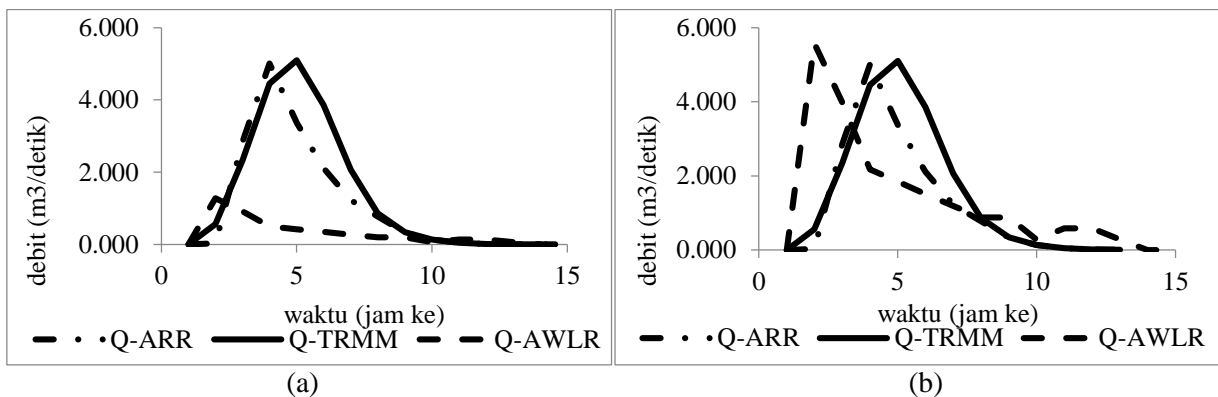
Lampiran C



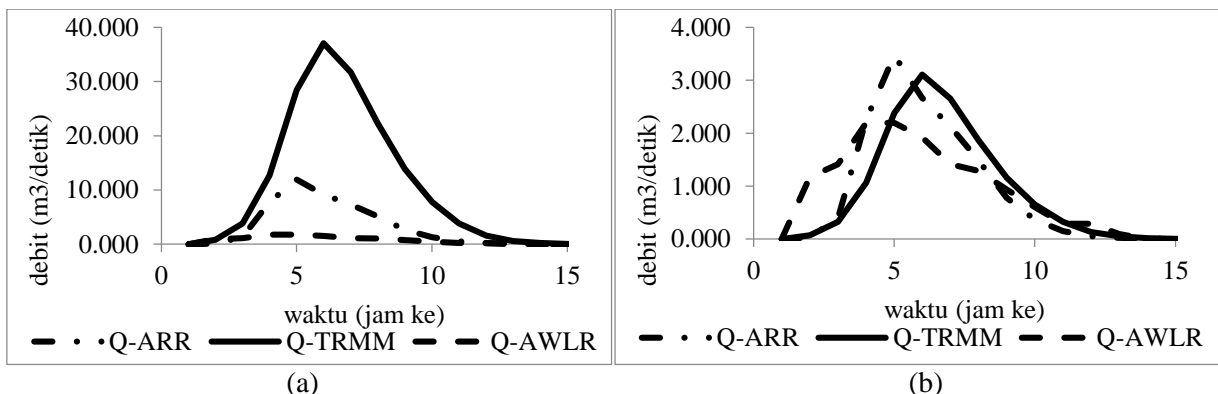
Gambar C.1 (a) Hidrograf debit limpasan langsung 20-21 Januari 2017 asli. (b) Hidrograf debit limpasan langsung 20-21 Januari 2017 terkoreksi.



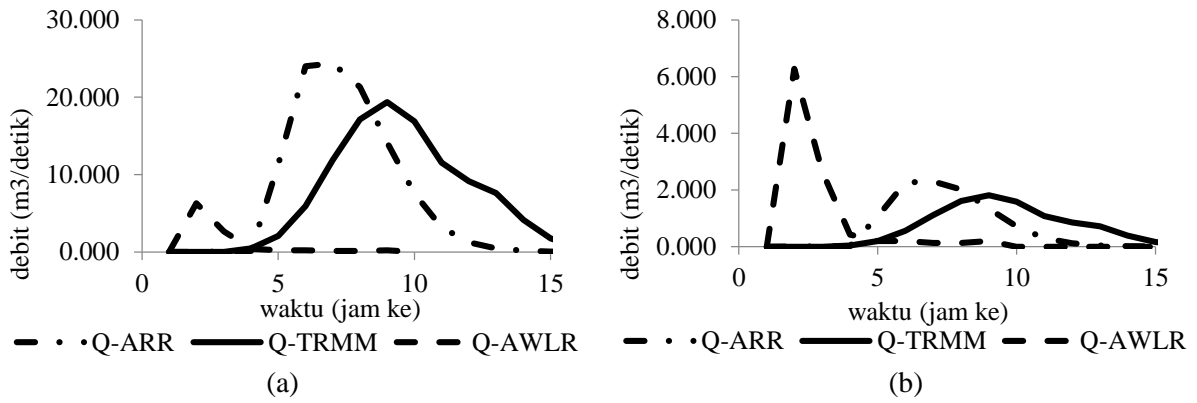
Gambar C.2 (a) Hidrograf debit limpasan langsung 16-17 Maret 2017 asli. (b) Hidrograf debit limpasan langsung 16-17 Maret 2017 terkoreksi.



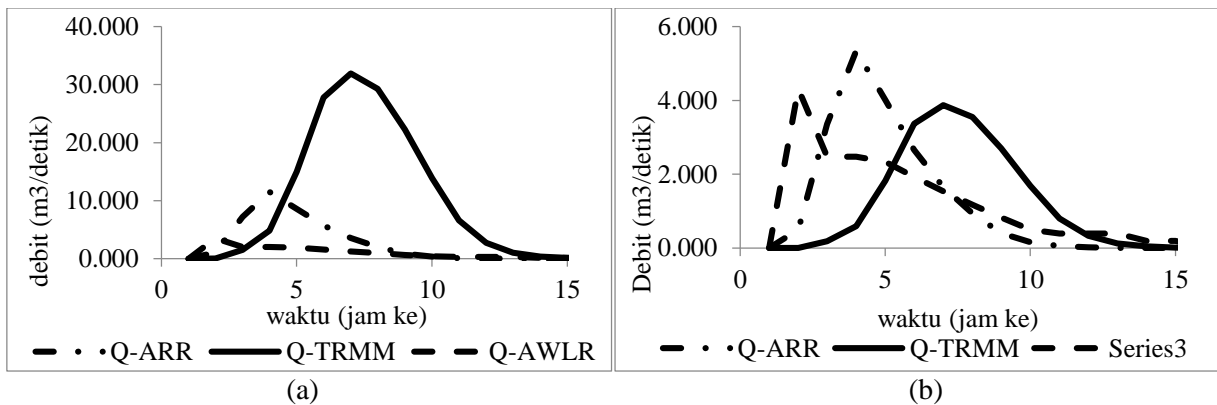
Gambar C.3 (a) Hidrograf debit limpasan langsung 26-27 November 2017 asli. (b) Hidrograf debit limpasan langsung 26-27 November 2017 terkoreksi.



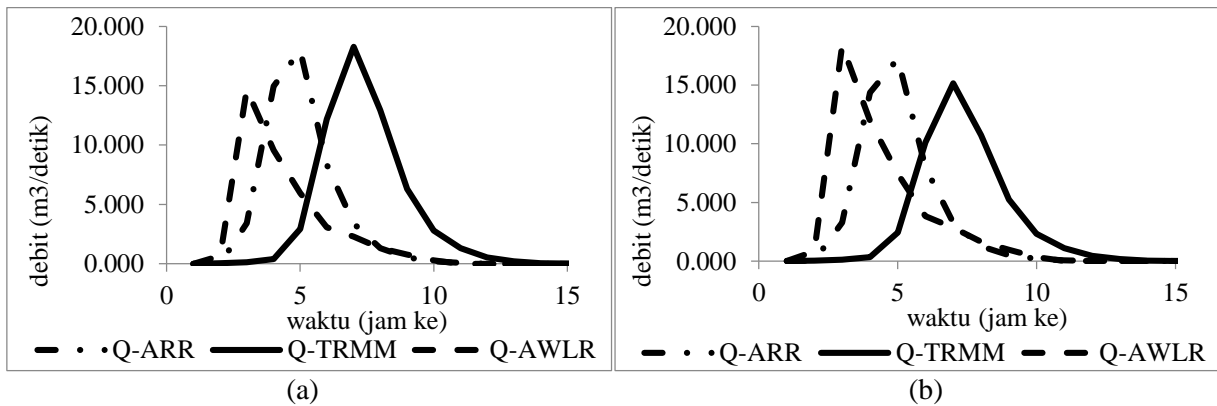
Gambar C.4 (a) Hidrograf debit limpasan langsung 16-17 Januari 2018 asli. (b) Hidrograf debit limpasan langsung 16-17 Januari 2018 terkoreksi.



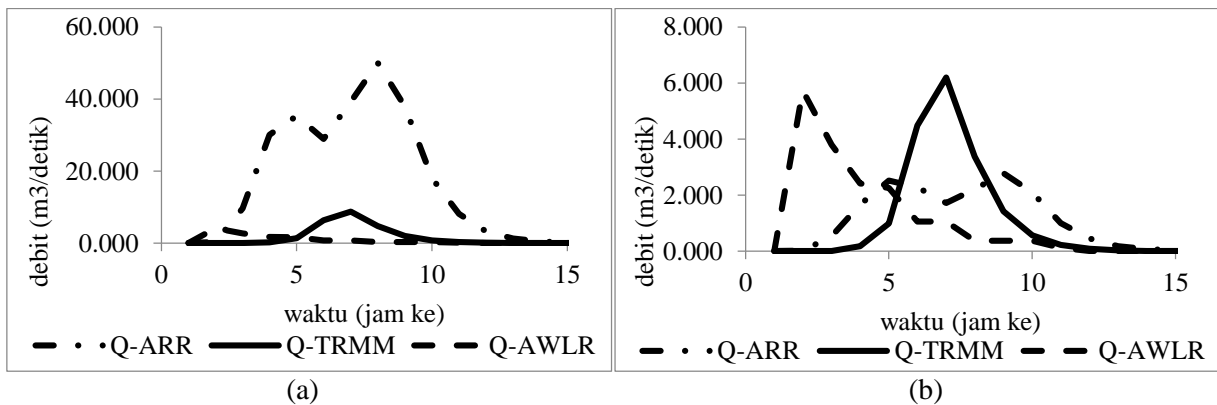
Gambar C.5 (a) Hidrograf debit limpasan langsung 18 Januari 2018 asli. (b) Hidrograf debit limpasan langsung 18 Januari 2018 terkoreksi.



Gambar C.6 (a) Hidrograf debit limpasan langsung 22-23 Januari 2018 asli. (b) Hidrograf debit limpasan langsung 22-23 Januari 2018 terkoreksi.

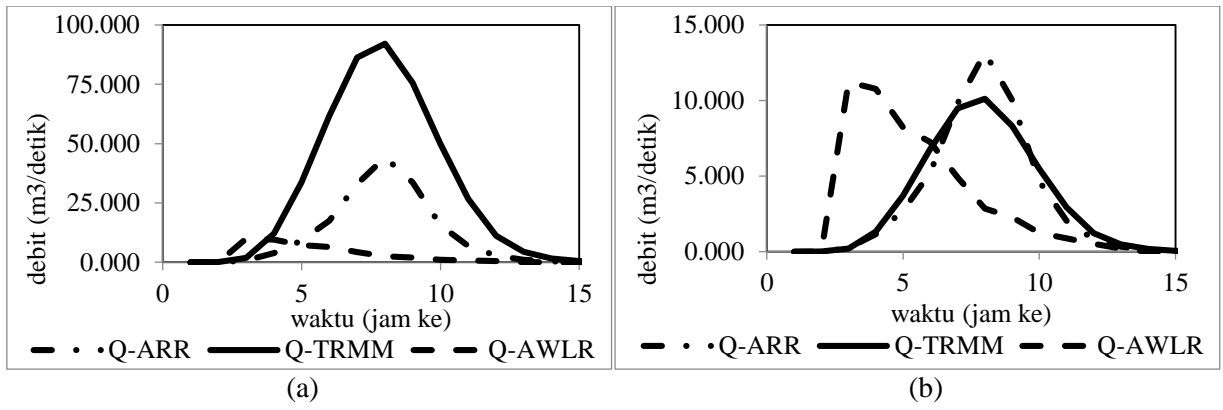


Gambar C.7 (a) Hidrograf debit limpasan langsung 02-03 Februari 2018 asli. (b) Hidrograf debit limpasan langsung 02-03 Februari 2018 terkoreksi.



Gambar C.8 (a) Hidrograf debit limpasan langsung 04-05 Februari 2018 asli. (b) Hidrograf debit limpasan langsung 02-03 Februari 2018 terkoreksi.





Gambar C.9 (a) Hidrograf debit limpasan langsung 07-08 Februari 2018 asli. (b) Hidrograf debit limpasan langsung 07-08 Februari 2018 terkoreksi.