

a. Data Stasiun Hujan dan Curah Hujan

Data stasiun hujan dan curah hujan jam – jaman pada DAS Gendol dari Universitas Gajah Mada (UGM) terdapat ¹⁴ 10 stasiun pengukur hujan ARR (*Automatic Rainfall Ratio*) yang tersebar di sekitar DAS Gendol, namun data yang terpakai dan tersedia pada daerah DAS Gendol hanya 2 data stasiun ARR yaitu ARR turgo dan ARR Kaliadem pada 17-28 Februari 2017.



Gambar 3.2 Lokasi AWRL Prambanan dan penampang melintang

b. Data Pengukuran Tampang Melintang dan Kecepatan

Konversi data AWLR ke data debit membutuhkan *rating curve*, yaitu kurva yang menghubungkan data muka air dengan data debit. Pada penelitian ini untuk membuat *rating curve* dilakukan pengukuran tampang melintang sungai disekitar

lahan AWLR. Pengukuran tampang melintang seperti yang ditunjukkan Gambar 3.2. Pengukuran kecepatan dan muka air sesaat juga dilakukan untuk simulasi aliran. Data hasil pengukuran kecepatan seperti ditentukan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Data hasil pengukuran kecepatan pada sungai tinjauan

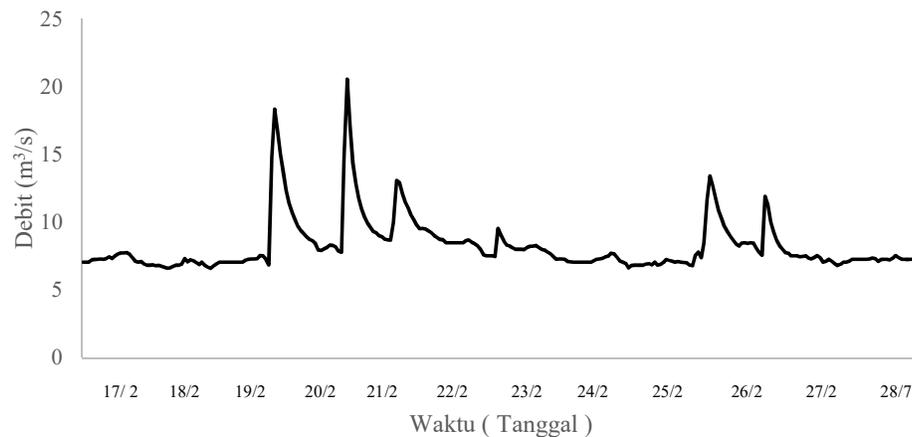
No	Posisi	Kecepatan (m/s)
1	Kiri	1,10
2	Tengah	0,55
3	Kanan	0,30

Tabel 3.2 Data koordinat stasiun hujan

No	Nama Stasiun	Latitude	Longitude
1	PA (KETEP)	-07° 30' 2,292"	110° 23' 21,325"
2	PUD2	-07° 34' 40,829"	110° 22' 8,553"
3	BO (TURGO)	- 07° 35' 6.504"	110° 25' 27,290"
4	BO/CO (UGM-SIPIL)	-07° 45' 53,069"	110° 22' 20,523"
5	KU-D (NGIPIKSARI)	-07° 36' 32,272"	110° 25' 49,695"
6	GE (KALIADEM)	-07° 36' 32,351"	110° 26' 50,95"
7	WO (SUKORINI)	-07° 38' 9,451"	110° 29' 27,493"
8	BO/CO (UGM-LEMBAH)	-07° 46' 1,979"	110° 22' 56,847"
9	BE-D4	-07° 35' 41,815"	110° 22' 28,567"
10	DONOHARJO	-07° 41' 37,549"	110° 23' 26,903"

c. Data Pengukuran *AWLR*

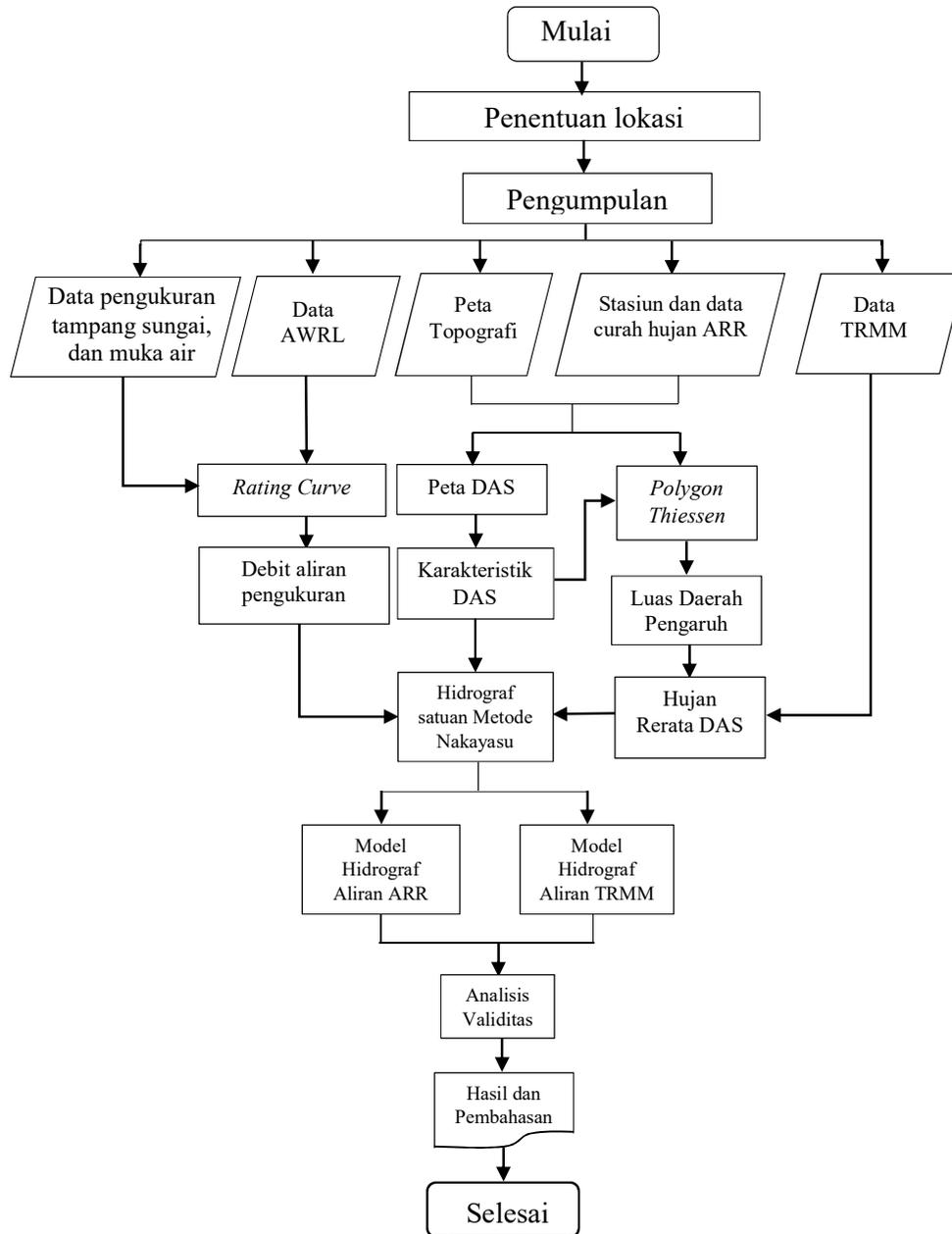
Stasiun *AWLR* Prambanan berada pada koordinat 110° 29' 16,8" BT dan - 7,756 LS. Data pengukuran stasiun *AWLR* Prambanan didapatkan dari UGM. Data *AWLR* Prambanan yang dipakai untuk penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Elevasi muka air yang tercatat pada stasiun hujan *AWLR* pada 17-28 Februari 2017

3.2. Bagan Alir

Beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan aliran pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Bagan Alir Penelitian

3.3. Analisis Data

3.3.1. Pembuatan Batas DAS

Data yang digunakan dalam pembuatan batas Sub DAS Prambanan hulu adalah peta kontur wilayah Sub DAS Prambanan hulu dengan koordinat lokasi stasiun *AWLR* Prambanan sebagai titik *outlet* DAS. Pembuatan DAS dilakukan dengan menghubungkan punggung-punggung bukit atau gunung di sekeliling Sungai Opak hulu dengan titik outlet pada stasiun *AWLR* Prambanan hingga membentuk garis utuh. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Pembuatan batas DAS dilakukan dengan bantuan *software ArcGIS 10.2* dengan menarik titik- titik pada punggung gunung atau pegunungan diantara wilayah aliran sungai satu dengan yang lain.

3.3.2. Polygon Thiessen

Karakteristik DAS Gendol dilakukan dengan memanfaatkan *software ArcMap 10.2.1*. untuk mengamati bentuk DAS, luasaan DAS, menganalisis elevasi DAS dan menghitung panjang sungai utama pada DAS. *Software ArcMap 10.2.1*. juga dimanfaatkan untuk pembuatan Poligon Thiessen untuk mengetahui luas wilayah masing – masing stasiun hujan. Pembuatan Poligon thiessen selain memperhatikan stasiun penangkap hujan terdekat pada suatu DAS dan tebal hujan, juga harus memperkirakan luas wilayah yang diwakili oleh masing-masing stasiun untuk digunakan sebagai salah satu faktor dalam menghitung hujan rata-rata daerah yang bersangkutan. *Polygon Thiessen* dibuat dengan cara menghubungkan garis-garis berat diagonal terpendek dari para stasiun hujan yang ada.

3.3.3. Analisis Curah Hujan Rata - Rata DAS

Data curah hujan yang digunakan untuk analisis debit adalah curah hujan wilayah DAS Gendol. Data curah hujan yang tersedia di setiap ARR memiliki nilai tamping yang berada. Metode *Poligon Thiessen* diperlukan untuk mengubah data hujan dari beberapa stasiun menjadi data curah hujan wilayah pada DAS. Pada analisis curah hujan rata-rata juga digunakan untuk membandingkan data curah hujan wilayah dari stasiun pengukur hujan ARR dan data dari satelit TRMM.

3.3.4. Hujan Efektif *Curve Number* (CN)

Menurut Triadmojo (2008) nilai *curve number* didapatkan dari karakteristik DAS seperti jenis tataguna tanah dan tipe tanah. Di setiap daerah memiliki nilai CN yang berbeda – beda. Triadmojo (2008) nilai CN yang diperoleh dari daerah beriklim sedang dapat digunakan apabila nilai CN di daerah yang diteliti belum tersedia. Nilai CN pada suatu wilayah ditentukan dari tipe tanah, dan jenis tataguna lahannya.

Tabel 3.3 luas tata gunalahan dan nilai CN tiap lahan

Keterangan	CN
Semak Belukar	48
Agriladang	71
Agrisawah	71
Bangunan	72
Pemukiman	72
Agrikebun	71
Hutan	55

Menurut Triatmodjo (2008) hujan efektif adalah hujan total yang jatuh dipermukaan tanah dikurangi nilai abstraksi atau kehilangan air seperti terinfiltrasi, penguapan, dan tertahan di dalam cekungan-cekungan dipermukaan tanah. Hujan efektif perjam (Pe/jam) didapat dari pengurangan hujan efektif kumulatif jam sekarang dan 1 jam sebelum hujan, sedangkan Hujan efektif kumulatif didapatkan dari hujan total dikurangi dengan abstraksi awal kumulatif (I_{ak}) dan aliran dasar kumulatif (f_{ak}) kumulatif.

$$Pe/Jam = P_{ek2} - P_{ek1} \quad (3.1)$$

$$P_{ek} = P_k - I_{ak} - f_{ak} \quad (3.2)$$

Nilai I_{ak} dan f_{ak} dapat ditentukan dengan syarat sebagai berikut :

$$I_{ak} > I_a (CN), \text{ maka nilai } I_{ak} = I_a (CN) \quad (3.3)$$

$$I_{ak} < I_a (CN), \text{ maka nilai } I_{ak} = I_{ak} \quad (3.4)$$

$$f_{ak} < I_a (CN), \text{ maka nilai } f_{ak} = 0 \quad (3.5)$$

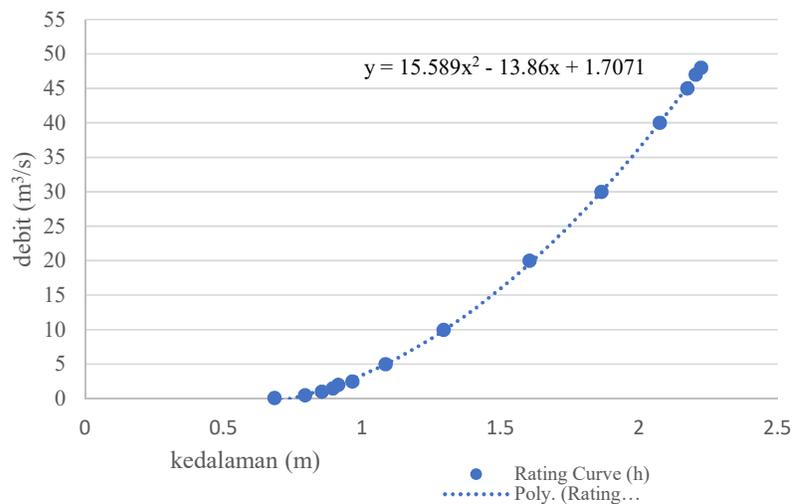
$$P_k > I_a (CN), \text{ maka nilai } f_{ak} = f_a = \frac{S(CN) \times (P - I_a(CN))}{(P - I_a(CN) + S(CN))} \quad (3.6)$$

3.3.5. Nilai Koreksi Hujan Efektif

Nilai koreksi data hujan efektif perlu dilakukan, jika volume yang dihitung dari stasiun pengukur hujan baik ARR maupun TRMM memiliki perbedaan dengan data yang tercatat oleh stasiun AWLR.

3.3.6. Rating Curve

Pengukuran penampang sungai dan kecepatan aliran dilakukan untuk perhitungan *rating curve*. Hal ini perlu dilakukan karena data AWLR masih berupa data data elevasi muka air. Pengukuran kecepatan dilakukan untuk mengetahui angka kekasaran manning di pias sungai. Pemodelan hidrolika menggunakan *software HEC-RAS*. Nilai debit untuk elevasi-elevasi tertentu di penampang sungai terpat AWLR dihitung dengan simulasi *HEC-RAS*. *Rating curve* hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Grafik *Rating Curve*

Berdasarkan grafik *rating curve* didapatkan rumus untuk menghitung debit AWRL yaitu

$$y = 15.589x^2 - 13.86x + 1.7071 \quad (3.7)$$

dengan:

- y : debit aliran sungai (m³/s)
 x : elevasi muka air sungai (m)

3.3.7. Analisis Debit *Baseflow* / Aliran Dasar

Hidrograf aliran yang diperoleh dari persamaan 3.7 merupakan hidrograf total aliran, sehingga antara debit *baseflow* dan debit limpasan langsung perlu dipisahkan dengan cara mengurangi debit aliran sungai dengan debit aliran dasar (*baseflow*) pada waktu yang sama. Analisis untuk mendapatkan *baseflow* dengan menarik garis lurus dari nilai debit aliran sungai saat mulai terjadi hujan hingga nilai debit aliran saat hujan berhenti. Berdasarkan debit *baseflow* kemudian dapat dicari nilai limpasan langsung dengan persamaan 3.8 :

$$\text{Debit Limpasan Langsung} = Q_{total} - Q_{baseflow} \quad (3.8)$$

3.3.8. Indeks Kesesuaian (R^2)

Analisis nilai kesesuaian (R^2) dilakukan dengan membuat grafik dengan absis x adalah debit hasil model dan absis y adalah debit pengukuran lapangan. Debit hasil model ada dua jenis yaitu hasil model dengan input data ARR dan hasil model dengan input hujan satelit TRMM. Garis regresi (*trendline*) dari *plotting* data di dapatkan nilai R^2 yang selanjutnya nilai tersebut di gunakan untuk menentukan nilai kesesuaian (Wisnuligga, 2018). Berdasarkan koefisien korelasi memiliki beberapa kriteria seperti disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai koefisien korelasi (R^2) interpretasi (Hambali,2008)

Batas Kriteria	Derajat kesesuaian
$0.7 < R^2 < 1.0$	Korelasi tinggi
$0.4 < R^2 < 0.7$	Hubungan substansial
$0.2 < R^2 < 0.4$	Korelasi rendah
$R^2 < 0.2$	Diabaikan

3.3.9. Koefisien efisiensi (CE)

Koefisien efisiensi (*CE*) adalah nilai yang menunjukkan efisiensi model terhadap debit terukur, cara objektif yang paling baik dalam mencerminkan kecocokan hidrograf secara keseluruhan. Perhitungan koefisien efisiensi (*CE*) dirumuskan sebagai berikut

$$CE = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs_i} - Q_{cal_i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{obs_i} - Q_{obs_{rata}})^2} \right] \quad (3.9)$$

dengan :

- CE = koefisien efisiensi
 Q_{cali} = debit terhitung (m^3/s)
 Q_{obsi} = debit terukur (m^3/s)
 $Q_{obsrerata}$ = debit terukur rerata (m^3/s)

Menurut Hambali (2008) koefisien efisiensi memiliki beberapa kriteria seperti terlihat pada Tabel 3.5 berikut ini :

Tabel 3.5 Kriteria nilai koefisien efisiensi nilai koefisien efisiensi (CE)

Batas Kriteria	Interpretasi efisiensi
$CE > 0.75$	Optimasi sangat efisien
$0.36 < CE < 0.75$	Optimasi cukup efisien
$CE < 0.36$	Optimasi tidak efisien

3.3.10. Evaluasi Ketelitian Model

Menurut Aziz dan Tanaka (2011), untuk menguji ketelitian suatu model ada beberapa indikator penilaian. Tiga indikator yang digunakan dalam penelitian ini adalah kesalahan bentuk gelombang (E_w), kesalahan volume (E_v), dan kesalahan debit puncak (E_p) yang diterjemahkan oleh *Jepang Institute of Construction Engineering (JICE)* dan disajikan pada persamaan 3.10 sampai dengan persamaan 3.12.

$$E_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_o(i) - Q_c(i)}{Q_o(i)} \right) \quad (3.10)$$

$$E_v = \frac{\sum_{i=1}^n Q_o(i) - \sum_{i=1}^n Q_c(i)}{\sum_{i=1}^n Q_o(i)} \quad (3.11)$$

$$E_p = \frac{Q_o(i) - Q_c(i)}{Q_o(i)} \quad (3.12)$$

dengan:

$Q_{c(i)}$ = debit terhitung (m^3/s)

$Q_{o(i)}$ = debit terukur (m^3/s).