



## Tugas Akhir

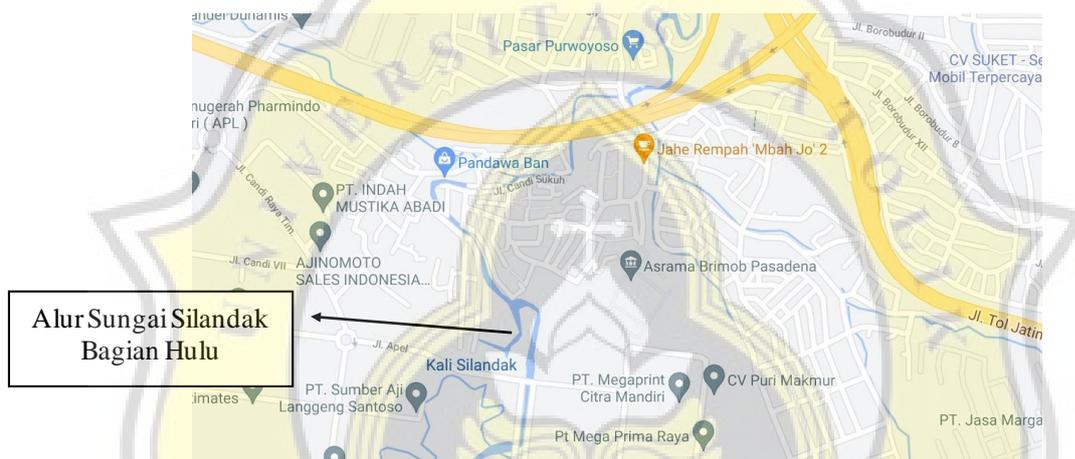
Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

# BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Lokasi Sungai Silandak

Sungai Silandak bagian hulu terletak di Kel. Bambankerep Kec. Ngaliyan Kota Semarang dan Sungai Silandak bagian hilir terletak di Kel. Tambakharjo Kec. Semarang Barat Kota Semarang. Lokasi Sungai Silandak bagian hulu dapat diperlihatkan pada Gambar 4.1 dan lokasi Sungai Silandak bagian hilir dapat diperlihatkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Lokasi Sungai Silandak Bagian Hulu (Sumber: Google Maps – <https://www.google.com/maps/place/Kali+Silandak>)



Gambar 4.2 Lokasi Sungai Silandak Bagian Hilir (Sumber: Google Maps – <https://www.google.com/maps/place/Kali+Silandak>)

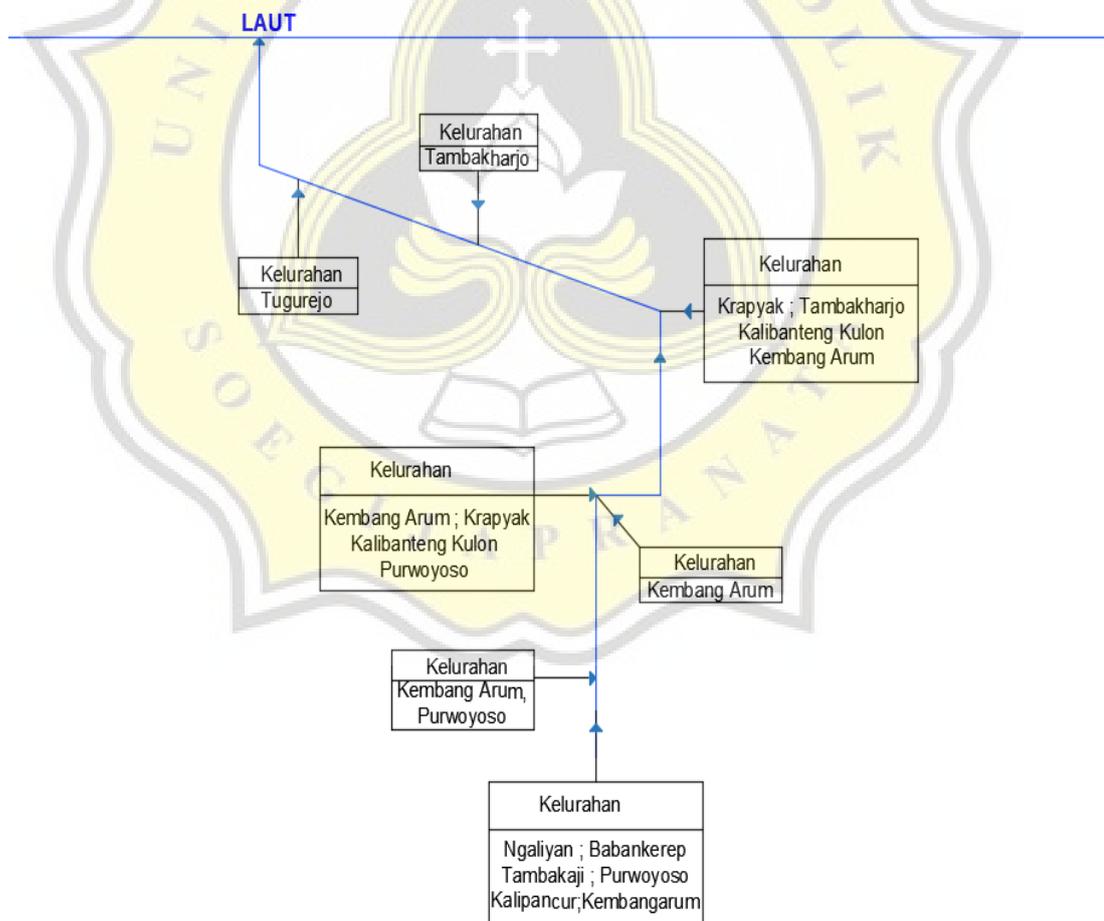


## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Secara geografis Sungai Silandak bagian hulu terletak di Kawasan Industri Candi (KIC) Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang dengan koordinat  $7^{\circ}0'13,69''$  LS dan  $110^{\circ}21'49,87''$  BT. Sungai Silandak bagian hilir terletak di Desa Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang dengan koordinat  $6^{\circ}57'15,59''$  LS dan  $110^{\circ}21'34,90''$  BT. Panjang Sungai Silandak yaitu 27 km. Sungai Silandak dalam sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) termasuk ke dalam zona 49 S karena terletak pada belahan bumi bagian selatan. Aliran Sungai Silandak melewati kelurahan Ngaliyan, Babankerep, Tambakaji, Kalipancur, Purwoyoso, Kembangarum, Krapyak, Kalibanteng Kulon dan Tambakharjo. Skema aliran sungai Silandak dapat diperlihatkan pada Gambar 4.3 dan peta administrasi kelurahan Sungai Silandak dapat diperlihatkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Skema Aliran Sungai Silandak (Sumber: Balai Besar Wilayah Sungai Pemali – Juana Semarang, 2020)



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.4 Peta Administrasi Kelurahan Sungai Silandak (Sumber : Diolah dengan Menggunakan Program ArcGIS, 2021)

Menurut Balai Besar Wilayah Sungai Pemali – Juana Semarang (2020), pembagian wilayah Sungai Silandak secara administrasi Kota Semarang meliputi tiga kecamatan yaitu Semarang Barat, Tugu dan Ngaliyan. Peta administrasi Sungai Silandak dapat diperlihatkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Peta Administrasi Kecamatan Sungai Silandak (Sumber : Diolah dengan Menggunakan Program ArcGIS, 2021)



## 4.2 Penentuan Batas DAS Silandak

Penentuan batas DAS dilakukan untuk menentukan batas-batas wilayah pada DAS Silandak sebelum dilakukan analisis pada DAS Silandak. Penentuan batas-batas DAS Silandak dibantu dengan menggunakan data berupa Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan peta Citra Satelit *Google Earth*. Peta Citra Satelit *Google Earth* diunduh dengan menggunakan alat bantu yaitu *Universal Maps Download* (UMD). Alat bantu yang digunakan untuk membuat batas Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu dengan menggunakan *ArcGIS-ArcMap*. Terdapat tiga syarat yang dapat digunakan untuk menentukan batas DAS yaitu :

- a. Batas DAS terletak pada punggung bukit dan memotong kontur atau tidak sejajar dengan kontur.
- b. Batas DAS dapat menggunakan alur jalan ketika kontur daerahnya tidak begitu jelas.
- c. Batas DAS tidak boleh memotong alur sungai.

### 4.2.1 Batas DAS Silandak

Menurut Keputusan Presiden nomor 12 tahun 2012 tentang penetapan wilayah sungai, DAS Silandak termasuk dalam Wilayah Sungai (WS) Jratunseluna. Wilayah Sungai (WS) Jratunseluna terdiri dari 69 Daerah Aliran Sungai (DAS). Secara administrasi WS Jratunseluna memiliki luas wilayah sungai yaitu 9.896,01 km<sup>2</sup> dengan mencakup 11 kabupaten dan 2 kota. Kabupaten yang termasuk dalam WS Jratunseluna yaitu Kab. Kendal, Semarang, Boyolali, Sragen, Grobogan, Demak, Jepara, Kudus, Pati, Blora dan Kab. Rembang. Kota yang termasuk dalam WS Jratunseluna yaitu Kota Semarang dan Kota Salatiga. Peta Wilayah Sungai (WS) Jratunseluna dapat diperlihatkan pada Lampiran L2.

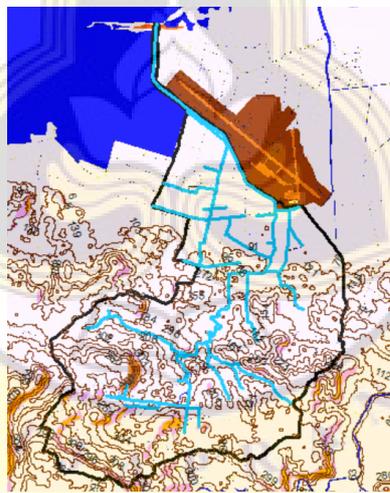
Peta yang digunakan dalam analisis ini menggunakan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dengan mengambil *layers* sungai dan kontur wilayah Kota Semarang. Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) terletak pada lembar 1409-221 (Tugu) dan lembar 1408-543 (Boja) yang nantinya akan diolah ke dalam program *ArcGIS-ArcMap*.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Proses penandaan dan pemberian garis dalam membentuk suatu batas DAS di sebuah lokasi pada peta yang sudah diolah ke dalam program ArcGIS-ArcMap. Proses ini berfungsi untuk menandai alur Sungai Silandak yang mengarah dan bermuara ke Laut Jawa. Titik kontrol Sungai Silandak yang bermuara di Laut Jawa dapat berguna sebagai batas hilir dari DAS Silandak.

Proses penandaan dilakukan dengan memperhatikan beberapa syarat dalam menentukan garis batas DAS. Daerah Aliran Sungai (DAS) Silandak memiliki luas sebesar 14,70 km<sup>2</sup> dengan panjang Sungai Silandak 27 km. Hasil yang didapat dari ArcGIS yaitu warna biru tua menggambarkan Laut Jawa, warna biru muda sebagai alur Sungai Silandak, warna hitam sebagai gambaran batas DAS Silandak dan warna coklat sebagai garis kontur. Alur Sungai Silandak dan batas DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Alur Sungai Silandak dan Batas DAS Silandak (Sumber : Diolah dengan Menggunakan Program ArcGIS, 2021)

#### 4.2.2 Kondisi Eksisting DAS Silandak

Kondisi eksisting suatu DAS merupakan gambaran spesifikasi mengenai DAS yang berkaitan dengan parameter morfometri, topografi, tanah, geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi dan manusia. Luas DAS merupakan salah satu parameter karakteristik DAS yang dapat berpengaruh terhadap limpasan yang terjadi. Semakin besar DAS, maka semakin lama pula limpasan mencapai *outlet*.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Berdasarkan Tabel 2.1, DAS Silandak dapat dikategorikan sebagai DAS sangat kecil karena luas DAS Silandak kurang dari 10.000 yaitu 1470 Ha. Daerah Aliran Sungai (DAS) Silandak memiliki panjang sungai 27 km.

Menurut Domingg., dkk (2019), Kawasan Industri Candi (KIC) mengalami pendangkalan dikarenakan adanya perubahan tata guna lahan dan aktivitas manusia seperti membuang sampah pada Sungai Silandak. Kondisi DAS Silandak mengalami pendangkalan di Kawasan Industri Candi (KIC) yang mengakibatkan fungsi drainase kurang optimal, sehingga perlu dilakukan normalisasi pada Sungai Silandak. Berikut adalah kondisi Sungai Silandak bagian hulu dan hilir dapat dipelihatkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Kondisi Sungai Silandak Bagian Hulu



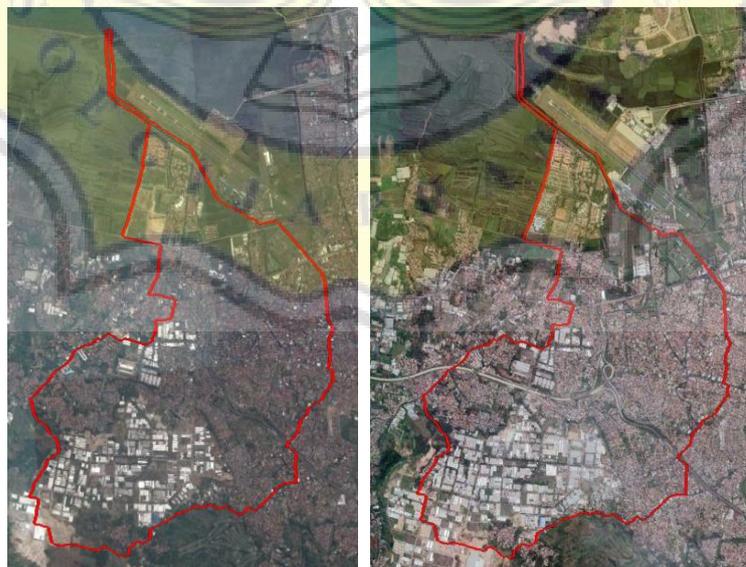
Gambar 4.8 Kondisi Sungai Silandak Bagian Hilir



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Berdasarkan Gambar 4.7 pada saat survei Sungai Silandak bagian hulu ini memiliki debit air yang masih kecil dan sedikit. Debit air Sungai Silandak bagian hulu hanya dipengaruhi oleh intensitas air hujan, aliran sungai tidak terlalu deras cenderung lurus, dan terdapat banyak sampah. Pada Gambar 4.8 adalah kondisi Sungai Silandak di bagian hilir yang terletak dekat dengan Pantai Tirang. Aliran air yang mengalir di Sungai Silandak akan bermuara ke Pantai Tirang. Kondisi aliran Sungai Silandak bagian hilir tidak terlalu deras, hilir sungai berbentuk U lebar, kedalaman sungai tidak terlalu dalam dan terdapat pohon bakau di pinggir sungai.

Berdasarkan peta tata guna lahan yang didapatkan dari data Dinas Penataan Ruang (DISTARU) Kota Semarang yang dapat diperlihatkan pada Lampiran L3, alur aliran Sungai Silandak pada bagian hulu melewati kawasan tatisti, pemukiman penduduk, ruang terbuka *non* hijau dan alur aliran Sungai Silandak pada bagian hilir melewati pemukiman penduduk, dan ruang terbuka hijau. Sehingga, dapat diamati bahwa telah terjadi tata guna lahan pada DAS Silandak bagian hulu. Berikut kondisi DAS Silandak tahun 2013 dan tahun 2020 dapat diperlihatkan pada Gambar 4.7. Kondisi DAS Silandak bagian hulu yang terletak di Kawasan Industri Candi (KIC) dapat diperlihatkan pada Gambar 4.9. dan Gambar 4.10.



Gambar 4.9 Kondisi DAS Silandak Dari Tahun 2013 Dan Tahun 2020 (Sumber: *Google Earth* – <https://earth.google.com/web/@6.98693921,110.37800412,12.55543862a,14224.93157077d,35y,7.38471449h,0t,0>)



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.10 Kondisi DAS Silandak Di Kawasan Industri Candi (KIC) Pada Tahun 2013 (Sumber: *Google Earth* – <https://earth.google.com/web/@-7.00369891,110.36503601,45.6269432a,292.07038599d,35y,7.38431713h,0t,0r>)



Gambar 4.11 Kondisi DAS Silandak Di Kawasan Industri Candi (KIC) Pada Tahun 2020 (Sumber: *Google Earth* – <https://earth.google.com/web/@-7.00369891,110.36503601,45.6269432a,292.07038599d,35y,7.38431713h,0t,0r>)

Pada tahun 2013 kondisi Sungai Silandak bagian hulu terdapat lahan kosong yang ditumbuhi oleh tanaman liar dan saluran air sungai belum terbuat dengan baik. Kemudian, pada tahun 2020 lahan kosong itu sedang berlangsung pekerjaan pembangunan pabrik tatisti baru. Dampaknya pada saluran air Sungai Silandak bagian hulu. Dampak dari pembangunan pabrik tatisti baru tersebut yaitu

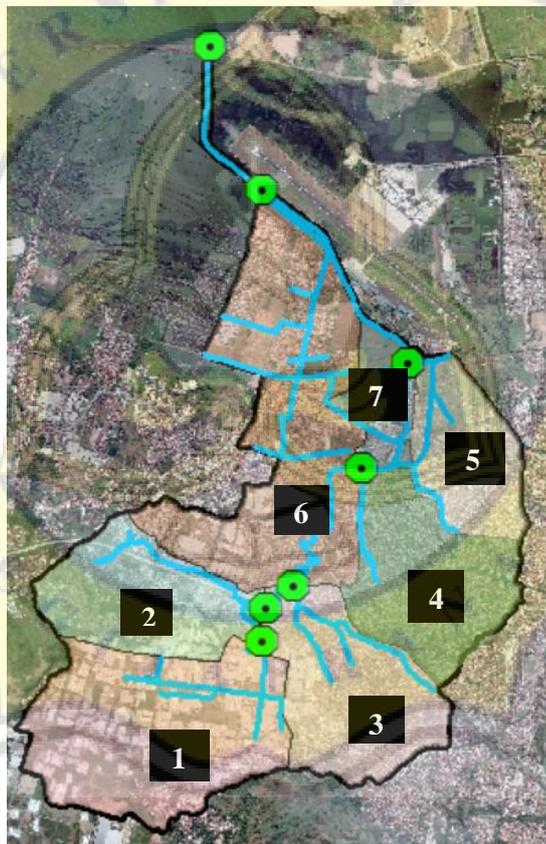


Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

terjadinya perubahan alur sungai. Limpasan yang terjadi akibat adanya pembangunan pabrik tatisti baru menjadi lebih deras.

#### 4.2.3 Pembagian Sub-DAS Silandak

Pembagian sub-DAS Silandak dilakukan dengan cara menentukan terlebih dahulu titik-titik kontrol. Titik-titik kontrol yaitu percabangan antara sungai utama dengan anak-anak sungai. Setelah menentukan titik-titik kontrol pada DAS, selanjutnya membuat batas sub-DAS berdasarkan titik-titik kontrol yang telah dibuat. Hasil pembagian sub-DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Gambar 4.12.



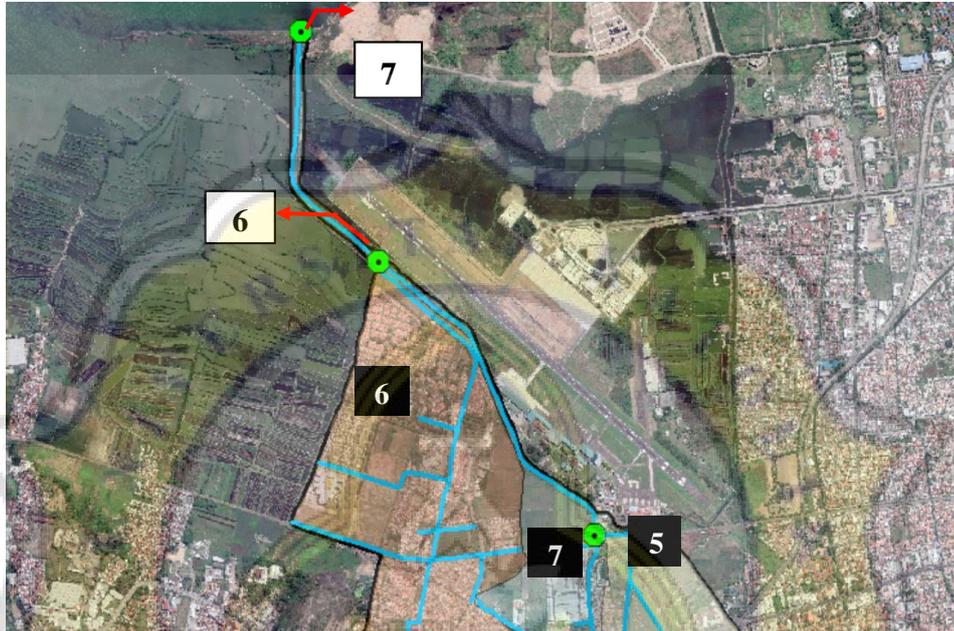
Gambar 4.12 Batas Sub-DAS Silandak (Sumber : Diolah dengan Menggunakan Program ArcGIS, 2021)

Titik berwarna hijau merupakan titik kontrol percabangan sungai utama. Titik kontrol tersebut membagi DAS Silandak menjadi 7 sub-DAS dengan luas yang berbeda. Pada Gambar 4.12 sub-DAS enam dan tujuh memiliki dua saluran yang sejajar sehingga memiliki warna dan luas yang berbeda pula. Arah limpasan Sub-



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

DAS tujuh dengan warna biru langsung mengarah pada *junction* yang berada pada titik kontrol DAS. *Junction* pada Sub-DAS 6 dan 7 luas masing-masing tiap sub-DAS dapat diperlihatkan pada Gambar 4.13 dan luas Sub-DAS Silandak pada Tabel 4.1.



Gambar 4.13 *Junction* pada Sub-DAS 6 dan 7 (Sumber : Diolah dengan Menggunakan Program ArcGIS, 2021)

Tabel 4.1 Luas Sub-DAS Silandak

SubDAS	Luas (km <sup>2</sup> )
1	3,10
2	1,74
3	2,01
4	1,95
5	1,29
6	3,77
7	0,84
Jumlah	14,70

### 4.3 Analisis Hujan Rancangan

Analisis hujan rancangan DAS Silandak dirancang berdasarkan data satu stasiun hujan yaitu stasiun Klimatologi Semarang. Data hujan yang digunakan adalah data hujan selama 10 tahun terakhir yaitu dari 2011 sampai dengan 2020.

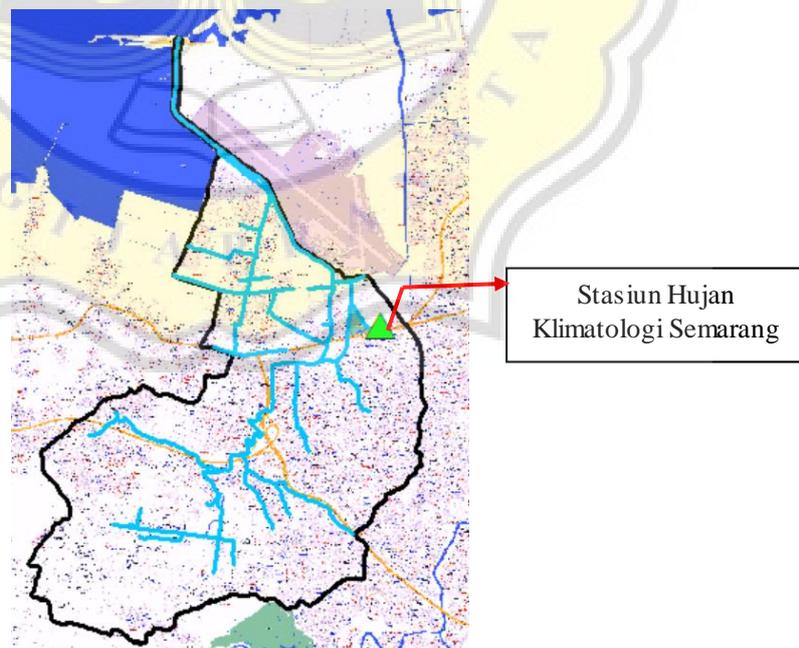


Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

### 4.3.1 Data Hujan

Hujan yaitu sumber dari semua air yang mengalir ke sungai dan di dalam tampungan baik diatas ataupun dibawah permukaan tanah. Jumlah dan variasi debit sungai bergantung terhadap intensitas, jumlah dan distribusi hujan. Terdapat hubungan antara curah hujan dengan debit sungai yang jatuh pada DAS yang bersangkutan. Jumlah hujan yang jatuh pada suatu DAS merupakan besaran yang penting karena hujan menjadi masukan yang utama dalam DAS. Untuk menganalisis tidak hanya data harian saja melainkan diperlukan data hujan jam-jaman dan menitan. Oleh karena itu, diperlukan data dari stasiun hujan untuk mengetahui besaran hujan yang terjadi pada DAS tersebut.

Pada perhitungan curah hujan area DAS Silandak hanya menggunakan satu stasiun hujan yaitu stasiun hujan Klimatologi Semarang. Stasiun hujan Klimatologi Semarang berlokasi di Jl. Siliwangi No. 291, Kalibanteng Kulon, Kec. Semarang Barat, Kota Semarang dan terletak pada koordinat  $6^{\circ}55'18,06''$  LS dan  $110^{\circ}26'28,13''$  BT. Lokasi titik stasiun hujan Klimatologi Semarang pada DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Lokasi Titik Stasiun Hujan Pada DAS Silandak (Sumber : Diolah dengan Menggunakan Program ArcGIS, 2021)



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

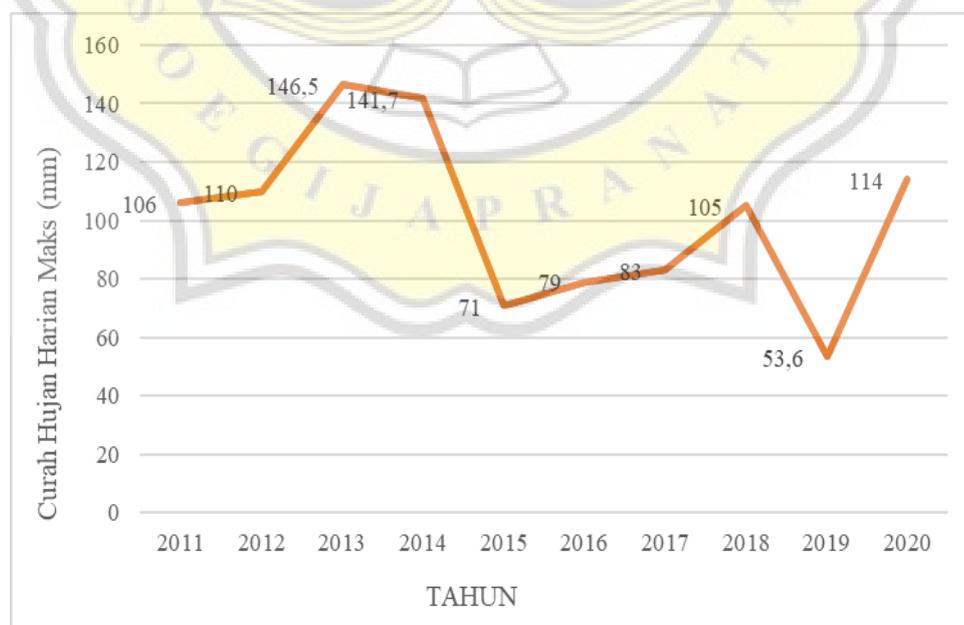
Curah hujan rancangan ditentukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum dalam 10 tahun terakhir yaitu tahun 2011 sampai dengan tahun 2020. Data curah hujan harian maksimum dapat diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm)

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)												Maks
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	
2011	65	38	43	49	17	39	19	0	69	24	106	25	106
2012	110	33	33	34,7	22	34	1	0	3	68	51	50	110
2013	41	146,5	70	93,9	134	142	30,7	51,5	8,2	58	16,8	42	146,5
2014	96,5	141,7	39,2	14,8	45	30	74	5	0	28	48	27,8	141,7
2015	43,8	3,2	39,2	49,9	71	29,5	9	5,6	0	0,4	46,5	52,5	71
2016	76,5	25,3	40,7	69,6	37,5	56,5	79	53	56,3	41,3	45	16,5	79
2017	0	62	40,3	58	41	50	31	15	50	79	55	83	83
2018	61	63	58	64	11	13	0	0	16	31	105	95	105
2019	33,9	46,4	40,5	43,5	53,6	0	0,8	1,6	4,3	7	30,3	45,5	53,6
2020	114	114	48,4	91,6	48,5	2,6	31,2	35	35	41,5	19,6	87,5	114

(Sumber : <https://dataonline.bmkg.go.id>)

Kemudian, terdapat grafik hubungan antara waktu dalam tahun dengan curah hujan harian maksimum pada Stasiun Hujan Klimatologi Semarang. Berikut gambar grafik curah hujan harian maksimum dapat diperlihatkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik Curah Hujan Harian Maksimum (mm)



### 4.3.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rancangan

Hujan rancangan yaitu tinggi hujan yang akan mungkin terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang dapat disebut sebagai analisis frekuensi. Tujuan dari analisis frekuensi curah hujan rancangan yaitu untuk mengetahui besaran peristiwa ekstrim yang berhubungan dengan frekuensi kejadian melalui kemungkinan penerapan distribusi. Metode ini harus dilakukan pengujian untuk dapat mengetahui perhitungan yang dapat digunakan.

#### A. *Partial Series*

Jika sudah mendapatkan data curah hujan harian maksimum pada stasiun hujan kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan metode *partial series* yaitu proses mengurutkan data dari nilai terbesar sampai terkecil atau bisa juga sebaliknya. Data curah hujan maksimum yang telah diurutkan dapat diperlihatkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Urutan dari Terbesar sampai Terkecil

Tahun	Curah Hujan DAS (R <sub>24</sub> ) (mm)
2013	146,5
2014	141,7
2020	114
2012	110
2011	106
2018	105
2017	83
2016	79
2015	71
2019	53,6

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa curah hujan harian maksimum tahunan tertinggi pada DAS Silandak dari tahun 2011 sampai 2020 (pada kurun waktu 10 tahun) di stasiun hujan Klimatologi Semarang yaitu terjadi di tahun 2013 sebesar 146,5 mm dan curah hujan harian maksimum tahunan terendah terjadi pada tahun 2019 sebesar 53,6 mm.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

## B. Parameter statistik (pengukuran statisti)

Pengukuran statisti yaitu untuk menentukan curah hujan yang akan digunakan dalam menghitung besarnya debit rancangan berdasarkan analisis distribusi curah hujan. Setelah proses mengurutkan data dari terbesar ke terkecil maka selanjutnya dilakukan perhitungan statistik DAS Silandak yang dapat diperlihatkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengukuran Dispersi DAS Silandak

m	Probabilitas (P) $P = m / (N+1)$	Tahun	$R_{24}$ (mm)	Log $R_{24}$ (mm)
1	0,09	2013	146,5	2,166
2	0,18	2014	141,7	2,151
3	0,27	2020	114	2,057
4	0,36	2012	110	2,041
5	0,45	2011	106	2,025
6	0,55	2018	105	2,021
7	0,64	2017	83	1,919
8	0,73	2016	79	1,898
9	0,82	2015	71	1,851
10	0,91	2019	53,6	1,729
Jumlah Data (N) (mm)			10,00	10,00
Nilai Rerata (Mean) (mm)			100,98	1,99
Standar Deviasi (mm)			29,76	0,14
Koef. <i>Skewness</i> ( $C_s$ )			0,08	-0,51
Koef. Kurtosis ( $C_k$ )			-0,65	-0,16
Koef. Variasi ( $C_v$ )			0,29	0,07
Nilai Tengah (Median) (mm)			105,50	2,02

Keterangan :

m = peringkat

$R_{24}$  = curah hujan harian maksimum (mm)

Log  $R_{24}$  = nilai logaritma dari curah hujan harian maksimum (mm)

Berikut contoh perhitungan statistik berdasarkan curah hujan harian maksimum ( $R_{24}$ ) DAS Silandak pada tahun 2013 :

Peringkat (m) = 1

Probabilitas (P) =  $\frac{m}{N+1}$



$$= \frac{1}{10 + 1} = 0,091$$

Curah hujan harian maksimum ( $R_{24}$ ) diperoleh dari stasiun hujan di setiap tahun.

Log  $R_{24}$  diperoleh dari nilai log curah hujan harian maksimum  $R_{24}$ .

$R_{24}$  pada tahun 2013 = 146,5 mm

Log  $R_{24}$  pada tahun 2013 = Log (146,5) = 2,166 mm

$$\text{Rata-rata} = \frac{146,5 + 141,7 + 114 + \dots + 53,6}{10}$$

$$= 100,98 \text{ mm}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(146,5 - 100,98)^2 + (141,7 - 100,98)^2 + (114 - 100,98)^2 + \dots + (53,6 - 100,98)^2}{10-1}}$$

$$= 29,76 \text{ mm}$$

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}}$$

$$= \frac{29,763}{100,98} = 0,29$$

### C. Analisis Jenis Distribusi

Metode analisis jenis distribusi berfungsi untuk menganalisis besar curah hujan rancangan dan harus memenuhi beberapa parameter yang menjadi syarat penggunaan suatu metode distribusi. Beberapa metode parameter statistik yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan rancangan seperti metode Gumbel tipe I, Normal, Log Pearson Tipe III, Log Normal, dan menentukan curah hujan jam-jaman. Pada penelitian ini periode ulang yaitu 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun.

#### 1. Metode Gumbel

Metode Gumbel berfungsi untuk menganalisis data maksimum contohnya yaitu menganalisis frekuensi banjir. Mencari nilai faktor reduksi hasil rata-rata dan hasil reduksi standar deviasi dapat diperlihatkan pada Tabel 2.3, Tabel 2.4 dan Tabel 2.5



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

untuk nilai N (jumlah data). Distribusi sebaran metode Gumbel dapat diperlihatkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Metode Distribusi Gumbel

Periode	$\bar{X}$ (mm)	$S_a$ (mm)	$Y_n$	$S_n$	$Y_t$	K	$X_t$ (mm)
2	100,98	29,76	0,50	0,95	0,37	-0,14	96,95
5	100,98	29,76	0,50	0,95	1,50	1,06	132,47
10	100,98	29,76	0,50	0,95	2,25	1,85	155,99
25	100,98	29,76	0,50	0,95	3,20	2,85	185,71
50	100,98	29,76	0,50	0,95	3,90	3,59	207,75
100	100,98	29,76	0,50	0,95	4,60	4,32	229,64

Contoh perhitungan untuk jenis distribusi Gumbel :

Jumlah Data (N) = 10 mm

Nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ) = 100,98 mm

Standar Deviasi ( $S_d$ ) = 29,76 mm

Reduced Mean ( $Y_n$ ) = 0,4952 (Nilai didapatkan dari Tabel 2.3)

N	0	1	2
10	0,4952	0,4996	0,5035
20	0,5236	0,5252	0,5268
30	0,5362	0,5371	0,5380

Reduced Standar Deviasi ( $S_n$ ) = 0,9496 (Tabel 2.4)

N	0	1	2
10	0,9496	0,9676	0,9833
20	1,0628	1,0696	1,0754
30	1,1124	1,1159	1,1193

Reduced Variate ( $Y_T$ ) = (Tabel 2.5)

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Periode = 2 tahun

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$= \frac{0,3665 - 0,4952}{0,9496}$$

$$= -0,14$$

$$X_t = \bar{X} + K \times S_d = 100,98 + -0,14 \times 29,76 = 96,95 \text{ mm}$$

## 2. Metode Normal

Dalam menganalisis perhitungan hujan periode ulang dapat menggunakan metode distribusi Normal. Proses analisis perhitungan distribusi normal dipengaruhi oleh faktor tabel koefisien tatisti reduksi Gauss ( $K_T$ ) yang dapat diperlihatkan pada Tabel 2.6. Nilai tatisti reduksi Gauss ( $K_T$ ) pada periode ulang 25 tahun tidak ada pada tabel maka perlu dilakukan perhitungan interpolasi. Perhitungan dengan interpolasi untuk memperoleh nilai tatisti reduksi Gauss ( $K_T$ ) untuk periode ulang 25 tahun dapat diperlihatkan sebagai berikut

$$\frac{T_{25} - T_{20}}{T_{50} - T_{20}} = \frac{K_{T_{25}} - K_{T_{20}}}{K_{T_{50}} - K_{T_{20}}}$$

$$\frac{25 - 20}{50 - 20} = \frac{K_{T_{25}} - 1,64}{2,05 - 1,64}$$

$$\frac{5}{30} = \frac{K_{T_{25}} - 1,64}{0,41}$$

$$K_{T_{25}} = \frac{5 \times 0,41}{30} + 1,64$$

$$K_{T_{25}} = 1,70$$

Keterangan :

$T_{25}$  = periode ulang 25 tahun

$T_{20}$  = periode ulang 20 tahun

$T_{50}$  = periode ulang 50 tahun

$K_{T_{25}}$  = nilai variabel reduksi Gauss untuk periode ulang 25 tahun

$K_{T_{20}}$  = nilai variabel reduksi Gauss untuk periode ulang 20 tahun

$K_{T_{50}}$  = nilai variabel reduksi Gauss untuk periode ulang 50 tahun



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Setelah mendapatkan  $K_T$  untuk periode ulang 25 tahun maka, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai curah hujan rancangan ( $X_T$ ) untuk periode ulang 25 tahun dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\text{Curah hujan rata-rata } (\bar{x}) = 100,98 \text{ mm}$$

$$\text{Standar Deviasi } (S_d) = 29,76 \text{ mm}$$

$$X_T = \bar{x} + K_T \times S_d$$

$$X_T = 100,98 + 1,70 \times 29,76 = 151,83 \text{ mm}$$

Nilai curah hujan rancangan ( $X_T$ ) untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun untuk distribusi normal dapat diperlihatkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai curah hujan rancangan ( $X_T$ ) pada Metode Distribusi Normal

$K_t$	$X_T$ (mm)
2	100,98
5	125,98
10	139,08
25	151,82
50	161,99
100	170,33

### 3. Metode Log Normal

Metode log normal biasa digunakan pada analisis hidrologi, seperti pada analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan dan lainnya. Dalam menghitung metode log normal yaitu dengan menggunakan persamaan  $X_t = \bar{X} + K_t \times S_d$ . Nilai  $K_t$  pada persamaan dapat diperlihatkan pada Tabel 2.7. Distribusi sebaran metode log normal dapat diperlihatkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Distribusi Metode Log Normal

Periode (Tahun)	$\bar{X}$ (mm)	K	$S_d$ (mm)	$X_T$ (mm)
2	100,98	-0,22	0,14	100,95
5	100,98	0,64	0,14	101,07
10	100,98	1,26	0,14	101,15
25	100,98	2,10	0,14	101,27
50	100,98	2,75	0,14	101,35
100	100,98	3,45	0,14	101,45



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Contoh perhitungan untuk jenis distribusi Log Normal :

Periode = 2 tahun

Nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ) = 100,98 mm

Standar Deviasi ( $S_d$ ) = 0,14 mm

$K_t = -0,22$  (standar statistik untuk periode ulang)

T	$K_t$
1	-1,86
2	-0,22
3	0,17

$$X_T = \bar{X} + K_t \times S_d = 100,98 + (-0,22) \times 0,14 = 100,95 \text{ mm}$$

#### 4. Metode Log Pearson Tipe III

Metode Log Pearson tipe III digunakan untuk menganalisis data maksimum dan minimum debit dengan nilai ekstrim. Dalam menghitung curah hujan rancangan menggunakan metode log pearson tipe III dibutuhkan parameter statistik dengan logaritma. Hasil Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Tipe III dapat diperlihatkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Distribusi Metode Log Pearson Tipe III

Periode Ulang (Tahun)	K	$S_d$ (mm)	$\overline{\log X}$ (mm)	Y (mm)	$X_T$ (mm)
2	0,08	0,14	1,99	2,00	99,36
5	0,86	0,14	1,99	2,10	126,62
10	1,22	0,14	1,99	2,15	141,76
25	1,57	0,14	1,99	2,20	158,25
50	1,78	0,14	1,99	2,23	169,03
100	2,00	0,14	1,99	2,26	180,99

Contoh perhitungan untuk jenis distribusi Log Pearson tipe III :

Jumlah Data (N) = 10 mm

Nilai rata-rata ( $\overline{\log X}$ ) = 1,99 mm

$$\text{Standar Deviasi } (S_d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,17}{10-1}} = 0,14 \text{ mm}$$

Faktor Frekuensi (K) = (Tabel 2.8)



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$$\text{Kemencengan } (C_s) = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)(S_d)^3} = \frac{-0,0094}{(10-1)(10-2)(0,14)^3} = -0,51$$

G / Cs	Return Period in Years		
	2	5	10
	Excedence Probabilitas		
	0,5	0,2	0,1
-0,4	0,066	0,855	1,231
-0,5	0,083	0,856	1,216
-0,6	0,099	0,857	1,2

Setelah mendapatkan hasil parameter statistik dengan logaritma maka perlu melakukan perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Pearson tipe III dengan menggunakan periode ulang tertentu berdasarkan persamaan  $\overline{\text{Log } X} + k \times S_d$ . Hasil distribusi frekuensi Metode Log Pearson Tipe III dapat diperlihatkan pada Tabel 4.8.

$$\begin{aligned} Y &= \overline{\text{Log } X} + k \times S_d \\ &= 1,99 + 0,083 \times 0,14 \\ &= 2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_t &= 10^Y \\ &= 10^2 = 99,36 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### D. Pemilihan Jenis Distribusi

Pemilihan jenis distribusi dilakukan dengan cara menyesuaikan parameter statistik dengan menggunakan syarat dari jenis distribusi. Tabel syarat jenis distribusi dapat diperlihatkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Syarat Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	Cs = 0	Cs = 0,08	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	Ck = -0,65	Tidak Memenuhi
Log-Normal	Cs = 3 Cv + (Cv <sup>2</sup> ) = 3	Cs = 0,08	Tidak Memenuhi
	Ck = 5.383	Ck = -0,65	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1.1396	Cs = 0,08	Tidak Memenuhi
	Ck = 5.4002	Ck = -0,65	Tidak Memenuhi
Log-Pearson III	Cs = 0	Cs = 0,08	Memenuhi



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Berdasarkan Tabel 4.9, jenis distribusi yang memenuhi persyaratan yaitu Log-Pearson III. Kemudian, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan distribusi untuk mencari nilai curah hujan rancangan dengan menggunakan periode ulang tertentu. Pada penelitian ini menggunakan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun. Tabel analisis distribusi perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan distribusi Log-Normal, Normal, Gumbel dan Log-Pearson III yang dapat diperlihatkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Analisis Distribusi

Probabilitas $P(x \geq X_m)$	Kala Ulang (T)	Jenis Distribusi							
		Gumbel		Log Pearson III		Normal		Log Normal	
		$K_T$	$X_T$ (mm)	$K_T$	$X_T$ (mm)	$K_T$	$X_T$ (mm)	$K_T$	$X_T$ (mm)
0,5	2	-0,14	96,95	0,08	99,36	2,00	100,98	-0,22	100,95
0,2	5	1,06	132,47	0,86	126,62	5,00	125,98	0,64	101,07
0,1	10	1,85	155,99	1,22	141,76	10,00	139,08	1,26	101,15
0,04	25	2,85	185,71	1,57	158,25	25,00	151,82	2,10	101,27
0,02	50	3,59	207,75	1,78	169,03	50,00	161,99	2,75	101,35
0,01	100	4,32	229,64	2,00	180,99	100,00	170,33	3,45	101,45

Keterangan :

P = probabilitas

T = kala ulang

$K_T$  = standar statisti untuk periode ulang T tahun

$X_T$  = besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun  
(mm)

### E. Pengujian Kecocokan Distribusi

Tujuan dari uji kecocokan distribusi yaitu untuk menguji distribusi yang dipilih pada pembuatan *duration curve* sesuai dengan distribusi empirisnya.

#### 1. Uji Kecocokan Chi-Kuadrat (*Chi-Square*)

Tujuan dari uji kecocokan *Chi-Square* yaitu untuk mengetahui distribusi-distribusi agar memenuhi syarat untuk dijadikan dasar dalam menentukan debit air rancangan dengan menggunakan periode ulang tertentu.

Jumlah data (n) = 10



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pembagian kelas (K)} &= 1 + 3,322 \text{ Log } n \\ &= 1 + 3,322 \text{ Log } 10 \\ &= 4,32 \sim 5 \text{ kelas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi yang diharapkan (E}_i) &= \frac{n}{K} \\ &= \frac{10}{5} \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$\text{Banyaknya Parameter (P)} = 2 \text{ (Ketetapan dari Uji Chi-Kuadrat)}$$

$$\begin{aligned} \text{Derajat kebebasan (DK)} &= K - (P + 1) \\ &= 5 - (2 + 1) \\ &= 2 \end{aligned}$$

Taraf Signifikasi ( $\alpha$ ) = 5 % = 0,05 (Karena nilai signifikasi sebesar 95%, maka nilai kritis yaitu 5% atau 0,05).

Nilai Chi-Kuadrat Kritis ( $\chi^2_{cr}$ ) = 5,991 (dari Tabel 2.9)

DK	Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ )		
	0,975	0,95	0,05
1	0,000982	0,00393	3,841
2	0,0506	0,103	5,991

Gambar 4.16 Cara Membaca Nilai Chi-Kuadrat Kritis ( $\chi^2_{cr}$ )

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas distribusi} &= \frac{1}{k} \times 100\% \\ &= \frac{1}{5} \times 100\% \\ &= 20\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan interval kelas distribusi maka didapatkan 5 kelas distribusi dengan nilai probabilitas atau P(x) sebesar 20%. 40%, 60%, 80% dan 100%. Pada uji Chi-Kuadrat untuk pengujian Gumbel, Normal, Log Normal dan Log Pearson tipe III, pembagian interval kelas yang digunakan yaitu:

1. Kelas 1 memiliki nilai probabilitas sebesar 20% dengan jarak antar kelas yaitu  $0 < X_T \leq 0,2$



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

2. Kelas 2 memiliki nilai probabilitas sebesar 40% dengan jarak antar kelas yaitu  $0,2 < X_T \leq 0,4$
3. Kelas 3 memiliki nilai probabilitas sebesar 60% dengan jarak antar kelas yaitu  $0,4 < X_T \leq 0,6$
4. Kelas 4 memiliki nilai probabilitas sebesar 80% dengan jarak antar kelas yaitu  $0,6 < X_T \leq 0,8$
5. Kelas 5 memiliki nilai probabilitas sebesar 100% dengan jarak antar kelas yaitu  $0,8 < X_T \leq 1$

### Uji Chi-Kuadrat Distribusi Gumbel

Berikut merupakan perhitungan uji Chi-Kuadrat distribusi Gumbel

Nilai rata-rata curah hujan ( $\bar{X}$ ) = 100,98 mm (Dis. Gumbel)

Standar deviasi ( $S_d$ ) = 29,76 (Dis. Gumbel)

Reduksi nilai rata-rata ( $Y_n$ ) = 0,495 (Dis. Gumbel)

Reduksi standar deviasi ( $S_n$ ) = 0,950 (Dis. Gumbel)

Contoh perhitungan uji Chi-Kuadrat distribusi Gumbel untuk probabilitas 20%

Probabilitas atau  $P(x) = 20\%$

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{1}{P(x)} \\
 &= \frac{1}{0,2} \\
 &= 5 \text{ tahunan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_t &= -L_n - L_n \frac{T-1}{T} \\
 &= -L_n - L_n \frac{5-1}{5} \\
 &= 1,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_T &= \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \\
 &= \frac{1,5 - 0,495}{0,95} \\
 &= 1,058
 \end{aligned}$$

$$X_{T \text{ 5 tahun}} = \bar{X} + S_d \times K_T \text{ (untuk peluang 0.2)}$$



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$$X_{T \text{ 5 tahun}} = 100,98 + 29,76 \times 1,06$$

$$= 132,47 \text{ mm}$$

Tabel 4.11 merupakan nilai tatisti reduksi Gauss ( $K_T$ ) uji Chi-Kuadrat distribusi Gumbel yang digunakan untuk perhitungan Chi-Kuadrat.

Tabel 4.11 Nilai Variabel Reduksi Gauss ( $K_T$ ) Uji Chi-Kuadrat Distribusi Gumbel

Kelas	Probabilitas (%)	T (Tahun)	$Y_T$	$K_T$
1	20	5	1,50	1,06
2	40	2,5	0,67	0,19
3	60	1,67	0,09	-0,43
4	80	1,25	-0,48	-1,02
5	100	1	-1,93	-2,56

Jumlah frekuensi pada batasan kelas ( $O_f$ ) untuk distribusi Gumbel diperoleh berdasarkan jumlah frekuensi pada batas kelas data curah hujan ( $R_{24}$ ). Nilai frekuensi pada batasan kelas ( $O_f$ ) dapat diperlihatkan pada Tabel 4.12. Perhitungan uji Chi-Kuadrat Distribusi Gumbel dapat diperlihatkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Jumlah Frekuensi Pada Batasan Kelas ( $O_f$ ) Uji Chi-Kuadrat Distribusi Gumbel

$R_{24}$ (mm)	$O_f$
146,5	2
141,7	
114	2
110	
106	2
105	
83	3
79	
71	
53,6	1

Keterangan :

$R_{24}$  = curah hujan harian maksimum (mm)



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$O_f$  = kelas pembagi

Tabel 4.13 Perhitungan Chi-Kuadrat Distribusi Gumbel

Kelas	Probabilitas (%)	Batas Kelas	$E_f$	$X_T$ (mm)	$O_f$	$E_f - O_f$	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
1	20	$0 < X_T \leq 0,2$	2	132,47	2	0	0
2	40	$0,2 < X_T \leq 0,4$	2	106,51	2	0	0
3	60	$0,4 < X_T \leq 0,6$	2	88,20	2	0	0
4	80	$0,6 < X_T \leq 0,8$	2	70,54	3	-1	0,5
5	100	$0,8 < X_T \leq 1$	2	24,89	1	1	0,5
			10		10	Chi-Kuadrat	1
Chi-Kuadrat Distribusi Gumbel Diterima						DK	2
						Chi-Kritik	5,991

Keterangan :

$E_f$  = Jumlah pengamatan yang diharapkan sesuai kelas pembagi ( $o_f$ )

$X_T$  = curah hujan rancangan (mm)

$O_f$  = kelas pembagi

Berdasarkan hasil perhitungan Chi-Kuadrat distribusi Gumbel pada Tabel 4.13, nilai nilai Chi-Kuadrat (= 1) lebih kecil dari Chi Kritis (= 5,991). Maka Chi-Kuadrat distribusi Gumbel dapat diterima karena Chi-Kuadrat < Chi Kritis.

### Uji Chi-Kuadrat Distribusi Normal

Berikut merupakan perhitungan uji Chi-Kuadrat distribusi Normal

Nilai rata-rata curah hujan ( $\bar{X}$ ) = 100,98 mm (Dis. Normal)

Standar deviasi ( $S_d$ ) = 29,76 (Dis. Normal)

Nilai tatisti reduksi Gauss ( $K_T$ ) diperoleh dari Tabel 2.6 dan cara untuk memperoleh nilai tersebut dapat diperlihatkan pada Gambar 4.17

Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	K
4	0,25	0,67
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28

Gambar 4.17 Cara Membaca Nilai Variabel Reduksi Gauss ( $K_T$ ) Probabilitas 20%



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Contoh perhitungan uji Chi-Kuadrat distribusi Gumbel untuk probabilitas 20% :

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan rancangan } (X_T) &= \bar{x} + ((K_T \text{ untuk peluang } 0,2) \times S_d) \\ &= 100,98 + 0,84 \times 29,76 \\ &= 125,98 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai  $O_i$  untuk distribusi Normal diperoleh berdasarkan jumlah frekuensi data curah hujan ( $X_i$ ) yang masuk pada batas kelas dapat diperlihatkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Jumlah Frekuensi Pada Batasan Kelas ( $O_f$ ) Uji Chi-Kuadrat Distribusi Normal

$R_{24}$ (mm)	$O_f$
146,5	2
141,7	
114	2
110	
106	2
105	
83	2
79	
71	2
53,6	

Keterangan :

$R_{24}$  = curah hujan harian maksimum (mm)

$O_f$  = kelas pembagi

Perhitungan Uji Chi-Kuadrat pada distribusi Normal dapat diperlihatkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Uji Chi-Kuadrat Pada Distribusi Normal

Kelas	Probabilitas (%)	Batas Kelas	$E_f$	$X_T$ (mm)	$O_f$	$E_f - O_f$	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
1	20	$0 < X_T \leq 0,2$	2	132,47	2	0	0
2	40	$0,2 < X_T \leq 0,4$	2	106,51	2	0	0
3	60	$0,4 < X_T \leq 0,6$	2	88,20	2	0	0
4	80	$0,6 < X_T \leq 0,8$	2	70,54	3	-1	0,5
5	100	$0,8 < X_T \leq 1$	2	24,89	1	1	0,5
			10		10	Chi-Kuadrat	0
Chi-Kuadrat Distribusi Normal Diterima						DK	2
						Chi-Kritik	5,991



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Keterangan :

$E_f$  = Jumlah pengamatan yang diharapkan sesuai kelas pembagi ( $O_f$ )

$X_T$  = curah hujan rancangan (mm)

$O_f$  = kelas pembagi

Berdasarkan Tabel 4.15 uji chi-kuadrat pada distribusi normal dapat dilihat bahwa nilai Chi-Kuadrat = 0 dan nilai chi kritik 5,991. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai Chi-Kuadrat pada distribusi normal dapat diterima karena sesuai dengan syarat dimana Chi-Kuadrat < Chi Kritik.

### Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Normal

Berikut merupakan perhitungan uji Chi-Kuadrat distribusi Log Normal

Nilai rata-rata Log curah hujan ( $\text{Log } \bar{X}$ ) = 1,99 mm (Dis. Log Normal)

Standar deviasi Log curah hujan ( $S \text{ Log } X$ ) = 0,136 (Dis. Log Normal)

Contoh perhitungan uji Chi-Kuadrat distribusi Log Normal untuk probabilitas 20%.

$$\begin{aligned}
 T_{\text{ untuk probabilitas 20\%}} &= \frac{1}{P(x)} \\
 &= \frac{1}{0,2} \\
 &= 5 \text{ tahunan}
 \end{aligned}$$

Nilai variable reduksi Gauss ( $K_T$ ) didapatkan dari Tabel 2.6 dan cara mendapatkan nilai  $K_T$  dapat dijelaskan pada Gambar 4.18.

Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	$K_T$
4	0,25	0,57
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28

Gambar 4.18 Cara Membaca Nilai Variabel Reduksi Gauss ( $K_T$ ) Log Normal Probabilitas 20%

Tabel 4.16 merupakan nilai tatisti reduksi Gauss ( $K_T$ ) uji Chi-Kuadrat distribusi Log Normal yang digunakan untuk perhitungan Chi-Kuadrat.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.16 Nilai Variabel Reduksi Gauss ( $K_T$ ) Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Normal

Kelas	Probabilitas (%)	T (Tahun)	$K_T$
1	20	5	0,84
2	40	2,5	0,25
3	60	1,67	-0,25
4	80	1,25	-0,84
5	100	1	-3,05

$$K_T \text{ untuk periode ulang 5 tahun} = 0,84$$

$$\begin{aligned} X_T \text{ untuk probabilitas 20\%} &= 10 \log X + K_T \text{ (untuk peluang 0,2)} \times S \log X \\ &= 10 \log 1,99 + 0,84 \times 0,136 \\ &= 125,988 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jumlah frekuensi pada batasan kelas ( $O_f$ ) untuk distribusi Log Normal diperoleh berdasarkan jumlah frekuensi pada batas kelas data curah hujan ( $R_{24}$ ). Nilai frekuensi pada batasan kelas ( $O_f$ ) Log Normal dapat diperlihatkan pada Tabel 4.17. Perhitungan uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Normal dapat diperlihatkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.17 Jumlah Frekuensi Pada Batasan Kelas ( $O_f$ ) Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Normal

$R_{24}$ (mm)	$O_f$
146,5	2
141,7	
114	4
110	
106	
105	
83	2
79	
71	2
53,6	

Keterangan :

$R_{24}$  = curah hujan harian maksimum (mm)

$O_f$  = kelas pembagi



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.18 Perhitungan Chi-Kuadrat Distribusi Log Normal

Kelas	Probabilitas (%)	Batas Kelas	$E_f$	$X_T$ (mm)	$O_f$	$E_f - O_f$	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
1	20	$0 < X_T \leq 0,2$	2	125,99	2	0	0
2	40	$0,2 < X_T \leq 0,4$	2	104,70	4	-2	2
3	60	$0,4 < X_T \leq 0,6$	2	89,51	0	2	2
4	80	$0,6 < X_T \leq 0,8$	2	74,39	2	0	0
5	100	$0,8 < X_T \leq 1$	2	37,19	2	0	0
			10		10	Chi-Kuadrat	4
Chi-Kuadrat Distribusi Log Normal Diterima						DK	2
						Chi-Kritik	5,991

Keterangan :

$E_f$  = Jumlah pengamatan yang diharapkan sesuai kelas pembagi ( $O_f$ )

$X_T$  = curah hujan rancangan (mm)

$O_f$  = kelas pembagi

Berdasarkan hasil perhitungan Chi-Kuadrat distribusi Log Normal pada Tabel 4.18, nilai nilai Chi-Kuadrat (= 4) lebih kecil dari Chi Kritis (= 5,991). Maka Chi-Kuadrat distribusi Log Normal dapat diterima karena Chi-Kuadrat < Chi Kritis.

### Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III

Berikut merupakan perhitungan uji Chi-Kuadrat distribusi Log Pearson III

Nilai rata-rata Log curah hujan ( $\text{Log } \bar{X}$ ) = 1,99 mm (Dis. Log Pearson III)

Standar deviasi Log curah hujan ( $S \text{ Log } X$ ) = 0,136 (Dis. Log Pearson III)

Koefisien skewness ( $C_s$ ) = -0,51 (Dis. Log Pearson III)

Contoh perhitungan uji Chi-Kuadrat distribusi Log Pearson III untuk probabilitas 80%.

$$\begin{aligned}
 T_{\text{ untuk probabilitas 80\% }} &= \frac{1}{P(x)} \\
 &= \frac{1}{0,8} \\
 &= 1,25 \text{ tahunan}
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Nilai variable reduksi Gauss ( $K_T$ ) didapatkan dari nilai koefisien skewness ( $C_s$ ) yang didapatkan dari Tabel 2.8 dengan cara interpolasi dan cara mendapatkan nilai  $K_T$  dapat diperlihatkan pada Gambar 4.19. Berikut merupakan perhitungan dengan cara interpolasi dengan probabilitas 80% :

$$\frac{C_{sa} - C_{sb}}{C_s - C_{sb}} = \frac{K_{Ta} - K_{Tb}}{K_T - K_{Tb}}$$

$$\frac{(-0,4) - (-0,6)}{(-0,51) - (-0,6)} = \frac{(-0,816) - (-0,8)}{K_T - (-0,8)}$$

$$\frac{0,2}{0,09} = \frac{0,016}{K_T - (-0,8)}$$

$$K_T = \frac{0,09 \times (-0,016)}{0,2} + (-0,16)$$

$$= -0,807$$

Keterangan :

$C_{sa}$  = nilai  $C_s$  -0,4

$C_s$  = nilai  $C_s$  -0,51

$C_{sb}$  = nilai  $C_s$  -0,6

$K_{Ta}$  = nilai  $K_T$  pada saat  $C_s$  -0,4

$K_{Tb}$  = nilai  $K_T$  pada saat  $C_s$  -0,6

$K_T$  = nilai  $K_T$  pada saat  $C_s$  -0,5

Koef. Skewness ( $C_s$ )	Periode Ulang (Tahun)		
	1,0101	1,25	2
	Persentase Peluang Terlampaui		
	99	80	50
-0,4	-2,615	-0,816	0,066
-0,51		-0,807	
-0,6	-2,755	-0,800	0,099

Gambar 4.19 Cara Membaca Nilai Variabel Reduksi Gauss ( $K_T$ ) Probabilitas 80% Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III

Tabel 4.19 merupakan nilai statisti reduksi Gauss ( $K_T$ ) uji Chi-Kuadrat distribusi Log Pearson III yang digunakan untuk perhitungan Chi-Kuadrat.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.19 Nilai Variabel Reduksi Gauss ( $K_T$ ) Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III

Kelas	Probabilitas (%)	T (Tahun)	$K_T$
1	20	5	0,856
2	40	2,5	0,341
3	60	1,67	-0,214
4	80	1,25	-0,807
5	100	1	-2,692

$$K_T \text{ untuk periode ulang 1,25 tahun} = -0,807$$

$$\begin{aligned} X_T \text{ untuk probabilitas 80\%} &= 10 \log X^- + K_T (\text{untuk peluang } 0,2) \times S \log X \\ &= 10 \log 1,986 + (-0,807) \times 0,136 \\ &= 75,156 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jumlah frekuensi pada batasan kelas ( $O_f$ ) untuk distribusi Log Pearson III diperoleh berdasarkan jumlah frekuensi pada batas kelas data curah hujan ( $R_{24}$ ). Nilai frekuensi pada batasan kelas ( $O_f$ ) Log Pearson III dapat diperlihatkan pada Tabel 4.20. Perhitungan uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III dapat diperlihatkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.20 Jumlah Frekuensi Pada Batasan Kelas ( $O_f$ ) Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III

$R_{24}$ (mm)	$O_f$
146,5	2
141,7	
114	2
110	
106	2
105	
83	2
79	
71	2
53,6	

Keterangan :

$R_{24}$  = curah hujan harian maksimum (mm)

$O_f$  = kelas pembagi



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.21 Perhitungan Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III

Kelas	Probabilitas (%)	Batas Kelas	$E_f$	$X_T$ (mm)	$O_f$	$E_f - O_f$	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
1	20	$0 < X_T \leq 0,2$	2	126,622	2	0	0
2	40	$0,2 < X_T \leq 0,4$	2	107,725	2	0	0
3	60	$0,4 < X_T \leq 0,6$	2	90,515	2	0	0
4	80	$0,6 < X_T \leq 0,8$	2	75,156	2	0	0
5	100	$0,8 < X_T \leq 1$	2	41,614	2	0	0
			10		10	Chi-Kuadrat	0
Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III Diterima						DK	2
						Chi-Kritik	5,991

Keterangan :

$E_f$  = Jumlah pengamatan yang diharapkan sesuai kelas pembagi ( $O_f$ )

$X_T$  = curah hujan rancangan (mm)

$O_f$  = kelas pembagi

Berdasarkan hasil perhitungan Chi-Kuadrat distribusi Log Pearson III pada Tabel 4.21, nilai-nilai Chi-Kuadrat (= 0) lebih kecil dari Chi Kritis (= 5,991). Maka Chi-Kuadrat distribusi Log Pearson III dapat diterima karena Chi-Kuadrat < Chi Kritis.

Hasil uji Chi-Kuadrat dari keempat jenis distribusi direkapitulasi ke dalam bentuk tabel dengan membandingkan nilai Chi-Kuadrat dan nilai Chi Kritis. Uji Chi-Kuadrat dapat diterima jika keempat jenis distribusi memiliki nilai Chi-Kuadrat lebih kecil dari nilai Chi Kritis = 5,991. Kesimpulan dari Uji Chi-Kuadrat ini yaitu bahwa keempat jenis distribusi ini diterima. Distribusi terbaik yaitu distribusi yang mempunyai selisih peluang lapangan dan peluang teoritis paling kecil. Distribusi terbaik yaitu pada distribusi Normal dan Log Pearson tipe III dimana memiliki nilai Chi-Kuadrat = 0 pada uji Chi-Kuadrat. Kesimpulan hasil Chi-Kuadrat untuk tiap distribusi dapat diperlihatkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Chi-Kuadrat Tiap Distribusi

Distribusi	Nilai Chi-Kuadrat	Nilai Chi Kritis	Keterangan
Gumbel	1	5,991	Memenuhi
Normal	0	5,991	Memenuhi
Log Normal	4	5,991	Memenuhi
Log Pearson III	0	5,991	Memenuhi



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

## 2. Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov biasa disebut dengan uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pada uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov langkah pertama yang dilakukan yaitu mencari nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) dengan mencocokkan jumlah data ( $n$ ) dan derajat kepastian ( $\alpha$ ) dengan menggunakan tabel nilai delta kritis Smirnov-Kolmogorov. Pada penelitian ini jumlah data ( $n$ ) berjumlah 10 dan derajat kepastian ( $\alpha$ ) 5% atau 0,05, sehingga dapat diketahui nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) yaitu 0,41 berdasarkan Tabel 2.10. Cara membaca nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) dapat diperlihatkan pada Gambar 4.20.

n	Derajat Kepastian ( $\alpha$ )		
	20%	10%	5%
5	0,45	0,51	0,56
10	0,32	0,37	0,41
15	0,27	0,3	0,34

Gambar 4.20 Cara Membaca Nilai Delta Kritis ( $\Delta_{cr}$ ) Smirnov Kolmogorov

Untuk mencari nilai peluang lapangan  $P_{(x)}$  data harus diurutkan terlebih dahulu dari nilai yang terbesar ke terkecil. Tabel 4.23 merupakan tabel nilai peluang lapangan  $P_{(x)}$  pada data yang sudah diurutkan.

Tabel 4.23 Nilai Peluang Lapangan  $P_{(x)}$

m	$R_{24}$ (mm)	$P_{(x)}$
1	146,5	0,09
2	141,7	0,18
3	114	0,27
4	110	0,36
5	106	0,46
6	105	0,55
7	83	0,64
8	79	0,73
9	71	0,82
10	53,6	0,91

Keterangan:

m = peringkat



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$R_{24}$  = curah hujan maksimum (mm)

$P_{(x)}$  = peluang lapangan

Berikut contoh perhitungan mencari nilai peluang lapangan  $P_{(x)}$  dengan menggunakan persamaan 2.29.

$$\begin{aligned} P_{(x)} &= \frac{m}{n+1} \\ &= \frac{1}{10+1} \\ &= 0,091 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai peluang lapangan  $P_{(x)}$ , selanjutnya mencari nilai peluang teoritis  $P'_{(x)}$  pada setiap distribusi dengan bantuan *software Ms. Excel*. Berikut perhitungan tiap distribusi pada uji Smirnov-Kolmogorov.

#### **Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Gumbel**

Nilai peluang teoritis  $P'_{(x)}$  pada uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Gumbel menggunakan persamaan 2.31 dan 2.32. Berikut contoh perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Gumbel:

Data curah hujan maksimum ( $R_{24}$ ) = 146,5 mm

Nilai rata – rata curah hujan ( $\bar{x}$ ) = 100,98 mm

Standar deviasi ( $S_d$ ) = 29,76.

$$\begin{aligned} Y &= \frac{1283}{S_d} \times x_i - (\bar{x} - 0,455 S_d) \\ &= \frac{1283}{29,763} \times 146,5 - (100,98 - 0,455 \times 29,763) \\ &= 2,546 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P'_{(x)} &= e^{(-e)^{-Y}} \\ &= 2,72^{(-2,72)^{-2,546}} \\ &= 0,92 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung nilai delta ( $\Delta$ ) dengan cara mencari selisih antara peluang lapangan  $P_{(x)}$  dengan peluang teoritis  $P'_{(x)}$  yang sudah dihitung.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$$\begin{aligned}\Delta &= |P_{(x)} - P'_{(x)}| \\ &= |0,091 - 0,925| \\ &= 0,83\end{aligned}$$

Nilai delta maksimum ( $\Delta_{\max}$ ) pada uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Gumbel dapat diperlihatkan pada Tabel 4.24. Nilai  $\Delta_{\max}$  didapatkan dari selisih antara peluang lapangan  $P_{(x)}$  dengan peluang teoritis  $P'_{(x)}$  maksimum.

Tabel 4.24 Nilai Delta Maksimum ( $\Delta_{\max}$ ) Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Gumbel

m	R <sub>24</sub> (mm)	P <sub>(x)</sub>	P' <sub>(x)</sub>	\Delta
1	146,5	0,09	0,92	0,83
2	141,7	0,18	0,91	0,73
3	114	0,27	0,73	0,45
4	110	0,36	0,69	0,32
5	106	0,45	0,64	0,18
6	105	0,55	0,63	0,08
7	83	0,64	0,30	0,34
8	79	0,73	0,24	0,49
9	71	0,82	0,13	0,69
10	53,6	0,91	0,01	0,90
Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Gumbel Tidak Diterima			$\Delta_{\max}$	0,90
			$\Delta_{cr}$	0,41

Keterangan :

R<sub>24</sub> = curah hujan harian maksimum (mm)

m = peringkat

P(x) = peluang lapangan

P'(x) = peluang teoritis

$\Delta$  = selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Berdasarkan hasil perhitungan Smirnov-Kolmogorov distribusi Gumbel pada Tabel 4.24, nilai delta maksimum ( $\Delta_{\max}$ ) = 0,9 lebih besar dari nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,41. Maka uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Gumbel tidak dapat diterima karena  $\Delta_{\max} > \Delta_{cr}$ .



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

### Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Normal

Nilai peluang teoritis  $P'(x)$  pada uji Smirnov-Kolmogorov untuk distribusi distribusi Normal dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Curah hujan rata-rata } (\bar{x}) = 100,98 \text{ mm}$$

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = 29,763 \text{ mm}$$

$$P'(x) = \frac{1}{S_d \times \sqrt{2\pi}} \exp \frac{[-(x_i - \bar{x})^2]}{2 \times (S_d)^2}$$

$$P'(x) = \frac{1}{29,763 \times \sqrt{2\pi}} \exp \frac{[-(146,5 - 100,98)^2]}{2 \times (29,763)^2}$$

$$= 0,05$$

Kemudian, menghitung selisih antara peluang lapangan  $P(x)$  dan peluang teoritis  $P'(x)$  untuk menghitung nilai delta ( $\Delta$ ).

$$\Delta = |P_{(x)} - P'_{(x)}|$$

$$= 0,091 - 0,048$$

$$= 0,04$$

Tabel 4.25 Nilai Delta Maksimum ( $\Delta_{\max}$ ) Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Normal

m	R <sub>24</sub> (mm)	P <sub>(x)</sub>	P' <sub>(x)</sub>	Δ
1	146,5	0,09	0,05	0,04
2	141,7	0,18	0,03	0,15
3	114	0,27	0,01	0,26
4	110	0,36	0,01	0,35
5	106	0,45	0,01	0,44
6	105	0,55	0,01	0,53
7	83	0,64	0,02	0,62
8	79	0,73	0,02	0,71
9	71	0,82	0,02	0,80
10	53,6	0,909	0,05	0,86
Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Normal Tidak Diterima			$\Delta_{\max}$	0,86
			$\Delta_{cr}$	0,41

Keterangan :

R<sub>24</sub> = curah hujan harian maksimum (mm)

m = peringkat



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$P(x)$  = peluang lapangan

$P'(x)$  = peluang teoritis

$\Delta$  = selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Berdasarkan hasil perhitungan Smirnov-Kolmogorov distribusi Normal pada Tabel 4.25, nilai delta maksimum ( $\Delta_{\max}$ ) = 0,86 lebih besar dari nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,41. Maka uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Gumbel tidak dapat diterima karena  $\Delta_{\max} > \Delta_{cr}$ .

### Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Log Normal

Nilai peluang teoritis  $P'(x)$  pada uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Log Normal menggunakan persamaan 2.30. Berikut contoh perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Log Normal:

Data curah hujan maksimum ( $R_{24}$ ) = 146,5 mm

$\text{Log } R_{24} = 2,166$  mm

Nilai rata-rata curah hujan  $\text{Log}(\text{Log } \bar{x}) = 1,986$  mm

Standar deviasi  $\text{Log}(S_d \text{ Log}) = 0,136$ .

$$\begin{aligned}
 P'(x) &= \frac{1}{\text{Log}(S_d) \times \text{Log}(X_i) \times \sqrt{2\pi}} \exp \frac{[-(\text{Log } x_i - \text{Log } x_{rt})^2]}{2 \times (\text{Log } S_d)^2} \\
 &= \frac{1}{0,136 \times 2,166 \times \sqrt{2\pi}} \exp \frac{[-(2,166 - 1,986)^2]}{2 \times (0,136)^2} \\
 &= 0,57
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung nilai delta ( $\Delta$ ) dengan cara mencari selisih antara peluang lapangan  $P(x)$  dengan peluang teoritis  $P'(x)$  yang sudah dihitung.

$$\begin{aligned}
 \Delta &= |P(x) - P'(x)| \\
 &= |0,091 - 0,57| \\
 &= 0,47
 \end{aligned}$$

Nilai delta maksimum ( $\Delta_{\max}$ ) pada uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Log Normal dapat diperlihatkan pada Tabel 4.26. Nilai  $\Delta_{\max}$  didapatkan dari selisih antara peluang lapangan  $P(x)$  dengan peluang teoritis  $P'(x)$  maksimum.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.26 Nilai Delta Maksimum ( $\Delta_{\max}$ ) Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Log Normal

m	R <sub>24</sub> (mm)	P <sub>(x)</sub>	P' <sub>(x)</sub>	Δ
1	146,5	0,09	0,57	0,47
2	141,7	0,18	0,65	0,47
3	114	0,27	1,24	0,97
4	110	0,36	1,32	0,96
5	106	0,45	1,39	0,93
6	105	0,55	1,40	0,86
7	83	0,64	1,35	0,72
8	79	0,73	1,25	0,52
9	71	0,82	0,97	0,15
10	53,6	0,91	0,29	0,62
Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Log Normal Tidak Diterima			$\Delta_{\max}$	0,97
			$\Delta_{cr}$	0,41

Keterangan :

R<sub>24</sub> = curah hujan harian maksimum (mm)

m = peringkat

P(x) = peluang lapangan

P'(x) = peluang teoritis

Δ = selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Berdasarkan hasil perhitungan Smirnov-Kolmogorov distribusi Log Normal pada Tabel 4.26, nilai nilai delta maksimum ( $\Delta_{\max}$ ) = 0,970 lebih besar dari nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,410. Maka uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Log Normal tidak dapat diterima karena  $\Delta_{\max} > \Delta_{cr}$ .

### Uji Smirnov Kolmogorov Distribusi Log Pearson III

Untuk menghitung nilai peluang teoritis P'(x) pada uji Smirnov Kolmogorov pada distribusi Log Pearson tipe III menggunakan persamaan 2.35 hingga persamaan 2.38. Berikut contoh Perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov pada distribusi Log Pearson tipe III:

Curah hujan maksimum ( $x_i$ ) = 146,5 mm



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Nilai rata-rata / mean ( $\bar{x}$ ) = 1,986 mm

Standar Deviasi ( $S_d$ ) = 0,136

Koefisien *Skewness* = -0,51

$$\begin{aligned} a &= \frac{c_s \times S_d}{2} \\ &= \frac{-0,51 \times 0,136}{2} = -0,035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \left(\frac{1}{c_s} \times 2\right)^2 \\ &= \left(\frac{1}{-0,51} \times 2\right)^2 \\ &= 15,098 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \left[\bar{x} \times \frac{2 \times S_d}{c_s}\right] \\ &= \left[1,986 \times \frac{2 \times 0,136}{-0,51}\right] \\ &= -1,051 \end{aligned}$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan peluang teoritis Distribusi Log Pearson III

$$\begin{aligned} P'(x) &= \frac{1}{a\Gamma b} \times \left[\frac{x_i - c}{a}\right]^{b-1} \times e^{-\left[\frac{x_i - c}{a}\right]} \\ &= \frac{1}{(-0,035)\Gamma(15,098)} \times \left[\frac{(146,5) - (-1,051)}{(-0,035)}\right]^{15,098-1} e^{-\left[\frac{(146,5) - (-1,051)}{-0,035}\right]} \\ &= 0,03 \end{aligned}$$

Keterangan :

a = parameter skala

b = parameter bentuk

c = parameter letak

$S_d$  = standar deviasi (mm)

$\Gamma$  = Fungsi Gamma

$x_i$  =  $R_{24}$  = hujan harian maksimum (mm)

Selanjutnya, menghitung selisih dari peluang lapangan dengan peluang teoritis ( $\Delta$ ) seperti berikut



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$$\begin{aligned}\Delta &= |P(x) - P'(x)| \\ &= |0,09 - 0,03| \\ &= 0,06\end{aligned}$$

Keterangan :

$P(x)$  = peluang lapangan

$P'(x)$  = peluang teoritis

$\Delta$  = selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Tabel untuk nilai  $\Delta_{\max}$  ( $P(x) - P'(x)$ ) maksimum uji Smirnov- Kolmogorov pada distribusi Log Pearson III dapat diperlihatkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Nilai  $\Delta_{\max}$  Uji Smirnov-Kolmogorov pada distribusi Log Pearson III

m	R <sub>24</sub> (mm)	P <sub>(x)</sub>	P' <sub>(x)</sub>	Δ
1	146,5	0,09	0,03	0,06
2	141,7	0,18	0,17	0,02
3	114,0	0,27	0,24	0,03
4	110,0	0,36	0,63	0,26
5	106,0	0,45	0,16	0,30
6	105,0	0,55	0,35	0,20
7	83,0	0,64	0,67	0,03
8	79,0	0,73	0,79	0,06
9	71,0	0,82	0,80	0,02
10	53,6	0,91	0,65	0,26
Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Log Pearson Tipe III Diterima			$\Delta_{\max}$	0,30
			$\Delta_{cr}$	0,41

Keterangan :

R<sub>24</sub> = curah hujan harian maksimum (mm)

m = peringkat

P(x) = peluang lapangan

P'(x) = peluang teoritis

$\Delta$  = Selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Nilai distribusi dapat diterima jika nilai delta maksimum ( $\Delta_{max}$ ) lebih kecil dari nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ). Berdasarkan Tabel 4.27 Nilai  $\Delta_{max}$  uji Smirnov Kolmogorov pada distribusi Log Pearson III dapat diperoleh nilai  $\Delta_{max} = 0,3$  dan nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,41. Dari kedua nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa hanya uji Smirnov-Kolmogorov pada distribusi Log Pearson tipe III yang dapat diterima. Sedangkan, uji Smirnov-Kolmogorov pada distribusi Gumbel dan Log Normal tidak dapat diterima karena nilai delta maksimum ( $\Delta_{max}$ ) lebih besar dari nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ). Hasil Uji Smirnov-Kolmogorov untuk tiap distribusi dapat diperlihatkan pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Hasil Uji Smirnov Kolmogorov pada tiap Distribusi

Distribusi	$\Delta_{max}$	$\Delta_{cr}$	keterangan
Normal	0,86	0,41	Tidak Diterima
Gumbel	0,9	0,41	Tidak Diterima
Log Normal	0,97	0,41	Tidak Diterima
Log Pearson III	0,3	0,41	Diterima

Selanjutnya, menentukan hasil perhitungan distribusi yang akan digunakan untuk perhitungan berikutnya dengan mempertimbangkan hasil pada setiap pengujian yang telah selesai dianalisis. Pada Tabel 4.29 Dapat diperlihatkan pemilihan distribusi yang akan digunakan berdasarkan pengujian yang dilakukan.

Tabel 4.29 Hasil Perhitungan dari Setiap Distribusi dan Pengujian

Jenis Pengujian	Jenis Distribusi			
	Gumbel	Normal	Log Normal	Log Pearson III
Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi) Tabel 4.9	Tidak Diterima	Tidak Diterima	Tidak Diterima	Diterima
Uji Chi-Kuadrat Tabel 4.22	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
Uji Smirnov-Kolmogorov Tabel 4.28	Tidak Diterima	Tidak Diterima	Tidak Diterima	Diterima

Berdasarkan Tabel 4.29 menunjukkan pemilihan jenis distribusi yang sesuai pada setiap jenis pengujian. Pada jenis pengujian parameter statistik pada Tabel 4.9 diketahui bahwa jenis distribusi Gumbel tidak diterima karena nilai koefisien *skewness* ( $C_s$ ) = 0,08 sedangkan syaratnya yaitu  $C_s = 1,14$  dan pada hasil



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

perhitungan koefisien kurtosis ( $C_k$ ) = -0,65 sedangkan syaratnya yaitu 5,4 sehingga dapat disimpulkan bahwa uji parameter statistik dengan jenis distribusi Gumbel tidak memenuhi syarat. Kemudian, jenis pengujian parameter statistik pada jenis distribusi Log Normal tidak diterima karena nilai koefisien *skewness* ( $C_s$ ) = 0,08 sedangkan syaratnya yaitu  $C_s = 3$  dan pada hasil perhitungan Koefisien Kurtosis ( $C_k$ ) = -0,65 sedangkan syaratnya yaitu 5,383 sehingga dapat disimpulkan bahwa uji parameter statistik dengan jenis distribusi Log Normal tidak memenuhi syarat. Kemudian, jenis pengujian parameter statistik pada jenis distribusi Log Pearson tipe III dapat diterima karena nilai koefisien *skewness* ( $C_s$ ) = 0,08 sedangkan syaratnya yaitu  $C_s = 0$  sehingga jenis distribusi yang paling sesuai dengan parameter statistik yaitu jenis distribusi Log Pearson tipe III.

Pada pengujian uji Chi-Kuadrat yang dapat diperlihatkan pada Tabel 4.22 bahwa distribusi Gumbel, Log Normal, Log Pearson III dapat diterima semuanya dikarenakan nilai Chi-Kuadrat < nilai Chi Kritis. Pada distribusi Gumbel nilai Chi-Kuadrat = 1 < nilai Chi Kritis = 5,991. Pada distribusi Normal nilai Chi-Kuadrat = 0 < nilai Chi Kritis = 5,991. Pada distribusi Log Normal nilai Chi-Kuadrat = 4 < nilai Chi Kritis = 5,991. Pada distribusi Log Pearson tipe III nilai Chi-Kuadrat = 0 < nilai Chi Kritis = 5,991. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis pengujian uji Chi-Kuadrat dapat digunakan semuanya.

Pada pengujian uji Smirnov-Kolmogorov memiliki syarat dimana delta maksimum ( $\Delta_{max}$ ) < nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ). Hasil uji Smirnov-Kolmogorov yang telah direkapitulasi dapat diperlihatkan pada Tabel 4.28 Jenis distribusi Gumbel tidak dapat diterima dikarenakan nilai delta maksimum ( $\Delta_{max}$ ) = 0,86 > nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,41. Jenis distribusi Normal tidak dapat diterima dikarenakan nilai delta maksimum ( $\Delta_{max}$ ) = 0,9 > nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,41. Lalu, jenis distribusi Log Normal tidak dapat diterima dikarenakan nilai delta maksimum ( $\Delta_{max}$ ) = 0,97 > nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,41. Selanjutnya, jenis distribusi Log Pearson tipe III dapat diterima dikarenakan nilai delta maksimum ( $\Delta_{max}$ ) = 0,30 < nilai delta kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,41. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa hanya jenis distribusi Log Pearson tipe III yang sesuai dengan pengujian uji Smirnov-Kolmogorov.



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Dari jenis pengujian parameter statistik, uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov dapat disimpulkan bahwa hanya jenis distribusi Log Pearson tipe III yang sesuai dengan memenuhi syarat ujiannya. Sehingga, untuk analisa perhitungan distribusi hujan tiap jam menggunakan jenis distribusi Log Pearson tipe III.

### 4.3.3 Distribusi Hujan Jam-Jaman

Perhitungan distribusi hujan jam-jaman menggunakan nilai periode ulang hujan harian yang didapat dari perhitungan Log Pearson Tipe III. Nilai curah hujan rancangan ( $X_T$ ) tiap periode ulang ( $T$ ) pada DAS Silandak yang akan digunakan dapat diperlihatkan pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Nilai Curah Hujan Rancangan Setiap Periode Ulang DAS Silandak

T (Tahun)	$X_T$ (mm)
2	99,36
5	126,62
10	141,76
25	158,25
50	169,03
100	180,99

Keterangan:

$T$  = periode ulang (tahun)

$X_T$  = curah hujan rancangan dengan periode ulang  $T$  (mm)

Nilai periode ulang ( $X_T$ ) yang terdapat pada Tabel 4.10 digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan ( $i$ ) dengan menggunakan metode Mononobe. Metode Mononobe merupakan sebuah variasi dari persamaan curah hujan jangka pendek. Durasi curah hujan yang akan digunakan pada wilayah Indonesia menggunakan durasi jam ke-1 sampai jam ke-6. Tabel nilai intensitas curah hujan tiap periode ulang dapat diperlihatkan pada Tabel. 4.31. Berikut contoh perhitungan intensitas curah hujan ( $i$ ) dengan  $t = 1$  jam periode ulang 2 tahunan.

$$\begin{aligned}
 I_t &= \frac{R_{24}}{24} \times \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3} \\
 &= \frac{99,36}{24} \times \left[ \frac{24}{1} \right]^{2/3} = 34,45 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.31 Nilai Intensitas Curah Hujan Tiap Periode Ulang

t (jam)	Periode Ulang, T (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Intensitas Curah Hujan, I (mm)					
1	34,45	43,90	49,14	54,86	58,60	62,75
2	21,70	27,65	30,96	34,56	36,91	39,53
3	16,56	21,10	23,63	26,38	28,17	30,16
4	13,67	17,42	19,50	21,77	23,25	24,90
5	11,78	15,01	16,81	18,76	20,04	21,46
6	10,43	13,29	14,88	16,62	17,75	19,00
Σ	<b>108,59</b>	<b>138,37</b>	<b>154,92</b>	<b>172,95</b>	<b>184,72</b>	<b>197,80</b>

Setelah mendapatkan nilai intensitas curah hujan (i) langkah selanjutnya yaitu menghitung curah hujan jam-jaman dengan periode ulang 2 tahun pada jam ke-1. Tabel perhitungan distribusi hujan jam-jaman periode ulang 2 tahun dapat diperlihatkan pada Tabel 4.32. Berikut contoh perhitungan distribusi curah hujan jam-jaman periode ulang 2 tahun pada jam ke-1.

$$\sum I (\text{mm/jam}) = 34,45 + 21,70 + 16,56 + 13,67 + 11,78 + 10,43 = 108,59 \text{ mm/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Intensitas hujan (i) \%} &= \frac{i_{2 \text{ tahun jam ke-1}}}{\sum i_{2 \text{ tahun}}} \times 100\% \\ &= \frac{34,45}{108,59} \times 100\% \\ &= 31,72\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Distribusi Hujan Jam-jaman} &= I (\%) \times X_T \text{ periode ulang 2 tahun} \\ &= 31,72\% \times 99,362 \\ &= 31,52 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 4.32 Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 2 Tahun

t (jam)	i		Distribusi Hujan Jam-jaman (mm) I (%) × Xt
	mm	%	
1	34,45	31,72	31,52
2	21,70	19,98	19,86
3	16,56	15,25	15,15
4	13,67	12,59	12,51
5	11,78	10,85	10,78
6	10,43	9,60	9,54
Σ	<b>108,59</b>	<b>100</b>	<b>99,36</b>



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Berdasarkan Tabel 4.32 nilai distribusi hujan jam-jaman tersebut jika dijumlahkan maka akan menghasilkan nilai yang sama dengan nilai  $X_t$  periode ulang 2 tahun. Nilai distribusi hujan jam-jaman periode ulang 2 tahun dapat diperlihatkan pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Nilai Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 2 Tahun

t (jam)	Distribusi Hujan Jam-jaman (mm)
1	10,78
2	15,15
3	31,52
4	19,86
5	12,51
6	9,54
$\Sigma$	<b>99,36</b>

Distribusi curah hujan jam-jaman untuk periode ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahunan dihitung dengan cara perhitungan yang sama, sehingga distribusi hujan jam-jaman tiap periode ulang dapat diperlihatkan pada Tabel 4.33. Setelah mendapatkan curah hujan jam-jaman, kemudian nilai yang diperoleh akan diolah menjadi suatu grafik *hyetograph* distribusi hujan jam-jaman. Berdasarkan Tabel 4.34 maka didapatkan *hyetograph* curah hujan jam-jaman periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun yang akan diolah dengan menggunakan metode *Alternating Block Method* (ABM) yang akan dipakai sebagai *variable Time Series* pada pemodelan *Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS).

Cara membuat grafik *hyetograph* dengan metode *Alternating Block Method* (ABM) yaitu menyusun kembali nilai distribusi hujan jam-jaman secara bolak balik dari terkecil pada kanan grafik sampai nilai hujan jam-jaman tertinggi berada di tengah, kemudian data selanjutnya disusun pada bagian kiri grafik. Grafik *hyetograph* dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahunan dapat diperlihatkan pada Gambar 4.21 hingga Gambar 4.26.



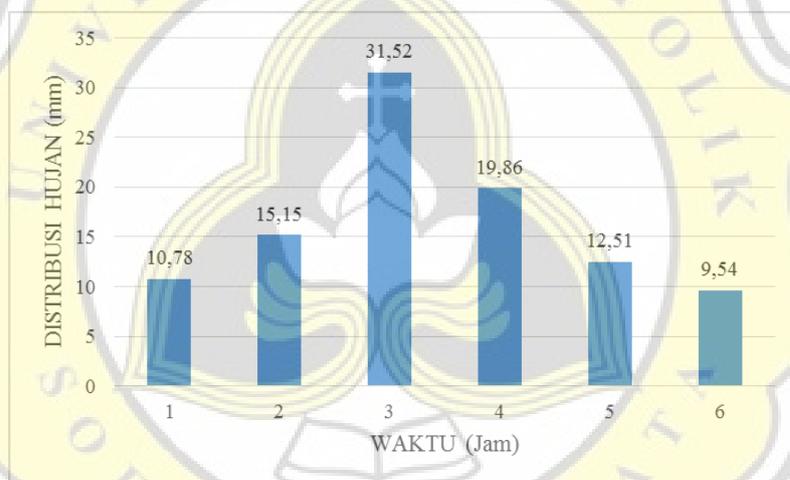
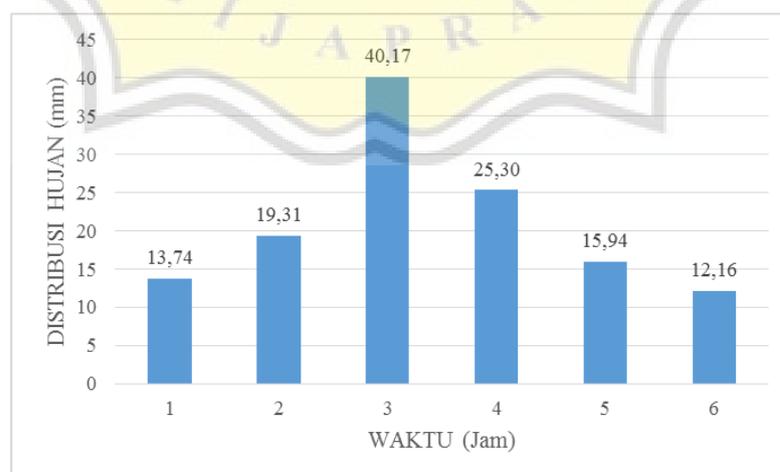
## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

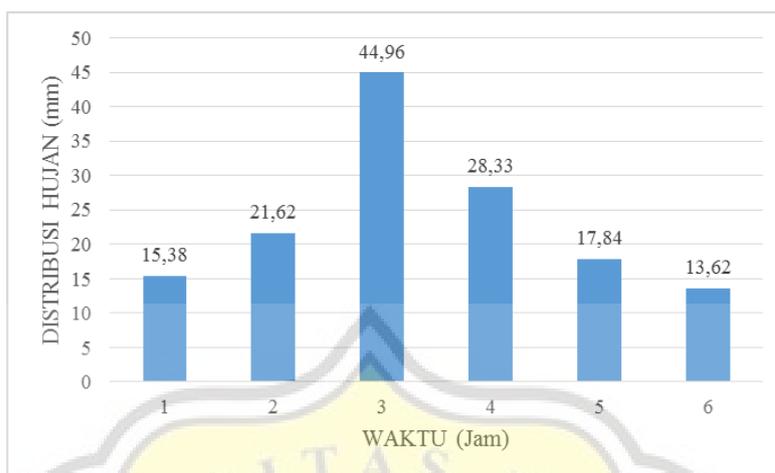
Tabel 4.34 Nilai Distribusi Hujan Jam-jaman Tiap Periode Ulang

t (jam)	Distribusi Hujan Jam-jaman (mm)					
	Periode Ulang 2 Tahun	Periode Ulang 5 Tahun	Periode Ulang 10 Tahun	Periode Ulang 25 Tahun	Periode Ulang 50 Tahun	Periode Ulang 100 Tahun
1	10,78	13,74	15,38	17,17	18,34	19,63
2	15,15	19,31	21,62	24,14	25,78	27,60
3	31,52	40,17	44,96	50,20	53,62	57,42
4	19,86	25,30	28,33	31,62	33,78	36,17
5	12,51	15,94	17,84	19,92	21,28	22,78
6	9,54	12,16	13,62	15,21	16,24	17,39
$\Sigma$	<b>99,36</b>	<b>126,62</b>	<b>141,75</b>	<b>158,26</b>	<b>169,04</b>	<b>180,99</b>

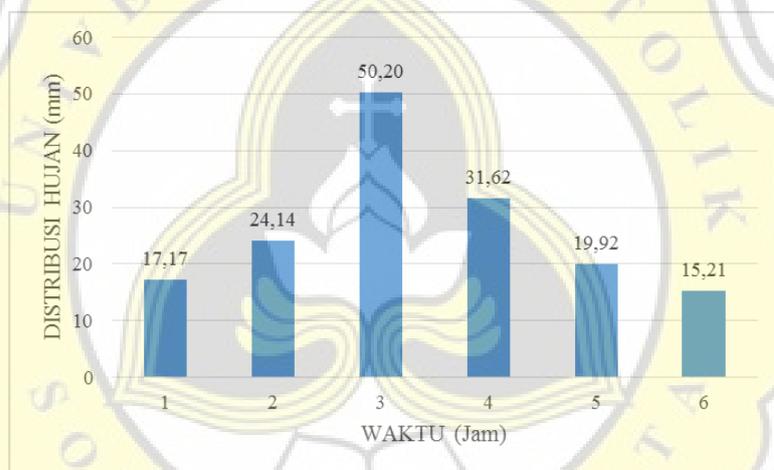
Gambar 4.21 Grafik *Hyetograph* Periode Ulang 2 TahunGambar 4.22 Grafik *Hyetograph* Periode Ulang 5 Tahun



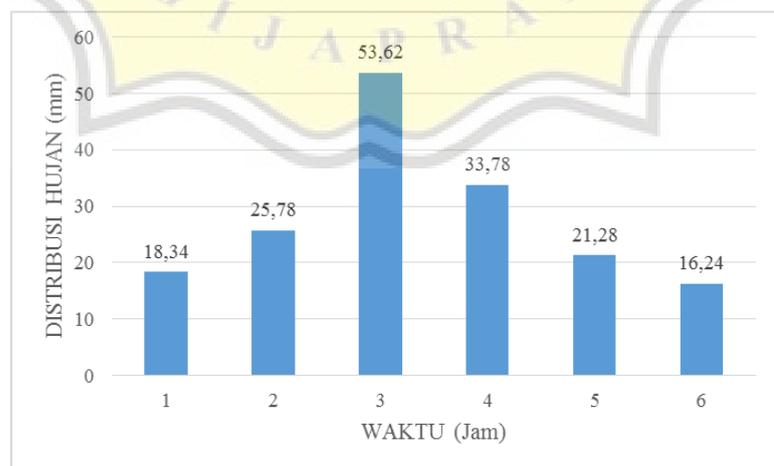
Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.23 Grafik *Hyetograph* Periode Ulang 10 Tahun



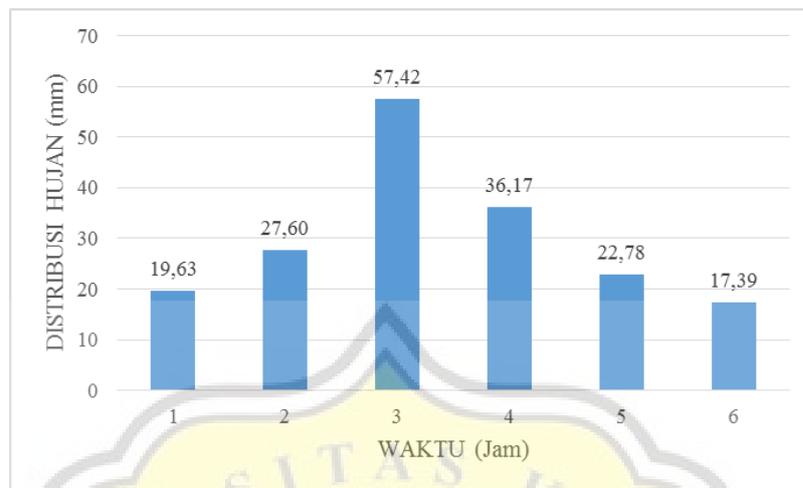
Gambar 4.24 Grafik *Hyetograph* Periode Ulang 25 Tahun



Gambar 4.25 Grafik *Hyetograph* Periode Ulang 50 Tahun



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.26 Grafik *Hyetograph* Periode Ulang 100 Tahun

Berdasarkan Gambar 4.21 hingga Gambar 4.26 maka dapat disimpulkan yaitu:

1. Distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 2 tahun yaitu 31,52 mm dan distribusi hujan jam-jaman minimum yaitu 9,55 mm.
2. Distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 5 tahun yaitu 40,17 mm dan distribusi hujan jam-jaman minimum yaitu 12,16 mm.
3. Distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 10 tahun yaitu 44,97 mm dan distribusi hujan jam-jaman minimum yaitu 13,62 mm.
4. Distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 25 tahun yaitu 50,20 mm dan distribusi hujan jam-jaman minimum yaitu 15,20 mm.
5. Distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 50 tahun yaitu 53,62 mm dan distribusi hujan jam-jaman minimum yaitu 16,24 mm.
6. Distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 100 tahun yaitu 57,42 mm dan distribusi hujan jam-jaman minimum yaitu 17,39 mm.

#### 4.4 Analisis Peta Tata Guna Lahan

Analisis penggunaan lahan pada penelitian ini mengambil perbandingan penggunaan lahan tahun 2013, tahun 2020 dan tahun 2045. Analisis yang dilakukan berupa penggunaan lahan pada DAS Silandak dalam kurung waktu 25 tahun dari tahun 2020. Pada analisis peta penggunaan lahan pada tahun 2013 dilakukan dengan cara mendigitasi *image* dari peta *Google Earth* pada tahun 2013, yang

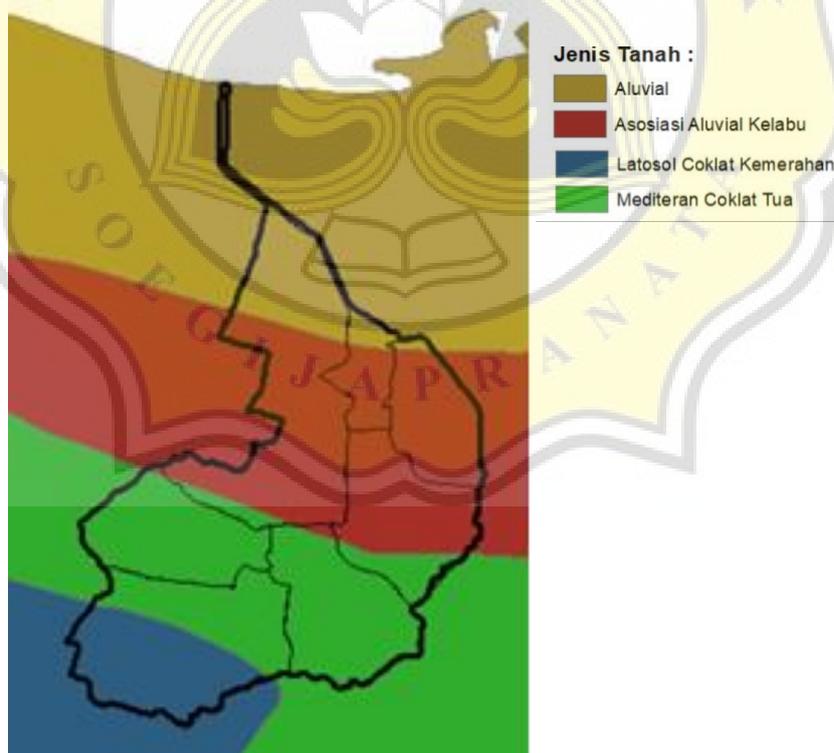


Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

kemudian akan diolah ke dalam program *ArcGIS* untuk mendapatkan luasan dari klasifikasi penggunaan lahan DAS Silandak. Pada analisis peta penggunaan lahan pada tahun 2020 menggunakan peta dan data dari Dinas Penataan Ruang Kota Semarang. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada DAS Silandak tersebut digunakan sebagai parameter untuk disimulasikan ke dalam program HEC-HMS.

### A. Klasifikasi Hidrologi Tanah

Klasifikasi grup hidrologi tanah dilakukan sesuai dengan masing-masing wilayah sub-DAS Silandak. Klasifikasi grup hidrologi tanah bertujuan untuk mengetahui nilai klasifikasi jenis tanah. Tahap pertama yang dilakukan dalam menentukan jenis tanah yaitu menentukan jenis tanah tiap wilayah sub-DAS Silandak. Penentuan jenis tanah menggunakan peta jenis tanah Kota Semarang dan batas sub-DAS Silandak yang dibuat pada program *ArcMap*. Peta jenis tanah pada DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Peta Jenis Tanah DAS Silandak (Sumber : Dinas Penataan Ruang Kota Semarang, 2020)



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Setelah wilayah sub-DAS Silandak terbagi sesuai dengan jenis tanahnya, maka dapat diketahui jenis tanah dan klasifikasi grup hidrologi tanah dari wilayah DAS Silandak. Klasifikasi grup hidrologi tanah ditentukan dengan cara membandingkan jenis tanah yang terdapat pada masing-masing wilayah sub-DAS Silandak dengan tabel klasifikasi grup hidrologi tanah. Tabel klasifikasi grup hidrologi tanah dapat diperlihatkan pada Tabel 2.14. Klasifikasi jenis tanah pada DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35 Klasifikasi Jenis Tanah DAS Silandak

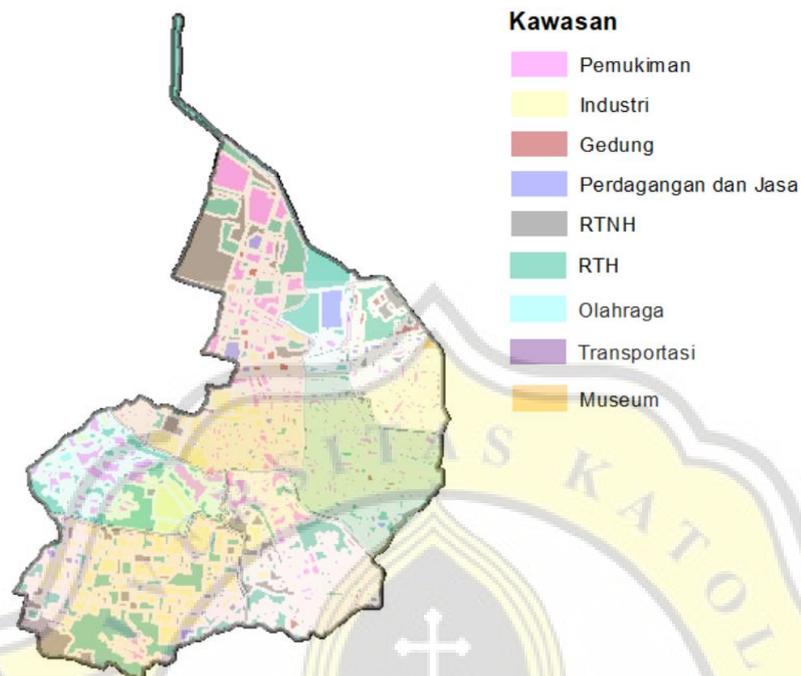
Sub-DAS	Luas (km <sup>2</sup> )	Jenis Tanah	Klasifikasi Tanah
1	3,10	Latosol coklat kemerahan 1,71 km <sup>2</sup> (55%)	B
		Mediteran coklat tua 1,39 km <sup>2</sup> (45%)	
2	1,74	Mediteran coklat tua 1,74 km <sup>2</sup> (100%)	D
3	2,01	Mediteran coklat tua 1,98 km <sup>2</sup> (99%)	D
		Asosiasi tatisti kelabu 0,03 km <sup>2</sup> (1%)	
4	1,95	Mediteran coklat tua 0,42 km <sup>2</sup> (22%)	B
		Asosiasi tatisti kelabu 1,53 km <sup>2</sup> (78%)	
5	1,29	Asosiasi tatisti kelabu 1,25 km <sup>2</sup> (97%)	B
		Aluvial 0,04 km <sup>2</sup> (3%)	
6	3,77	tatisti 1,13 km <sup>2</sup> (30%)	B
		Asosiasi tatisti kelabu 2,46 km <sup>2</sup> (65%)	
		Mediteran coklat tua 0,18 km <sup>2</sup> (5%)	
7	0,84	Aluvial 0,34 km <sup>2</sup> (39%)	B
		Asosiasi tatisti kelabu 0,51 km <sup>2</sup> (61%)	

## B. Penentuan Besar Wilayah Penggunaan Lahan

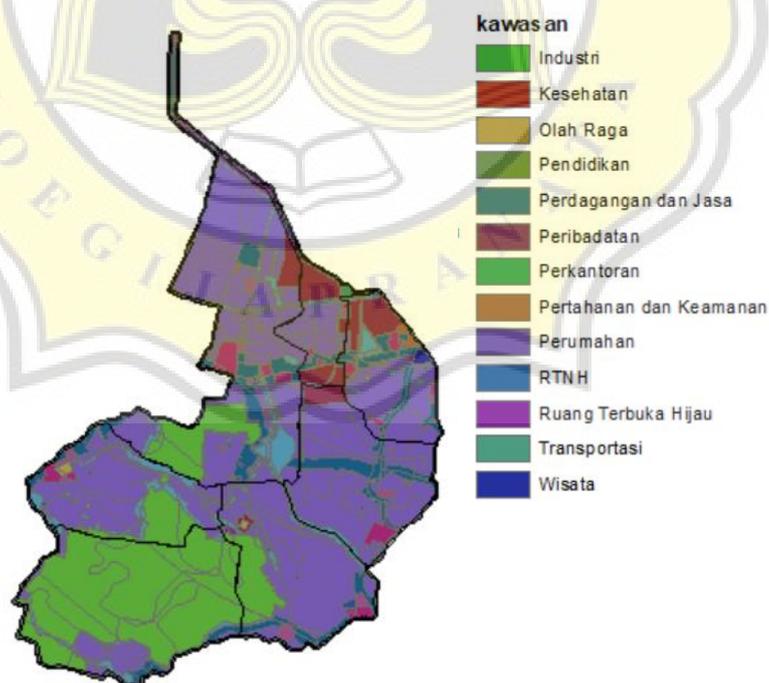
Peta penggunaan lahan yang digunakan yaitu peta tata guna lahan pada tahun 2013 dan tahun 2020. Peta penggunaan lahan yang digunakan dalam perhitungan debit yaitu merupakan peta tata guna lahan pada tahun 2020 yang didapatkan dari Dinas Penataan Ruang Kota Semarang tersebut kemudian dimasukkan ke dalam program ArcGIS yang sebelumnya sudah dalam bentuk format file *shapefile* (.shp). Peta penggunaan lahan DAS Silandak tahun 2013 dapat diperlihatkan pada Gambar 4.28 dan peta penggunaan lahan DAS Silandak tahun 2020 dapat diperlihatkan pada Gambar 4.29.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.28 Peta Penggunaan Lahan Tiap Sub-DAS Silandak Tahun 2013  
 (Sumber : Diolah dengan Menggunakan Program ArcGIS, 2021)



Gambar 4.29 Peta Penggunaan Lahan Tiap Sub-DAS Silandak Tahun 2020  
 (Sumber : Dinas Penataan Ruang Kota Semarang, 2020)



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Sebagai pembandingan perhitungan debit tahun 2020 maka dilakukan analisis terhadap perubahan penggunaan lahan pada tahun 2045. Penentuan besarnya wilayah penggunaan lahan pada tahun 2045 yaitu dilakukan dengan cara ekstrapolasi data peta penggunaan lahan pada tahun 2013 dengan tahun 2020. Cara ekstrapolasi dilakukan karena data yang tersedia cukup terbatas. Penggunaan lahan pada tahun 2013 dan tahun 2020 dapat diperlihatkan pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 Penggunaan Lahan DAS Silandak Tahun 2013 dan Tahun 2020

No	Penggunaan Lahan	Tahun 2013		Tahun 2020		Perubahan 2013-2020		Perubahan Per-Tahun	
		Luas (km <sup>2</sup> )	%	Luas (km <sup>2</sup> )	%	Luas (km <sup>2</sup> )	%	Luas (km <sup>2</sup> )	%
1	Industri	1,73	11,77	3,70	25,17	1,97	14,34	0,28	2,05
2	Pemukiman	3,34	22,72	7,00	47,62	3,66	26,64	0,52	3,81
3	Perdagangan dan Jasa	0,75	5,10	1,20	8,16	0,45	3,28	0,06	0,47
4	RTH	4,50	30,61	1,15	7,82	-3,35	-24,38	-0,48	-3,48
5	RTNH	3,79	25,78	0,27	1,84	-3,52	-25,62	-0,50	-3,66
6	Wisata	0,02	0,14	0,02	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Transportasi	0,01	0,07	0,06	0,41	0,05	0,36	0,01	0,05
8	Olahraga	0,02	0,14	0,03	0,20	0,010	0,07	0,00	0,01
9	Gedung	0,54	3,67	1,27	8,64	0,730	5,31	0,10	0,76
	TOTAL	14,70	100,00	14,70	100,00	13,74	100,00	1,96	14,29

Berdasarkan Tabel 4.36 maka dapat dilihat perubahan penggunaan lahan terjadi penurunan maupun kenaikan pada setiap tahunnya. Penurunan penggunaan lahan per-tahun DAS Silandak terjadi pada penggunaan lahan Ruang Terbuka Hijau (RTH) sebesar 3,48% dan Ruang Terbuka *Non* Hijau (RTNH) sebesar 3,66%. Sedangkan, kenaikan penggunaan lahan DAS Silandak terjadi pada penggunaan lahan tatisti sebesar 2,05%, pemukiman sebesar 3,81%, perdagangan dan jasa sebesar 0,47%, transportasi sebesar 0,05%, olahraga sebesar 0,01% dan gedung 0,76%. Pada penggunaan lahan wisata tidak terjadi perubahan penggunaan lahan.

Pada tahun 2018, luas penggunaan lahan Ruang Terbuka Hijau (RTH), wisata, transportasi dan olahraga mengalami perubahan fungsi penggunaan lahan menjadi pemukiman dan tatisti, sehingga luas pada penggunaan lahan tersebut menjadi tidak tersedia lagi atau habis. Lalu, disusul pada tahun 2019 luas penggunaan lahan



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Ruang Terbuka *Non* Hijau (RTNH) ikut menjadi habis karena alih fungsi dari penggunaan lahan tatisti. Setelah diketahui wilayah penggunaan lahan yang mengalami kenaikan ataupun penurunan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan prediksi dengan asumsi secara linear untuk mencari besarnya wilayah penggunaan lahan pada DAS Silandak tahun 2045. Perubahan penggunaan lahan pada DAS Silandak dianggap linear. Tabel prediksi penggunaan lahan DAS Silandak pada tahun 2045 yang dapat diperlihatkan pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Prediksi Penggunaan Lahan DAS Silandak Tahun 2045

No	Penggunaan Lahan	Tahun 2045	
		Luas (km <sup>2</sup> )	%
1	Industri	3,37	22,93
2	Pemukiman	8,14	55,37
3	Perdagangan dan Jasa	2,18	14,83
4	RTH	0,00	0,00
5	RTNH	0,00	0,00
6	Wisata	0,00	0,00
7	Transportasi	0,00	0,00
8	Olahraga	0,00	0,00
9	Gedung	1,01	6,87
	TOTAL	14,70	100,00

Berikut contoh perhitungan prediksi perubahan wilayah pada penggunaan lahan tatisti :

$$\text{Luas wilayah pada tahun 2013} = 1,73 \text{ km}^2$$

$$\text{Luas wilayah pada tahun 2020} = 3,70 \text{ km}^2$$

$$\text{Periode} = 25 \text{ tahun}$$

$$\text{Luas total DAS Silandak} = 14,70 \text{ km}^2$$

Perubahan luas wilayah dari tahun 2013-2020:

$$= \text{Luas Industri Tahun 2020} - \text{Luas Industri Tahun 2013}$$

$$= 3,70 - 1,73$$

$$= 1,97 \text{ km}^2$$

$$\text{Perubahan per-Tahun} = \frac{1,97}{7}$$

$$= 0,28 \text{ km}^2$$



Penggunaan lahan Industri tahun 2045:

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Perubahan per-Tahun} \times \text{Periode}) \\
 &= (0,28 \times 25) \\
 &= 7,04 \text{ km}^2
 \end{aligned}$$

Prediksi Penggunaan lahan Industri tahun 2045:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Luas Industri Prediksi tahun 2045} \times \left( \frac{\text{Luas Industri Prediksi Tahun 2045}}{\text{Luas DAS Silandak}} \right) \\
 &= 7,04 \times \left( \frac{7,04}{14,70} \right) \\
 &= 7,04 \times \left( \frac{1}{2} \right) \\
 &= 3,37 \text{ km}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 4.37 maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan lahan terbesar pada DAS Silandak merupakan penggunaan lahan pemukiman. Penggunaan lahan pemukiman tidak dapat mengikuti perkembangan pertahunnya, karena sudah mencapai 55,37% dari luas DAS Silandak, sehingga perlu dilakukan penyesuaian lahan pada penggunaan pemukiman. Penyesuaian penggunaan lahan dilakukan pada penggunaan lahan tatisti sebesar 22,93% dari luas DAS Silandak, perdagangan dan jasa sebesar 14,83% dari luas DAS Silandak, serta gedung sebesar 6,87% dari luas DAS Silandak.

#### 4.5 Analisis Debit Puncak Rancangan

Analisis debit puncak rancangan diperlukan untuk perencanaan pengendalian banjir disuatu daerah tertentu. Pada penelitian ini analisis debit puncak rancangan di DAS Silandak akan dilakukan dengan metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder dan program *Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS).

##### 4.5.1 Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder

Persamaan hidrograf satuan sintesis tatis secara umum dapat menggunakan Persamaan 2.44 hingga persamaan 2.53. Sebelum menghitung hidrograf satuan sintesis terlebih dahulu mencari debit aliran dasar dan titik berat DAS.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

#### 4.5.1.1 Debit Aliran Dasar (*base flow*)

Perhitungan debit aliran dasar (*base flow*) digunakan jika pada studi kasus yang ditinjau tidak tersedia data debit pengamatan. Pada studi kasus DAS Silandak tidak tersedia data debit pengamatan yang dapat digunakan untuk mengetahui debit aliran dasar. Perhitungan debit aliran dasar dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.40. Variabel yang digunakan dalam perhitungan debit aliran dasar menggunakan variable luas DAS dan kerapatan jaringan sungai (*drainage density*). Berikut perhitungan debit aliran dasar (*base flow*):

$$\text{Luas DAS Silandak (A)} = 14,7 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Total Sungai (L}_{\text{total}}) = 27 \text{ km}$$

Menghitung kerapatan jaringan sungai (D) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} D &= \frac{L_{\text{total}}}{A} \\ &= \frac{27}{14,7} \\ &= 1,84 \end{aligned}$$

Menghitung besar aliran dasar (QB) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{QB} &= 0,4751 \times A^{0,6444} \times D^{0,9430} \\ &= 0,4751 \times 14,7^{0,6444} \times 1,84^{0,9430} \\ &= 4,76 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

#### 4.5.1.2 Titik Berat DAS

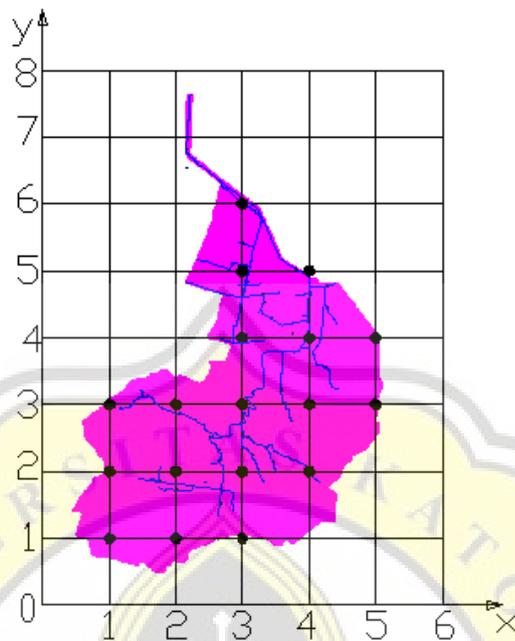
Titik berat DAS dicari dengan menggunakan persamaan 2.42 dan persamaan 2.43. Sebelum mencari titik berat DAS terlebih dahulu membuat *grid* pada peta DAS. Gambar *grid* pada DAS dapat diperlihatkan pada Gambar 4.30. Hasil perhitungan koordinat titik berat DAS pada sumbu x dapat diperlihatkan pada Tabel 4.38 dan hasil perhitungan koordinat titik berat DAS pada sumbu y dapat diperlihatkan pada Tabel 4.39.

Berikut perhitungan titik berat DAS Silandak:

$$\text{Jumlah Titik (N)} = 18$$



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.30 Grid Pada DAS

Tabel 4.38 Perhitungan Koordinat Titik Berat DAS Pada Sumbu x

Absis x (1)	Jumlah Titik (2)	(1) × (2)
1	3	3
2	3	6
3	6	18
4	4	16
5	2	10
Σ	18	53

$$\text{Koordinat titik berat DAS pada sumbu } X = \left( \frac{\text{jumlah (1)} \times (2)}{n} \right)$$

$$= \frac{53}{18} = 2,9$$

Tabel 4.39 Perhitungan Koordinat Titik Berat DAS Pada Sumbu y

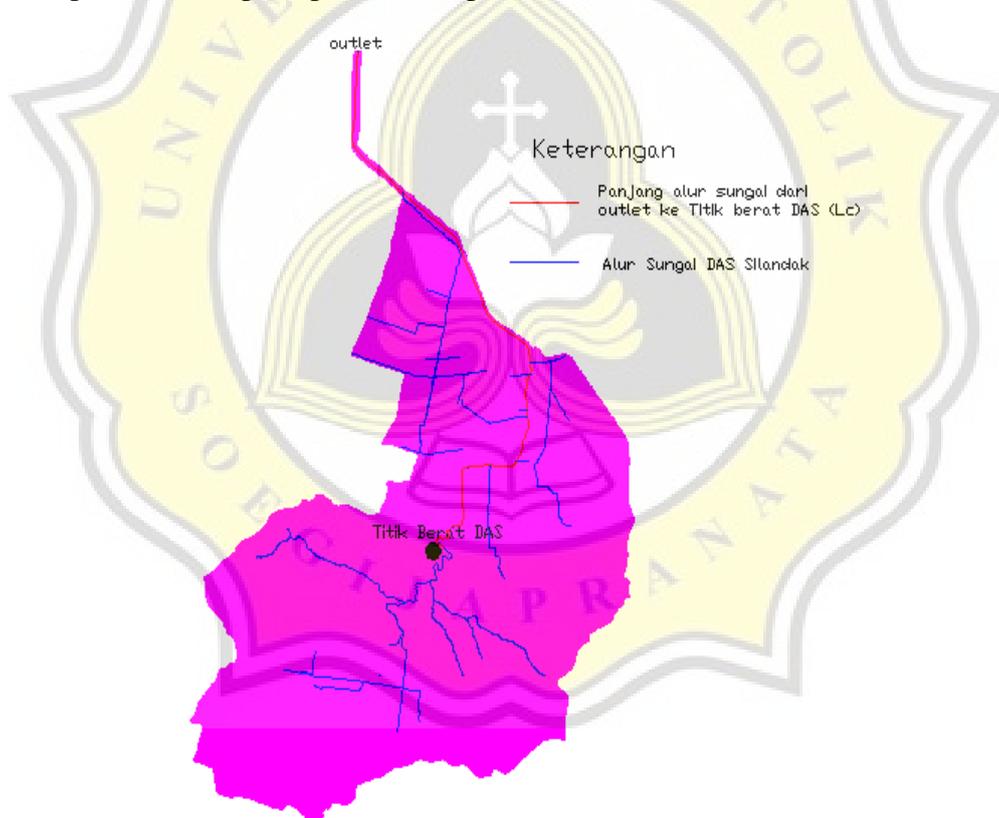
Absis y (1)	Jumlah Titik (2)	(1) × (2)
1	3	3
2	4	8
3	5	15
4	3	12
5	2	10
6	1	6
Σ	18	54



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$$\begin{aligned} \text{Koordinat titik berat DAS pada sumbu } Y &= \frac{\text{Jumlah (1)} \times (2)}{n} \\ &= \left( \frac{54}{18} \right) \\ &= 3 \end{aligned}$$

Koordinat titik berat DAS berada pada titik  $x = 2,9$  dan  $y = 3$ , sehingga panjang sungai dari *outlet* ke titik berat DAS ( $L_c$ ) sebesar 10,03 km. Panjang sungai dari *outlet* ke hilir ( $L$ ) 12,82 km. Pengukuran panjang sungai diukur dengan menggunakan program Arcgis-Map. Warna garis merah pada Gambar 4.26 merupakan panjang alur sungai dari *outlet* ke titik berat DAS. Gambar sketsa titik berat pada DAS dapat diperlihatkan pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Sketsa Titik Berat DAS Silandak

#### 4.5.1.3 Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder

Berikut perhitungan hidrograf satuan sintesis Snyder dengan parameter – parameter yang diperhitungkan yaitu:



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

1. Karakteristik DAS Silandak

- a. Luas DAS (A) = 14,7 km<sup>2</sup>  
 b. Panjang Sungai utama (L) = 12,82 km  
 c. Panjang Sungai dari *outlet* ke titik berat DAS (L<sub>c</sub>) = 10,03 km  
 d. Koefisien waktu (C<sub>t</sub>) = 0,08

Nilai C<sub>t</sub> didapatkan berdasarkan kondisi dari DAS Silandak yang berada di daerah perkotaan, maka dapat diketahui nilai C<sub>t</sub> DAS Silandak yang didapatkan dari Tabel 2.11 yaitu 0,08.

- e. Koefisien puncak (C<sub>p</sub>) = 0,93

Koefisien nilai C<sub>p</sub> didapatkan dari Tabel 2.12 berdasarkan tata guna lahan DAS. Peta penggunaan lahan DAS Silandak tahun 2020 dapat dilihat pada Gambar 4.29 dan hasil perhitungan nilai C<sub>p</sub> dapat diperlihatkan pada Tabel 4.40.

Tabel 4.40 Hasil Perhitungan Nilai C<sub>p</sub>

Tata Guna Lahan	Luas Area (km <sup>2</sup> )	Bobot Area (%)	Faktor C <sub>p</sub>	Nilai C <sub>p</sub>
Industri	3,70	25,16	1	0,25
Terminal	0,06	0,43	1	0,004
Perdagangan dan Jasa	1,20	8,18	1	0,08
Ruang Terbuka Hijau	1,15	7,85	0,1	0,01
Wisata	0,02	0,16	1	0,002
Pemukiman	8,56	58,21	1	0,58
Total	14,70	100		0,93

Contoh perhitungan nilai C<sub>p</sub> pada tata guna lahan tatisti:

$$\begin{aligned}
 \text{Bobot area Industri (\%)} &= \frac{\text{Luas area industri}}{\text{Total luas area}} \\
 &= \frac{3,70}{14,70} \times 100\% \\
 &= 25,16\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai } C_p \text{ Industri} &= \text{Bobot area} \times \text{Faktor } C_p \text{ tatisti} \\
 &= 25,16\% \times 1 \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien nilai } C_p = 0,25 + 0,004 + 0,08 + 0,01 + 0,002 + 0,58 = 0,93$$



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

f. Tinggi hujan (h) = 1 mm

2. Parameter-parameter Hidrograf

a. *Time Lag* ( $t_p$ )

$$\begin{aligned} t_p &= C_t (L \times L_c)^n \\ &= 0,08 \times (12,82 \times 10,03)^{0,3} \\ &= 0,51 \text{ jam} \end{aligned}$$

b. Lama curah hujan efektif ( $T_e$ )

$$\begin{aligned} t_e &= \frac{t_p}{5,5} \\ &= \frac{0,51}{5,5} = 0,092 \text{ jam} \end{aligned}$$

c. Waktu Puncak ( $T_p$ ), dengan  $t_r = 1$  jam

$t_e < t_r = 1$  jam, karena nilai  $t_e < t_r$  maka persamaan yang dapat digunakan untuk mencari  $T_p$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_p &= t_p + 0,5 t_r \\ &= 0,51 + 0,5 \times 1 \\ &= 1,01 \text{ jam} \end{aligned}$$

d. Nilai Debit Puncak ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{0,275 \times C_p \times A}{T_p} \\ &= \frac{0,275 \times 0,93 \times 14,7}{1,01} \\ &= 37,73 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{mm} \end{aligned}$$

e. Metode Alexeyev untuk mencari nilai  $\lambda$  dan  $\alpha$ , dengan  $h = 1$  mm

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{(Q_p \times T_p)}{(h \times A)} \\ &= \frac{(37,73 \times 1,01)}{(1 \times 14,7)} \\ &= 2,58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= (1,32 \times \lambda) + (0,15 \times \lambda) + 0,045 \\ &= (1,32 \times 2,58) + (0,15 \times 2,58) + 0,045 \\ &= 9,24 \end{aligned}$$



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

3. Nilai ordinat X, dengan  $t = 1$  jam

$$X = \frac{t(\text{jam})}{T_p}$$

$$= \frac{1}{1,01} = 0,99$$

4. Nilai ordinat Y, dengan  $t = 1$  jam

$$Y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}}$$

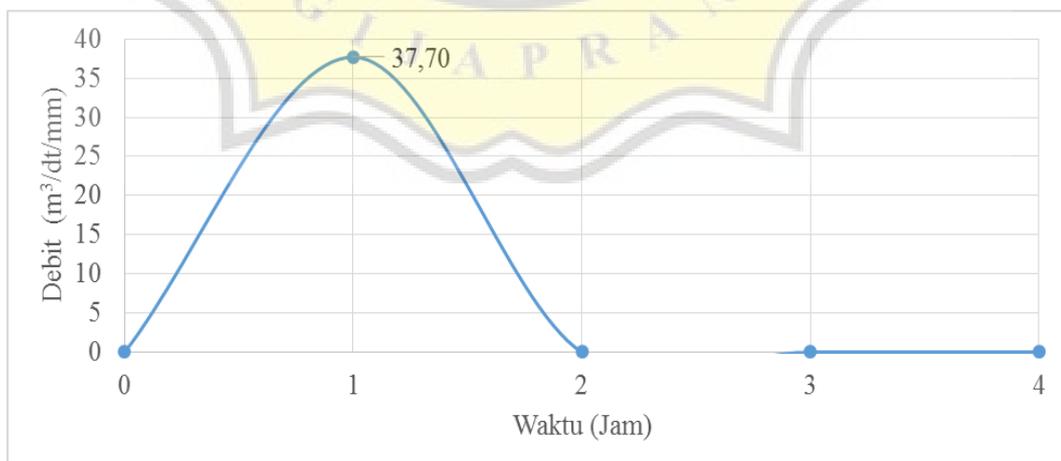
$$= 10^{-0,067 \frac{(1-0,99)^2}{0,99}} = 1$$

Hasil tabulasi perhitungan hidrograf satuan sintesis Snyder dapat diperlihatkan pada Tabel 4.41.

Tabel 4.41 Tabulasi Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis Snyder

t (jam)	X	Y	Q (m <sup>3</sup> /dt/mm)
0	0,00	0,00	0,00
1	0,99	1,00	37,70
2	1,99	0,00	0,00
3	2,98	0,00	0,00
4	3,97	0,00	0,00

Berdasarkan Tabel 4.41 maka dapat digambarkan ke dalam grafik unit hidrograf yang diperlihatkan pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Grafik Unit Hidrograf Aliran DAS Silandak Metode HSS Snyder



## Tugas Akhir

## Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Berdasarkan Gambar 4.30 didapatkan bahwa nilai debit puncak maksimum pada saat  $t = 1$  jam yaitu  $37,7 \text{ m}^3/\text{detik}/\text{mm}$ . Nilai debit puncak yang didapatkan selanjutnya akan dimasukkan pada perhitungan Hidrograf dengan tabulasi untuk menentukan nilai dan waktu puncak tiap periode ulang.

Parameter yang diperlukan yaitu nilai hujan efektif dan aliran dasar (*base flow*).

Curah hujan efektif yang digunakan dalam perhitungan HSS Snyder dapat diperlihatkan pada Tabel 4.39. Nilai curah hujan efektif didapatkan dari perhitungan distribusi hujan jam-jaman pada Tabel 4.42

Tabel 4.42 Curah Hujan Efektif HSS Snyder

t (jam)	Curah Hujan Efektif, R (mm)					
	Periode Ulang 2 Tahun	Periode Ulang 5 Tahun	Periode Ulang 10 Tahun	Periode Ulang 25 Tahun	Periode Ulang 50 Tahun	Periode Ulang 100 Tahun
1	10,78	13,74	15,38	17,17	18,34	19,63
2	15,15	19,31	21,62	24,14	25,78	27,60
3	31,52	40,17	44,96	50,20	53,62	57,42
4	19,86	25,30	28,33	31,62	33,78	36,17
5	12,51	15,94	17,84	19,92	21,28	22,78
6	9,54	12,16	13,62	15,21	16,24	17,39

Hasil hidrograf aliran HSS Snyder dengan periode ulang 2 tahun dapat diperlihatkan pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43 Hidrograf Aliran Metode HSS Snyder dengan Curah Hujan Efektif Periode Ulang 2 Tahun

t (Jam)	Q ( $\text{m}^3/\text{dt}/\text{mm}$ )	Q ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )						Base Flow ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Q <sub>total</sub> ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )
		Q <sub>1</sub> 10,78	Q <sub>2</sub> 15,15	Q <sub>3</sub> 31,52	Q <sub>4</sub> 19,86	Q <sub>5</sub> 12,51	Q <sub>6</sub> 9,55		
0	0,00	0,00						4,76	4,83
1	37,70	406,37	0,00					4,76	411,13
2	0,001	0,01	571,26	0,00				4,76	576,04
3	0,00	0,00	0,02	1188,41	0,00			4,76	1193,19
4	0,00	0,00	0,00	0,03	748,58	0,00		4,76	753,37
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	471,57	0,00	4,76	476,35
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	359,80	4,76	364,58
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	4,76	4,77
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,76	4,76
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,76	4,76
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,76	4,76



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Berikut contoh perhitungan hidrograf Snyder pada periode ulang 2 tahun pada jam ke-3:

$$Q_{1 \text{ jam ke-3}} = Q_{\text{jam ke-3}} \times R_1 \text{ periode ulang 2 tahun} \\ = 0,00 \times 10,78 = 0 \text{ m}^3/\text{dt}$$

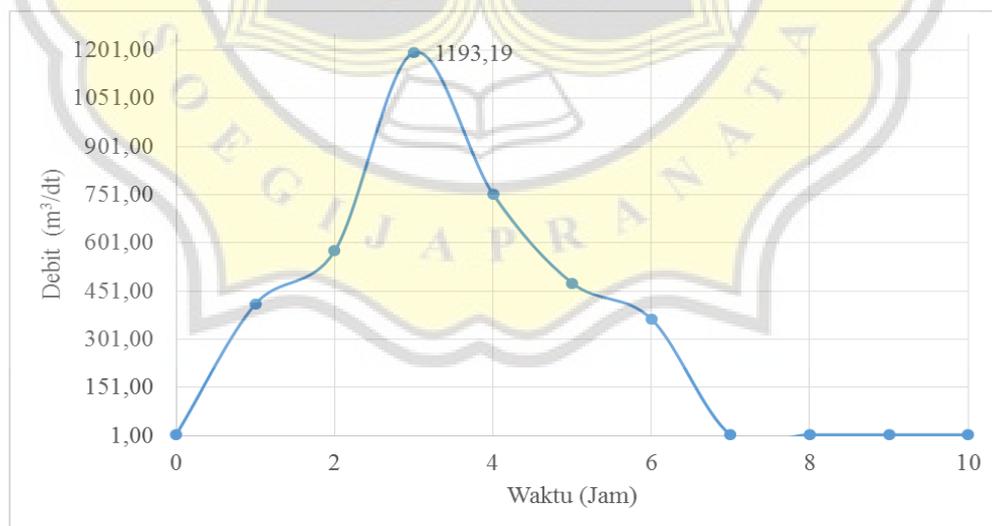
$$Q_{2 \text{ jam ke-3}} = Q_{\text{jam ke-2}} \times R_2 \text{ periode ulang 2 tahun} \\ = 0,001 \times 15,15 = 0,02 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{3 \text{ jam ke-3}} = Q_{\text{jam ke-1}} \times R_3 \text{ periode ulang 2 tahun} \\ = 37,7 \times 31,52 = 1188,41 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{4 \text{ jam ke-3}} = Q_{\text{jam ke-0}} \times R_4 \text{ periode ulang 2 tahun} \\ = 0 \times 19,86 = 0 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{\text{total jam ke-3}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \text{Base Flow} \\ = 0,00 + 0,02 + 1188,41 + 0 + 4,76 = 1193,19 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Berdasarkan Tabel 4.43 maka dapat digambarkan grafik hidrograf banjir untuk DAS Silandak periode ulang 2 tahun dengan menggunakan metode HSS Snyder seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33 Hidrograf Aliran Metode HSS Snyder Periode Ulang 2 Tahun

Berdasarkan Gambar 4.31 pada periode ulang 2 tahun debit puncak yang didapat sebesar 1193,19 m³/detik pada saat  $t = 3$  jam. Hidrograf dengan periode ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun dihitung dengan cara yang sama. Hasil hidrograf Snyder

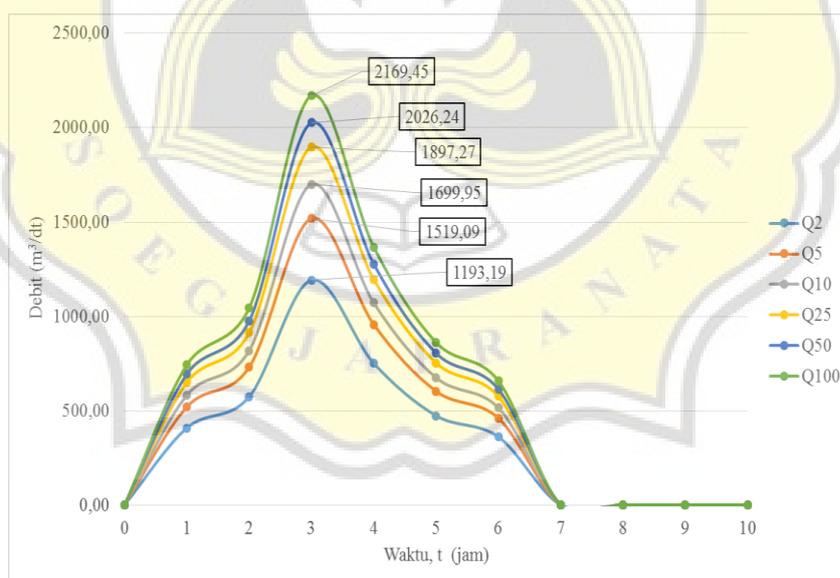


Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

tiap periode ulang dapat diperlihatkan pada Tabel 4.44 dan grafik hidrograf tiap tahun dapat diperlihatkan pada Gambar 4.34.

Tabel 4.44 Hidrograf Aliran Metode HSS Snyder Tiap Periode Ulang

t (Jam)	Periode Ulang (Tahun)					
	Q <sub>2</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>5</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>10</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>25</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>50</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>100</sub> m <sup>3</sup> /dt
0	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
1	411,13	522,65	584,65	651,92	696,09	745,01
2	576,04	732,78	819,94	914,80	976,59	1045,36
3	1193,19	1519,09	1699,95	1897,27	2026,24	2169,45
4	753,37	958,76	1072,83	1197,02	1278,25	1368,37
5	476,35	605,74	677,48	755,79	807,01	863,78
6	364,58	463,39	518,09	578,12	616,99	660,31
7	4,77	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78
8	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
9	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
10	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76



Gambar 4.34 Grafik Hidrograf Aliran Metode HSS Snyder Tiap Periode Ulang

Berdasarkan gambar 4.34 maka dapat disimpulkan bahwa:

- Debit puncak pada periode ulang 2 tahun terjadi pada jam ke-3 dengan nilai debit puncak sebesar 1193,19 m<sup>3</sup>/detik.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

- b. Debit puncak pada periode ulang 5 tahun terjadi pada jam ke-3 dengan nilai debit puncak sebesar 1519,09 m<sup>3</sup>/detik.
- c. Debit puncak pada periode ulang 10 tahun terjadi pada jam ke-3 dengan nilai debit puncak sebesar 1699,95 m<sup>3</sup>/detik.
- d. Debit puncak pada periode ulang 25 tahun terjadi pada jam ke-3 dengan nilai debit puncak sebesar 1897,27 m<sup>3</sup>/detik.
- e. Debit puncak pada periode ulang 50 tahun terjadi pada jam ke-3 dengan nilai debit puncak sebesar 2026,24 m<sup>3</sup>/detik.
- f. Debit puncak pada periode ulang 100 tahun terjadi pada jam ke-3 dengan nilai debit puncak sebesar 2169,45 m<sup>3</sup>/detik.

#### 4.5.1.4 RMSE Model HSS Snyder

Metode RMSE yang digunakan yaitu membandingkan debit estimasi dengan debit observasi. Menurut Badan Pusat Statistik (2021), pada tahun 2020 Kota Semarang memiliki jumlah penduduk sebesar 1,65 juta jiwa. Berdasarkan Tabel 2.2 DAS Silandak termasuk ke dalam kategori Kota Metropolitan dengan jumlah penduduk 1,65 juta jiwa dan memiliki luas DAS sebesar 1470 Ha, sehingga dalam perhitungan dapat dilakukan dengan cara periode ulang selama 25 tahunan. Hasil perhitungan hidrograf debit puncak yang ditunjukkan pada Tabel 4.38 jelas sekali terjadi penyimpangan yang besar jika dibandingkan dengan data debit lapangan yang didapatkan dari BBWS. Nilai debit puncak yang didapatkan dari perhitungan HSS Snyder dengan periode ulang 25 tahun yaitu 1897,27 m<sup>3</sup>/detik. Data debit lapangan yang didapatkan sebesar 142,77 m<sup>3</sup>/dt. Berikut merupakan perhitungan RMSE HSS Snyder untuk DAS Silandak dengan periode ulang 25 tahun:

$$Q_L = 142,77 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_S = 1897,27 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_s - Q_L}{Q_s}\right)^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{1} \sum_{i=1}^1 \left(\frac{1897,27 - 142,77}{1897,27}\right)^2} \end{aligned}$$



$$= 0,9247 \times 100$$

$$= 92,47\%$$

Setelah dilakukan perhitungan RMSE maka dapat diketahui bahwa nilai *error* debit puncak antara hasil perhitungan dengan debit di lapangan yaitu sebesar 92,47%. Angka *error* debit puncak tersebut menunjukkan bahwa data debit puncak hasil perhitungan masih jauh dari data debit puncak di lapangan, sehingga perlu dilakukan kalibrasi model HSS Snyder agar hasil yang diperoleh dari perhitungan sesuai dengan debit di lapangan.

#### 4.5.1.5 Kalibrasi Model HSS Snyder

Proses kalibrasi dilakukan pada saat data debit puncak hasil perhitungan yang didapat tidak sama dengan data debit puncak di lapangan atau terdapat selisih data debit puncak yang cukup besar. Ketidakakuratan data debit hasil perhitungan dengan data debit di lapangan tersebut mungkin disebabkan oleh penentuan faktor parameter non fisik DAS. Penentuan faktor parameter non fisik DAS dapat berupa koefisien nilai koefisien waktu ( $C_t$ ), nilai koefisien puncak ( $C_p$ ) dan nilai koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n$ ).

Estimasi nilai koefisien waktu ( $C_t$ ), nilai koefisien puncak ( $C_p$ ) dan nilai koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n$ ) mungkin kurang cocok di lapangan sehingga menghasilkan nilai debit yang berbeda. Estimasi nilai  $C_t$  berpengaruh terhadap waktu hidrograf yang terjadi dan estimasi nilai  $C_p$  berpengaruh terhadap debit puncak yang didapatkan, sedangkan estimasi nilai  $n$  berpengaruh terhadap perbandingan nilai estimasi  $C_t$ . Pada proses kalibrasi nilai  $C_t$  memiliki rentang nilai 1,1 sampai 2,2 dan nilai  $C_p$  kurang dari 1. Nilai koefisien  $n$  pada proses kalibrasi memiliki rentang nilai 0,2 sampai 0,3.

Perhitungan HSS Snyder mula-mula dihitung dengan nilai  $n = 0,3$ , nilai  $C_t = 0,08$  dan nilai  $C_p = 0,93$  dengan hasil hidrograf yang diperlihatkan pada Gambar 4.34. Agar hasil perhitungan mendekati hasil pengukuran yang didapatkan dari lapangan, maka dengan cara mencoba-coba mengganti nilai  $C_t$  dan  $C_p$ . Nilai koefisien waktu



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

( $C_t$ ) dinaikan menjadi 1,133, nilai koefisien puncak ( $C_p$ ) diturunkan menjadi 0,0789 dan koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n$ ) diturunkan menjadi 0,2.

Berikut perhitungan HSS Snyder dengan mengubah parameter koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n$ ), koefisien nilai waktu ( $C_t$ ) dan koefisien nilai puncak ( $C_p$ ) sebagai berikut:

1. Karakteristik DAS Silandak

- |   |                        |
|---|------------------------|
| a. Luas DAS ( $A$ )   | = 14,7 km <sup>2</sup> |
| b. Panjang Sungai utama ( $L$ )                                   | = 12,82 km             |
| c. Panjang Sungai dari <i>outlet</i> ke titik berat DAS ( $L_c$ ) | = 10,03 km             |
| d. Koefisien waktu ( $C_t$ )                                      | = 1,133                |
| e. Koefisien puncak ( $C_p$ )                                     | = 0,0789               |
| f. Koefisien proporsional terhadap nilai $C_t$ ( $n$ )            | = 0,2                  |
| g. Tinggi hujan ( $h$ )   | = 1 mm                 |
| h. Durasi hujan standar ( $T_r$ )                                 | = 1 jam                |

2. Parameter-parameter Hidrograf

a. *Time Lag* ( $t_p$ )

$$\begin{aligned}
 t_p &= C_t \times (L \times L_c)^n \\
 &= 1,133 \times (12,82 \times 10,03)^{0,2} \\
 &= 2,99 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

b. Lama curah hujan efektif ( $T_e$ )

$$\begin{aligned}
 T_e &= \frac{t_p}{5,5} \\
 &= \frac{2,99}{5,5} \\
 &= 0,54 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

c. Waktu Puncak ( $T_p$ ), dengan  $T_r = 1$  jam

$t_e > t_r = 1$  jam, karena nilai  $t_e > t_r$  maka persamaan yang dapat digunakan untuk mencari  $T_p$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T_p &= t_p + 0,5 T_r \\
 &= 2,99 + 0,5 \times 1 \\
 &= 3,49 \text{ jam}
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

d. Waktu Dasar Hidrograf ( $T_b$ )

$$\begin{aligned} T_b &= 5 \times \left( T_p + \frac{T_r}{2} \right) \\ &= 5 \times \left( 3,49 + \frac{1}{2} \right) \\ &= 19,96 \text{ jam} \end{aligned}$$

e. Nilai Debit Puncak ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{0,275 \times C_p \times A}{T_p} \\ &= \frac{0,275 \times 0,0789 \times 14,7}{3,49} \\ &= 0,92 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{mm} \end{aligned}$$

f. Metode Alexeyev untuk mencari nilai  $\lambda$  dan  $\alpha$ , dengan  $h = 1 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{(Q_p \times T_p)}{(h \times A)} \\ &= \frac{(0,92 \times 3,49)}{(1 \times 14,07)} \\ &= 0,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= (1,32 \times \lambda) + (0,15 \times \lambda) + 0,045 \\ &= (1,32 \times 0,22) + (0,15 \times 0,22) + 0,045 \\ &= 0,14 \end{aligned}$$

3. Nilai ordinat X, dengan  $t = 1 \text{ jam}$

$$\begin{aligned} X &= \frac{t(\text{jam})}{T_p} \\ &= \frac{1}{3,49} \\ &= 0,29 \end{aligned}$$

4. Nilai ordinat Y, dengan  $t = 1 \text{ jam}$

$$\begin{aligned} Y &= 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}} \\ &= 10^{-0,3 \frac{(1-0,29)^2}{0,29}} \\ &= 0,56 \end{aligned}$$



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Hasil tabulasi perhitungan hidrograf satuan sintesis Snyder dengan merubah nilai parameter koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n = 0,2$ ), koefisien nilai waktu ( $C_t = 1,133$ ) dan koefisien nilai puncak ( $C_p = 0,0789$ ) dapat diperlihatkan pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45 Tabulasi Perhitungan Hidrograf Aliran Metode HSS Snyder Setelah Kalibrasi

t (jam)	X	Y	Q (m <sup>3</sup> /dt/mm)	t (jam)	X	Y	Q (m <sup>3</sup> /dt/mm)
0	0,00	0,00	0,00	32	9,16	0,09	0,09
1	0,29	0,56	0,52	33	9,45	0,09	0,08
2	0,57	0,90	0,83	34	9,73	0,08	0,07
3	0,86	0,99	0,92	35	10,02	0,07	0,07
4	1,15	0,99	0,92	36	10,31	0,06	0,06
5	1,43	0,96	0,88	37	10,59	0,06	0,05
6	1,72	0,91	0,84	38	10,88	0,05	0,05
7	2,00	0,85	0,78	39	11,17	0,05	0,05
8	2,29	0,79	0,73	40	11,45	0,04	0,04
9	2,58	0,73	0,67	41	11,74	0,04	0,04
10	2,86	0,67	0,62	42	12,02	0,04	0,03
11	3,15	0,62	0,57	43	12,31	0,03	0,03
12	3,44	0,57	0,53	44	12,60	0,03	0,03
13	3,72	0,52	0,48	45	12,88	0,03	0,03
14	4,01	0,48	0,44	46	13,17	0,03	0,02
15	4,29	0,44	0,41	47	13,46	0,02	0,02
16	4,58	0,40	0,37	48	13,74	0,02	0,02
17	4,87	0,37	0,34	49	14,03	0,02	0,02
18	5,15	0,34	0,31	50	14,32	0,02	0,02
19	5,44	0,31	0,28	51	14,60	0,02	0,01
20	5,73	0,28	0,26	52	14,89	0,01	0,01
21	6,01	0,26	0,24	53	15,17	0,01	0,01
22	6,30	0,23	0,22	54	15,46	0,01	0,01
23	6,59	0,21	0,20	55	15,75	0,01	0,01
24	6,87	0,20	0,18	56	16,03	0,01	0,01
25	7,16	0,18	0,16	57	16,32	0,01	0,01
26	7,44	0,16	0,15	58	16,61	0,01	0,01
27	7,73	0,15	0,14	59	16,89	0,01	0,01
28	8,02	0,14	0,12	60	17,18	0,01	0,01
29	8,30	0,12	0,11	61	17,46	0,01	0,01
30	8,59	0,11	0,10	62	17,75	0,01	0,01
31	8,88	0,10	0,09	63	18,04	0,01	0,00

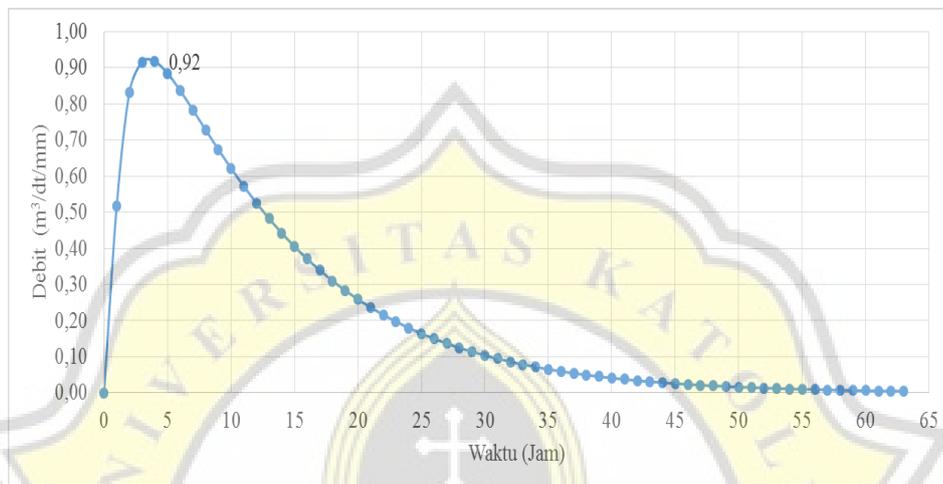


## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Berdasarkan Tabel 4.45 maka dapat digambarkan ke dalam grafik hidrograf dengan parameter koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n = 0,2$ ), koefisien nilai waktu ( $C_t = 1,133$ ) dan koefisien nilai puncak ( $C_p = 0,0789$ ) yang dapat diperlihatkan pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 Grafik Hidrograf Aliran Metode HSS Snyder Setelah Kalibrasi

Berdasarkan Gambar 4.35 didapatkan bahwa nilai debit puncak maksimum pada saat  $t = 4$  jam yaitu  $0,92 \text{ m}^3/\text{detik}/\text{mm}$ . Hujan efektif yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.39. Hasil hidrograf dengan merubah parameter koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n = 0,2$ ), koefisien nilai waktu ( $C_t = 1,133$ ) dan koefisien nilai puncak ( $C_p = 0,0789$ ) tiap periode ulang dapat diperlihatkan pada Tabel 4.46 dan grafik hidrograf aliran DAS Silandak dengan metode HSS Snyder tiap periode ulang dapat dilihat pada Gambar 4.36.

Tabel 4.46 Hidrograf Aliran DAS Silandak dengan Metode HSS Snyder Setelah Kalibrasi

t (Jam)	Periode Ulang (Tahun)					
	Q <sub>2</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>5</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>10</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>25</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>50</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>100</sub> m <sup>3</sup> /dt
0	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
1	10,34	11,87	12,72	13,64	14,25	14,92
2	21,57	26,18	28,75	31,53	33,36	35,38
3	43,55	54,19	60,11	66,54	70,75	75,42
4	65,04	81,57	90,76	100,76	107,29	114,55
5	80,08	100,74	112,21	124,71	132,88	141,95
6	89,66	112,95	125,88	139,97	149,18	159,40



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.46 Hidrograf Aliran DAS Silandak dengan Metode HSS Snyder Setelah Kalibrasi (lanjutan)

t (Jam)	Periode Ulang (Tahun)					
	Q <sub>2</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>5</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>10</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>25</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>50</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>100</sub> m <sup>3</sup> /dt
7	91,41	115,18	128,38	142,77	152,16	162,60
8	88,68	111,70	124,48	138,41	147,51	157,61
9	84,22	106,02	118,13	131,32	139,94	149,51
10	79,13	99,53	110,86	123,21	131,27	140,23
11	73,88	92,84	103,36	114,84	122,33	130,65
12	68,70	86,24	95,98	106,60	113,53	121,23
13	63,73	79,91	88,89	98,68	105,07	112,17
14	59,02	73,91	82,17	91,18	97,06	103,60
15	54,61	68,28	75,87	84,15	89,55	95,55
16	50,49	63,04	70,00	77,59	82,55	88,06
17	46,67	58,17	64,55	71,51	76,06	81,10
18	43,14	53,67	59,52	65,89	70,05	74,67
19	39,89	49,52	54,87	60,71	64,51	68,74
20	36,89	45,71	50,60	55,93	59,42	63,29
21	34,14	42,20	46,67	51,55	54,73	58,27
22	31,61	38,97	43,06	47,52	50,43	53,66
23	29,29	36,02	39,75	43,83	46,49	49,44
24	27,17	33,31	36,72	40,44	42,87	45,57
25	25,22	30,83	33,95	37,35	39,57	42,03
26	23,44	28,57	31,41	34,51	36,54	38,79
27	21,81	26,49	29,09	31,92	33,77	35,82
28	20,32	24,59	26,96	29,55	31,23	33,11
29	18,96	22,86	25,02	27,38	28,92	30,63
30	17,72	21,27	23,25	25,40	26,80	28,36
31	16,58	19,83	21,63	23,59	24,87	26,30
32	15,55	18,51	20,15	21,94	23,11	24,41
33	14,60	17,30	18,80	20,43	21,50	22,68
34	13,74	16,20	17,56	19,05	20,02	21,11
35	12,95	15,19	16,44	17,79	18,68	19,67
36	12,23	14,27	15,41	16,65	17,46	18,36
37	11,57	13,43	14,47	15,60	16,34	17,16
38	10,97	12,67	13,62	14,65	15,32	16,07
39	10,42	11,97	12,83	13,77	14,39	15,07
40	9,92	11,34	12,12	12,98	13,54	14,16
41	9,47	10,76	11,47	12,25	12,76	13,33
42	9,05	10,23	10,88	11,59	12,06	12,57
43	8,67	9,74	10,34	10,99	11,41	11,88
44	8,33	9,30	9,85	10,44	10,82	11,25
45	8,01	8,90	9,40	9,94	10,29	10,68
46	7,72	8,54	8,99	9,48	9,80	10,16



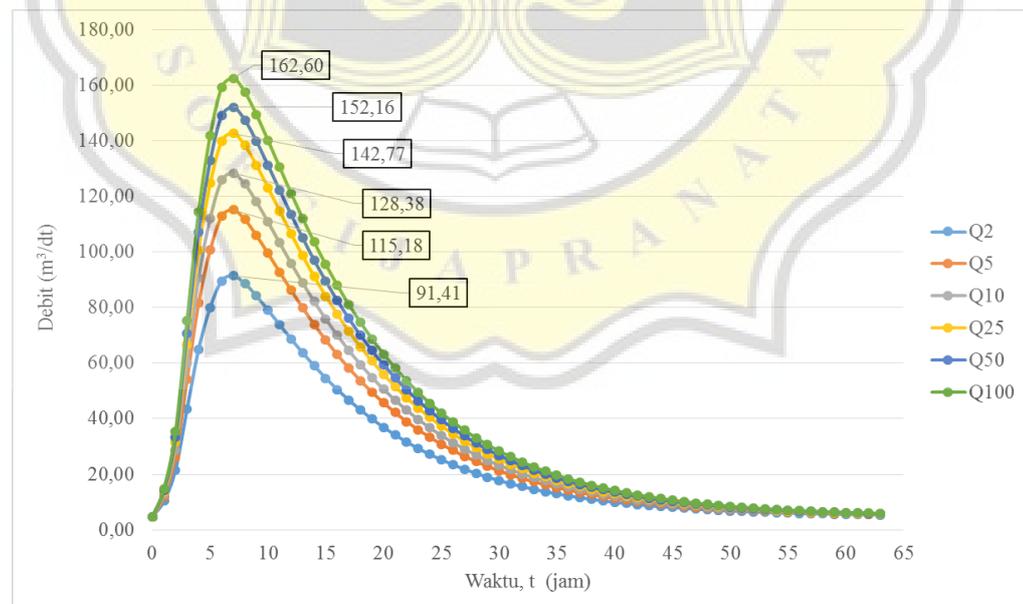
## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.46 Hidrograf Aliran DAS Silandak dengan Metode HSS Snyder Setelah Kalibrasi (lanjutan)

t (Jam)	Periode Ulang (Tahun)					
	Q <sub>2</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>5</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>10</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>25</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>50</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>100</sub> m <sup>3</sup> /dt
47	7,46	8,20	8,61	9,06	9,35	9,68
48	7,22	7,90	8,27	8,68	8,95	9,24
49	7,01	7,62	7,96	8,34	8,58	8,85
50	6,81	7,37	7,68	8,02	8,24	8,49
51	6,63	7,14	7,42	7,73	7,93	8,16
52	6,46	6,93	7,19	7,47	7,65	7,86
53	6,31	6,74	6,97	7,23	7,40	7,58
54	6,17	6,56	6,78	7,01	7,16	7,33
55	6,05	6,40	6,60	6,81	6,95	7,11
56	5,94	6,26	6,44	6,63	6,76	6,90
57	5,83	6,12	6,29	6,46	6,58	6,71
58	5,74	6,00	6,15	6,31	6,42	6,54
59	5,65	5,89	6,03	6,18	6,27	6,38
60	5,57	5,79	5,92	6,05	6,14	6,24
61	5,50	5,70	5,81	5,94	6,02	6,11
62	5,44	5,62	5,72	5,83	5,91	5,99
63	5,38	5,54	5,64	5,74	5,80	5,88



Gambar 4.36 Grafik Hidrograf DAS Silandak dengan Metode HSS Snyder Setelah Kalibrasi



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Berdasarkan gambar 4.36, maka HSS Snyder dengan parameter koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n = 0,2$ ), koefisien nilai waktu ( $C_t = 1,133$ ) dan koefisien nilai puncak ( $C_p = 0,0789$ ) dapat disimpulkan bahwa:

- Debit puncak pada periode ulang 2 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit puncak sebesar 91,41 m<sup>3</sup>/detik.
- Debit puncak pada periode ulang 5 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit puncak sebesar 115,18 m<sup>3</sup>/detik.
- Debit puncak pada periode ulang 10 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit puncak sebesar 128,38 m<sup>3</sup>/detik.
- Debit puncak pada periode ulang 25 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit puncak sebesar 142,77 m<sup>3</sup>/detik.
- Debit puncak pada periode ulang 50 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit puncak sebesar 152,16 m<sup>3</sup>/detik.
- Debit puncak pada periode ulang 100 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit puncak sebesar 162,60 m<sup>3</sup>/detik.

Setelah didapatkan hasil perhitungan HSS Snyder dengan merubah nilai parameter koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n = 0,2$ ), koefisien nilai waktu ( $C_t = 1,133$ ) dan koefisien nilai puncak ( $C_p = 0,0789$ ) debit puncak yang terjadi pada periode ulang 25 tahun yaitu 142,77 m<sup>3</sup>/detik. Kemudian dilakukan pengujian *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui angka kesalahan pada perbandingan hasil perhitungan HSS Snyder dengan data debit di lapangan. Data debit lapangan yang didapatkan sebesar 142,77 m<sup>3</sup>/detik. Berikut perhitungan RMSE HSS Snyder dengan parameter koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n = 0,2$ ), koefisien nilai waktu ( $C_t = 1,133$ ) dan koefisien nilai puncak ( $C_p = 0,0789$ ):

$$Q_L = 142,77 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_S = 142,77 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_s - Q_L}{Q_s} \right)^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{1} \sum_{i=1}^1 \left( \frac{142,77 - 142,77}{142,77} \right)^2} = 0,0 \times 100 = 0\% \end{aligned}$$



### Tugas Akhir

## Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Setelah dilakukan perhitungan RMSE, maka dapat diketahui bahwa nilai *error* debit puncak data hasil perhitungan debit HSS Snyder dengan mengubah nilai parameter koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n = 0,2$ ), koefisien nilai waktu ( $C_t = 1,133$ ) dan koefisien nilai puncak ( $C_p = 0,0789$ ) dengan data lapangan sebesar 0%. Angka *error* tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan debit HSS Snyder dengan merubah nilai parameter koefisien proporsional terhadap nilai  $C_t$  ( $n = 0,2$ ), koefisien nilai waktu ( $C_t = 1,133$ ) dan koefisien nilai puncak ( $C_p = 0,0789$ ) sudah mendekati data debit lapangan.

### 4.5.2 Pemodelan HEC-HMS

Pemodelan perhitungan debit puncak dilakukan dengan menggunakan program HEC-HMS. Pemodelan dengan program HEC-HMS dilakukan setelah analisis penggunaan tata guna lahan dan hujan rencana diperkirakan. Berikut merupakan tahap yang akan dilakukan dalam perhitungan debit puncak dengan menggunakan program HEC-HMS.

#### 4.5.2.1 Input Data Pemodelan HEC-HMS

Proses *input* data dilakukan sebagai langkah awal dalam mencari debit puncak DAS Silandak dengan menggunakan pemodelan HEC-HMS. Beberapa komponen utama dalam program HEC-HMS yaitu:

##### A. *Basin Model* (Model daerah tangkapan air)

*Basin model* tersusun atas gambar fisik daerah tangkapan air dan sungai. Pemodelan hidrograf satuan memiliki kelemahan pada luas area yang besar, maka perlu dilakukan pemisahan area *basin* menjadi beberapa sub *basin* berdasarkan percabangan sungai. *Input* data yang digunakan dalam *basin* model yaitu peta Sub-DAS Silandak sebagai *background* pada program HEC-HMS. Peta tersebut berguna untuk membantu posisi penempatan elemen-elemen hidrologi. Elemen-elemen hidrologi yang digunakan dalam *basin model* yaitu *sink*, *subbasin*, *junction*, dan *reach*. *Subbasin* merupakan gambaran sub-DAS. *Junction* merupakan gambaran pertemuan titik antar sungai. *Sink* merupakan gambaran titik *outlet* (titik

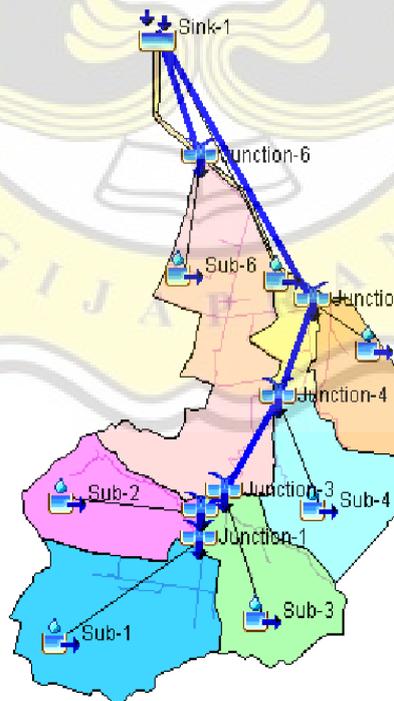


Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

kontrol). *Reach* merupakan gambaran penghubung antar *junction*. Pada parameter *subbasin area* data yang dibutuhkan yaitu luas masing-masing sub-DAS. Luas pada setiap sub-DAS didapatkan dari analisis melalui program *ArcMap* sebelumnya. Luas tiap sub-DAS dimasukkan ke dalam tabel *subbasin* dengan satuan yang digunakan yaitu  $\text{km}^2$ . Tabel *input* data *subbasin area* dapat diperlihatkan pada Tabel 4.47 dan *Basin* model DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Gambar 4.37.

Tabel 4.47 *Input Sub-basin Area*

Subbasin	Area ( $\text{km}^2$ )
Sub-DAS 1	3,10
Sub-DAS 2	1,74
Sub-DAS 3	2,01
Sub-DAS 4	1,95
Sub-DAS 5	1,29
Sub-DAS 6	3,77
Sub-DAS 7	0,84



Gambar 4.37 *Basin* Model DAS Silandak



### B. *Sub Basin Rate Method* (Proses kehilangan air)

*Loss rate method* merupakan pemodelan yang digunakan untuk menghitung kehilangan air yang terjadi akibat proses intersepsi dan pengurangan tampungan. Metode yang digunakan dalam pemodelan ini menggunakan metode *Soil Conservation Service Curve Number* (SCS-CN). Metode ini menggambarkan keadaan fisik DAS seperti jenis tanah dan tata guna lahan. Data yang digunakan dalam metode *SCS Curve Number* yaitu data *Curve Number* (CN), *Impervious* dan *Initial Abstraction* (Ia). Nilai *Curve Number* (CN) dan *impervious* diperoleh dengan cara melakukan identifikasi terhadap klasifikasi jenis tanah dan penggunaan lahan pada masing-masing sub-DAS.

#### **Penentuan Nilai *Curve Number* (CN) dan *Initial Abstraction***

Penentuan nilai *Curve Number* (CN) dan *Initial Abstraction* (IA) ditentukan berdasarkan jenis tanah dan penggunaan lahan pada masing-masing sub-DAS Silandak. Tahap pertama yang dilakukan dalam menentukan nilai *Curve Number* (CN) yaitu mencari penggunaan lahan pada setiap sub-DAS silandak dengan bantuan program ArcMap. Data yang digunakan dalam menentukan nilai *Curve Number* (CN) adalah peta jenis tanah dan peta penggunaan lahan Kota Semarang pada tahun 2020. Peta jenis tanah DAS Silandak dapat dilihat pada Gambar 4.28 dan peta penggunaan lahan DAS Silandak tahun 2020 dapat dilihat pada Gambar 4.29.

Setelah mengetahui penggunaan lahan dari masing-masing sub-DAS Silandak, maka dilakukan penentuan nilai *Curve Number* (CN). Nilai *Curve Number* (CN) dilihat dari tabel *Curve Number* yang berisikan deskripsi dan kondisi permukaan tanah serta pembagian kelompok tanah. Tabel *Curve Number* (CN) berdasarkan pengelompokan tanah dapat dilihat pada Tabel 2.15 dan Lampiran L-1. Nilai *Curve Number* (CN) penggunaan lahan DAS Silandak tahun 2020 yang digunakan berdasarkan kelompok tanah yang digunakan dapat diperlihatkan pada Tabel 4.48. Sedangkan, untuk perhitungan nilai *Curve Number* (CN) pada Sub-DAS 1 dengan luas sub-DAS 3,10 km<sup>2</sup> dapat diperlihatkan pada Tabel 4.49.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.48 Nilai *Curve Number* (CN) Penggunaan Lahan DAS Silandak Berdasarkan Kelompok Tanah

Penggunaan Lahan	Kelompok Tanah	
	B	D
	CN	
Industri	93	94
Kesehatan	98	98
Olahraga	79	89
Pendidikan	79	79
Perdagangan dan jasa	92	95
Peribadatan	98	98
Perkantoran	92	95
Pertahanan dan keamanan	98	98
Perumahan	92	95
RTNH	98	98
Ruang Terbuka Hijau	69	84
Transportasi	98	98
Wisata	92	95

Tabel 4.49 Perhitungan *Curve Number* (CN) SubDAS 1

SubDAS	Jenis Penggunaan Lahan	A (km <sup>2</sup> )	CN	A x CN
1	Industri	2,59	93	240,87
	Perdagangan dan Jasa	0,08	92	7,36
	Peribadatan	0,00	98	0,00
	Perumahan	0,27	92	24,84
	RTNH	0,00	98	0,00
	Ruang Terbuka Hijau	0,16	69	11,04
	Jumlah	3,10		284,11

Rumus yang digunakan untuk perhitungan nilai CN menggunakan persamaan 2.54. Berikut contoh perhitungan nilai *Curve Number* (CN) pada sub-DAS 1:

$$\begin{aligned}
 CN_{TA \text{ SubDAS } 1} &= \frac{\sum_{i=1}^n (CN_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)} \\
 &= \frac{284,11}{3,10} \\
 &= 91,65
 \end{aligned}$$

Nilai *Curve Number* (CN) pada setiap sub-DAS dihitung dengan cara yang sama. Sehingga didapatkan nilai CN pada tiap sub-DAS Silandak pada tahun 2020.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Nilai *Curve Number* (CN) DAS Silandak berdasarkan penggunaan lahan tahun 2020 dapat diperlihatkan pada Tabel 4.50.

Tabel 4.50 Nilai *Curve Number* (CN) DAS Silandak Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahun 2020

SubDAS	Nilai CN SubDAS Silandak
1	91,65
2	93,80
3	92,96
4	91,51
5	91,50
6	89,68
7	94,24

Setelah mengetahui nilai *Curve Number* (CN) pada DAS Silandak, selanjutnya mencari nilai *initial abstraction* pada tiap sub-DAS. Sebelum menentukan nilai *initial abstraction*, terlebih dahulu menentukan nilai retensi maksimum (S). Selanjutnya mencari nilai *Initial Abstraction* (Ia). Nilai *initial abstraction* DAS Silandak berdasarkan penggunaan lahan tahun 2020 dapat diperlihatkan pada Tabel 4.51.

Tabel 4.51 Nilai *Initial Abstraction* DAS Silandak Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahun 2020

SubDAS	Retensi Maksimum, S (mm)	<i>Initial Abstraction</i> , Ia (mm)
1	23,15	4,63
2	16,80	3,36
3	19,24	3,85
4	23,56	4,71
5	23,61	4,72
6	29,24	5,85
7	15,53	3,11

Rumus yang digunakan untuk perhitungan nilai *initial abstraction* menggunakan persamaan 2.55 dan persamaan 2.56. Contoh perhitungan nilai *initial abstraction* pada sub-DAS 1 dengan nilai CN sebesar 91,65 adalah sebagai berikut:

$$S_{\text{subDAS 1}} = \frac{25400}{CN} - 254$$



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$$= \frac{25400}{91,65} - 254$$

$$= 23,15 \text{ mm}$$

$$I_{a \text{ subDAS } 1} = 0,2 \times S$$

$$= 0,2 \times 23,15$$

$$= 4,63 \text{ mm}$$

### Penentuan Nilai *Impervious*

Penentuan nilai *impervious* ditentukan berdasarkan penggunaan lahan pada setiap sub-DAS Silandak. Tahap pertama yang dilakukan dalam menentukan nilai *impervious* yaitu mencari penggunaan lahan pada setiap sub-DAS silandak dengan bantuan program ArcMap. Data yang digunakan dalam menentukan nilai *impervious* adalah peta penggunaan lahan Kota Semarang pada tahun 2020. Peta penggunaan lahan DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Gambar 4.29 Nilai *impervious* menurut Lasminto (2016) dapat dilihat pada Tabel 2.16 dan nilai *impervious* menurut Risyanto dapat dilihat pada Tabel 2.17. Nilai *impervious* ditentukan dengan cara menganalisis jenis penggunaan lahan pada masing-masing Sub-DAS Silandak. Nilai *impervious* yang digunakan dapat diperlihatkan pada Tabel 4.52.

Tabel 4.52 Nilai *Impervious* DAS Silandak yang digunakan

Penggunaan Lahan	<i>Impervious</i> (%)
Industri	95
Kesehatan	80
Olahraga	5
Pendidikan	37
Perdagangan dan jasa	95
Peribadatan	32
Perkantoran	80
Pertahanan dan keamanan	80
Perumahan	30
RTNH	100
Ruang Terbuka Hijau	11
Transportasi	100
Wisata	80



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Selanjutnya menghitung nilai *impervious* pada masing-masing sub-DAS Silandak dengan melihat nilai *impervious* pada Tabel 4.52. Perhitungan nilai *impervious* Sub DAS 1 tahun 2020 dapat diperlihatkan pada Tabel 4.53.

Tabel 4.53 Perhitungan *Impervious* Sub-DAS 1

SubDAS	Jenis Penggunaan Lahan	A (km <sup>2</sup> )	Imp	A x Imp
1	Industri	2,59	95	246,05
	Perdagangan dan Jasa	0,08	95	7,60
	Peribadatan	0,00	32	0,00
	Perumahan	0,27	30	8,10
	RTNH	0,00	100	0,00
	Ruang Terbuka Hijau	0,16	11	1,76
	Jumlah	3,10		263,51

Rumus yang digunakan untuk perhitungan nilai *impervious* menggunakan persamaan 2.57. Berikut contoh perhitungan nilai *impervious* pada sub-DAS 1:

$$\begin{aligned}
 \text{Imp}_{TA \text{ SubDAS } 1} &= \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Imp}_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \\
 &= \frac{263,51}{3,10} \\
 &= 85\%
 \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan nilai *impervious* DAS Silandak pada tahun 2020. Nilai *impervious* DAS Silandak tahun 2020 dapat diperlihatkan pada Tabel 4.54.

Tabel 4.54 Nilai *impervious* DAS Silandak Tahun 2020

SubDAS	Nilai Imp (%)
1	85,00
2	43,09
3	44,56
4	43,13
5	54,92
6	46,51
7	64,64

Selanjutnya nilai *Curve Number* (CN), *impervious* dan *initial abstraction* yang sudah dihitung *input* ke dalam program HEC-HMS. *Input* parameter SCS *Loss Model* (*Curve Number*) dapat diperlihatkan pada Tabel 4.55.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.55 *Input Parameter SCS Loss Model (Curve Number)*

Subbasin	Initial Abstraction (mm)	Curve Number	Impervious (%)
Sub-1	4,63	91,65	85,00
Sub-2	3,36	93,80	43,09
Sub-3	3,85	92,96	44,56
Sub-4	4,71	91,51	43,13
Sub-6	5,85	89,68	46,51
Sub-7	3,11	94,24	64,64

C. *Sub Basin Transform* (Transformasi hidrograf satuan limpasan)

Air hujan yang tidak jatuh secara langsung ke permukaan tanah akan menjadi limpasan. Ketika limpasan terjadi pada suatu DAS, maka akan mengalir sesuai dengan tatisti kemiringan tanah menjadi aliran permukaan (*direct runoff*). Metode transformasi digunakan untuk menghitung aliran langsung dari limpasan air hujan yang terjadi. Metode yang digunakan dalam pemodelan ini menggunakan *SCS Unit Hydrograph*. Parameter yang digunakan dalam pemodelan ini yaitu parameter *Lag*. Parameter *lag* yaitu tegangan waktu (*time lag*) antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf. Parameter tersebut dibutuhkan untuk menghitung puncak dan waktu hidrograf. Secara otomatis model HEC-HMS akan membentuk ordinat-ordinat untuk puncak hidrograf dan fungsi waktu. Nilai *lag time* yang digunakan dalam parameter ini didapatkan berdasarkan hasil perhitungan menggunakan panjang aliran sungai, angka kemiringan sungai dan nilai *Curve Number* pada setiap sub-DAS. Rumus yang digunakan untuk menghitung *Lag time* dapat dilihat pada Persamaan 2.58 dan persamaan 2.59. Hasil perhitungan *lag time* SCS UH DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Tabel 4.56. Berikut contoh perhitungan *time lag* Sub DAS 1 dengan menggunakan nilai L yaitu 2660,47 m dan CN yaitu 91,65 :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\text{Elevasi (1)} - \text{Elevasi (2)}}{L} \\
 &= \frac{207 - 27,80}{2660,47} \\
 &= 0,07 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

$$\begin{aligned}
 T_L &= L^{0,8} \left( \frac{2540 - 22,86 \times CN}{14104 \times CN^{0,7} \times S^{0,5}} \right) \\
 &= 2,66^{0,8} \left( \frac{2540 - 22,86 \times 91,65}{14104 \times 91,68^{0,7} \times 0,07^{0,5}} \right) \\
 &= 0,67 \text{ menit} \times 60 \\
 &= 0,01 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.56 Nilai *Lag time* SCS UH DAS Silandak

Nama Sungai	Panjang		Elevasi		Kemiringan (S)	CN	<i>Lag Time</i>	<i>Lag Time</i>
	m	km	Tertinggi	Terendah	(m)		(Menit)	(Jam)
SubDAS 1	2660,47	2,66	207,00	27,80	0,07	91,65	0,68	0,01
SubDAS 2	2263,41	2,26	117,49	30,07	0,04	92,96	0,72	0,01
SubDAS 3	2464,13	2,46	74,23	27,89	0,02	93,80	1,05	0,02
SubDAS 4	3204,09	3,20	60,43	21,00	0,01	94,37	1,54	0,03
SubDAS 5	2610,74	2,61	57,57	38,48	0,01	92,58	1,91	0,03
SubDAS 6	4319,81	4,32	32,11	5,62	0,006	90,57	3,51	0,06
SubDAS 7	5058,99	5,06	11,96	7,18	0,001	93,54	8,48	0,14

Selanjutnya nilai *lag time* yang sudah dihitung di *input* ke dalam program HEC-HMS. *Input* parameter *Transform Model (SCS Unit Hydrograph Method)* DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Tabel 4.57.

Tabel 4.57 *Input* parameter *Transform Model (SCS Unit Hydrograph Method)* DAS Silandak

Subbasin	Graph Type	Lag Time (MIN)
Sub-1	Standard	0,68
Sub-2	Standard	0,72
Sub-3	Standard	1,05
Sub-4	Standard	1,78
Sub-5	Standard	2,07
Sub-6	Standard	3,71
Sub-7	Standard	5,61

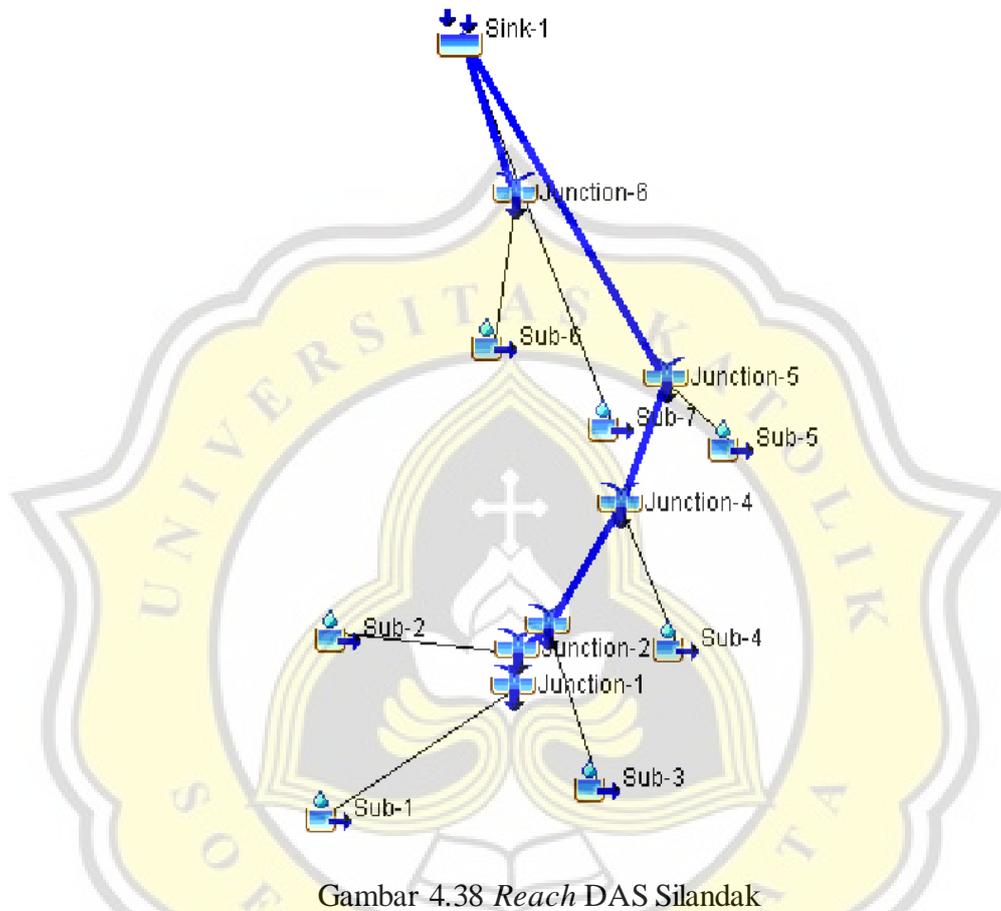
#### D. Parameter *Routing* dengan Metode *Lag*

*Input* data yang digunakan dalam parameter ini merupakan data *Lag* pada *reach* yang terdapat pada DAS Silandak. Rumus yang digunakan untuk menghitung



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

parameter *routing* dengan metode *lag* dapat dilihat pada persamaan 2.60 dan persamaan 2.61. Gambar 4.38 merupakan *reach* pada DAS Silandak.



Gambar 4.38 *Reach* DAS Silandak

Hasil perhitungan *Lag time* untuk parameter *Routing* dengan metode *Lag* pada DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Tabel 4.58.

Tabel 4.58 Nilai *Lag time* Parameter *Routing* Dengan Metode *Lag* DAS Silandak

RUAS	Panjang		Elevasi		Kemiringan (S)	<i>Lag time</i> (menit)	<i>Lag time</i> (Jam)
	m	km	Tertinggi	Terendah			
<i>Reach 1</i>	578,72	0,58	37,5	25	0,022	11,43	0,19
<i>Reach 2</i>	411,67	0,41	37,5	25	0,030	7,72	0,13
<i>Reach 3</i>	1984,74	1,98	25	12,5	0,006	47,47	0,79
<i>Reach 4</i>	1266,00	1,27	12,5	3,24	0,007	31,70	0,53
<i>Reach 5</i>	1564,80	1,56	1,13	0	0,001	91,00	1,52
<i>Reach 6</i>	3713,82	3,71	5	1	0,001	151,78	2,53



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Berikut contoh perhitungan *Lag time* Parameter *Routing* dengan menggunakan data dari *Reach 1* dengan menggunakan nilai *L* yaitu 578,72 m.

$$S = \frac{\text{Elevasi (1)} - \text{Elevasi (2)}}{L}$$

$$= \frac{37,5 - 25}{578,72}$$

$$= 0,022 \text{ m}$$

$$T_L = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

$$= \left( \frac{0,87 \times 0,58^2}{1000 \times 0,022} \right)^{0,385}$$

$$= 0,19 \text{ jam}$$

$$= 0,76 \times 60$$

$$= 11,43 \text{ menit}$$

Selanjutnya nilai *lag time* yang sudah dihitung di *input* ke dalam program HEC-HMS. *Input* parameter *routing* DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Tabel 4.59.

Tabel 4.59 *Input* parameter *Routing* DAS Silandak

<i>Reach</i>	<i>Initial Type</i>	<i>Lag time (MIN)</i>
<i>Reach-1</i>	<i>Discharge = Inflow</i>	11,43
<i>Reach-2</i>	<i>Discharge = Inflow</i>	7,72
<i>Reach-3</i>	<i>Discharge = Inflow</i>	47,47
<i>Reach-4</i>	<i>Discharge = Inflow</i>	31,70
<i>Reach-5</i>	<i>Discharge = Inflow</i>	91,00
<i>Reach-6</i>	<i>Discharge = Inflow</i>	151,78

#### E. Meteorologic Model

*Meteorologic model* merupakan data curah hujan efektif jam-jaman. Pada analisa pemodelan ini curah hujan yang digunakan menggunakan curah hujan kondisi maksimum. Curah hujan rencana DAS Silandak dicari dari data hujan jam-jaman dengan menggunakan metode Mononobe. Curah hujan jam-jaman dapat digambarkan menjadi sebuah *stage hyetograph*. Langkah awal yang dilakukan yaitu membuat *meteorologic model* untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahunan.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

*Input data meteorologic model* pada program HEC-HMS dapat diperlihatkan pada Tabel 4.60.

Tabel 4.60 *Input Data Meteorologic Model*

<i>Current Meteorologic Models</i>
2 Tahun
5 Tahun
10 Tahun
25 Tahun
50 Tahun
100 Tahun

Setelah memasukkan data *meteorologic* kemudian, klik *Specified Hyetograph* pada periode ulang dan memasukkan *Gage* sesuai dengan periode ulang yang digunakan. Data *Gage* yang digunakan menggunakan data yang didapat dari *Time Series Data*. *Input data meteorologic* pada periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Contoh *Input data meteorologic* pada periode ulang 2 tahun dapat diperlihatkan pada Tabel 4.61.

Tabel 4.61 *Input Meteorologic Model Periode Ulang 2 Tahun*

<i>Subbasin Name</i>	<i>Gage</i>
Sub-1	2 Tahun
Sub-2	2 Tahun
Sub-3	2 Tahun
Sub-4	2 Tahun
Sub-5	2 Tahun
Sub-6	2 Tahun

#### F. *Time Series Data*

*Time series* data diperoleh dengan cara mengolah data dengan menggunakan data *Precipitation Gages* seperti data hujan dan *Discharge Gages* seperti data debit. Data hujan *Gage 1* pada pemodelan HEC-HMS menggunakan data distribusi hujan jam-jaman yang telah dihitung dengan periode ulang 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, 25 tahunan, 50 tahunan dan 100 tahunan. *Input parameter precipitation gages* dapat diperlihatkan pada Tabel 4.62.



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.62 *Input Parameter Precipitation Gages* Pada HEC-HMS

Time	Precipitation Gages (mm)					
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
01:00	10,78	13,74	15,38	17,17	18,34	19,63
02:00	15,15	19,31	21,62	24,14	25,78	27,60
03:00	31,52	40,17	44,96	50,20	53,62	57,42
04:00	19,86	25,30	28,33	31,62	33,78	36,17
05:00	12,51	15,94	17,84	19,92	21,28	22,78
06:00	9,54	12,16	13,62	15,21	16,24	17,39

#### 4.5.2.2 Hasil *Running* Pemodelan HEC-HMS

Setelah melakukan proses simulasi *meteorologic model* dengan menggunakan data hujan dan *control specification* menggunakan “DAS Silandak” maka dilakukan proses *simulation run*. Setelah melakukan proses simulasi *simulation run* maka hasil debit puncak di hilir DAS Silandak tiap periode ulang yang dapat diperlihatkan pada Gambar 4.63.

Tabel 4.63 Hasil Debit Puncak Pemodelan HEC-HMS Tiap Periode Ulang

Periode Ulang (Tahun)	Waktu Puncak (Jam)	Debit Puncak (m <sup>3</sup> /s)
2	06:00	80,09
5	06:00	104,26
10	06:00	117,67
25	06:00	132,30
50	06:00	141,86
100	06:00	152,45

#### 4.5.2.3 RMSE Pemodelan HEC-HMS

Setelah mendapatkan hasil simulasi pada program HEC-HMS berupa debit puncak pada periode ulang 25 tahun sebesar 132,3 m<sup>3</sup>/s. Selanjutnya, dilakukan pengujian *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui angka kesalahan pada perbandingan data hasil simulasi dengan data dilapangan. Data debit di lapangan bagian hilir DAS Silandak sebesar 142,77 m<sup>3</sup>/detik. Berikut perhitungan RMSE pemodelan HEC-HMS:

$$Q_L = 142,77 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_S = 132,30 \text{ m}^3/\text{detik}$$



$$\begin{aligned}
 \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_s - Q_L}{Q_s} \right)^2} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{1} \sum_{i=1}^1 \left( \frac{132,3 - 142,77}{132,3} \right)^2} \\
 &= 0,079 \\
 &= 0,079 \times 100\% \\
 &= 7,91 \%
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan RMSE maka dapat diketahui bahwa *error* debit puncak data hasil simulasi dengan data lapangan sebesar 7,91%. Nilai *error* tersebut menunjukkan bahwa hasil simulasi debit puncak masih jauh dari hasil debit lapangan.

#### 4.5.2.4 Kalibrasi Pemodelan HEC-HMS

Proses kalibrasi pada pemodelan HEC-HMS dilakukan pada saat hasil simulasi debit yang didapatkan dari program HEC-HMS mengalami perbedaan atau selisih angka *error* yang cukup jauh. Agar mendapatkan hasil simulasi debit puncak yang mendekati data di lapangan, maka perlu dilakukan perubahan nilai pada parameter *Curve Number* (CN), *impervious* dan *lag time*. Batas nilai perubahan pada parameter model HEC-HMS dapat dilihat pada Tabel 2.18. Penentuan batas nilai yang digunakan berdasarkan dengan metode yang digunakan dalam program HEC-HMS. Perubahan nilai *Curve Number* (CN), nilai *impervious*, nilai *Initial Abstraction* (Ia), dan nilai *Lag time sub-DAS* dapat diperlihatkan pada Tabel 4.64.

Tabel 4.64 Parameter DAS Silandak 2020 setelah Kalibrasi

SubDAS	Nilai CN	Nilai Imp (%)	Initial Abstraction (Ia)	Lag Time (MIN)
Sub-DAS 1	98,96	98,80	0,53	0,41
Sub-DAS 2	98,79	96,59	0,62	0,47
Sub-DAS 3	98,94	98,06	0,54	0,71
Sub-DAS 4	98,83	94,63	0,60	1,10
Sub-DAS 5	98,34	97,42	0,86	1,26
Sub-DAS 6	98,98	98,92	0,52	1,95
Sub-DAS 7	98,33	98,14	0,86	5,96



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Pada parameter *routing* metode *lag* juga mengalami perubahan nilai *lag time*. Perubahan nilai *lag time* parameter *routing* dapat diperlihatkan pada Tabel 4.65.

Tabel 4.65 Nilai *Lag time Reach* DAS Silandak 2020 setelah Kalibrasi

<i>Reach</i>	<i>Lag time (MIN)</i>
<i>Reach 1</i>	8,54
<i>Reach 2</i>	3,52
<i>Reach 3</i>	43,42
<i>Reach 4</i>	32,60
<i>Reach 5</i>	55,12
<i>Reach 6</i>	96,82

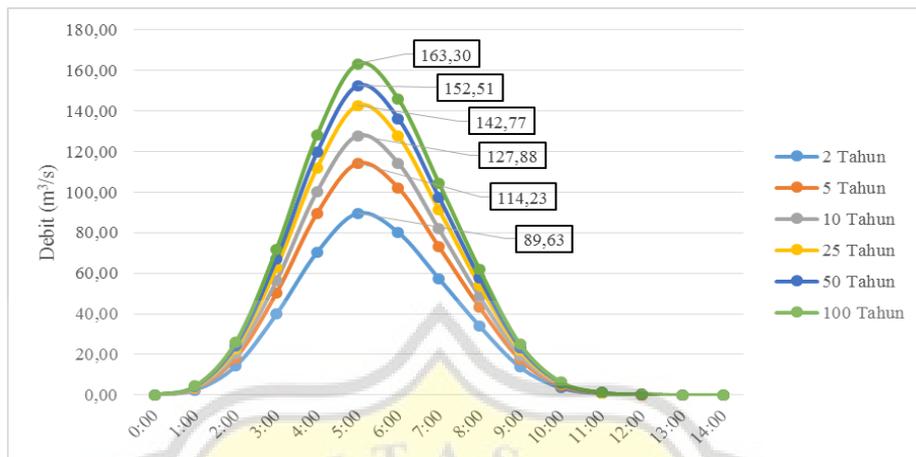
Nilai parameter *Loss Model* (*SCS Curve Number*), *Transform Model* (*SCS Unit Hydrograph Method*) dan *Routing* yang telah dirubah sesuai dengan nilai *Curve Number* (CN) dan *impervious* kalibrasi dimasukkan pada program HEC-HMS. Kemudian, setelah proses *input* data pada HEC-HMS didapatkan debit aliran DAS Silandak bagian hilir tahun 2020. Hasil debit aliran HEC-HMS DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Tabel 4.66 dan grafik hidrograf HEC-HMS DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Gambar 4.39.

Tabel 4.66 Hasil Hidrograf Aliran DAS Silandak dengan Menggunakan HEC-HMS Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahun 2020

Waktu (Jam)	Debit (m <sup>3</sup> /s)					
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
0:00	0	0	0	0	0	0
1:00	2,28	2,91	3,26	3,65	3,90	4,17
2:00	13,78	17,64	19,79	22,13	23,66	25,35
3:00	38,46	49,17	55,12	61,61	65,84	70,53
4:00	69,74	89,00	99,68	111,34	118,95	127,39
5:00	89,53	114,14	127,8	142,7	152,44	163,24
6:00	80,33	102,38	114,62	127,97	136,7	146,37
7:00	57,62	73,42	82,2	91,78	98,04	104,97
8:00	34,19	43,58	48,79	54,48	58,19	62,3
9:00	13,81	17,6	19,71	22,01	23,5	25,16
10:00	3,53	4,5	5,04	5,63	6,01	6,44
11:00	0,67	0,86	0,96	1,07	1,14	1,22
12:00	0,09	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17
13:00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
14:00	0	0	0	0	0	0



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis  
 (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.39 Grafik Hidrograf DAS Silandak dengan Menggunakan HEC-HMS Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahun 2020

Pada hasil simulasi debit puncak DAS Silandak menggunakan HEC-HMS ini menggunakan periode ulang 25 tahun dikarenakan data yang diperoleh dari lapangan. Hasil simulasi debit puncak DAS Silandak setelah di kalibrasi pada periode ulang 25 tahun sebesar 142,77 m<sup>3</sup>/s. Kemudian dilakukan pengujian *error* untuk mengetahui nilai *error* antara hasil simulasi dengan data pada lapangan. Berikut adalah perhitungan *error* setelah perubahan nilai CN, *impervious* dan *lag time* pada penelitian ini.

$$Q_L = 142,77 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_S = 142,77 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_s - Q_L}{Q_s} \right)^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{1} \sum_{i=1}^1 \left( \frac{142,77 - 142,77}{142,7} \right)^2} \\ &= 0,00 \times 100\% = 0,00 \% \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan RMSE, maka dapat diketahui bahwa nilai *error* debit puncak hasil simulasi debit HEC-HMS dengan mengubah nilai pada parameter *Curve Number* (CN), *impervious* dan *lag time* dengan data lapangan sebesar 0,00%. Angka *error* tersebut menunjukkan bahwa hasil simulasi debit HEC-HMS setelah dilakukan kalibrasi dengan merubah nilai *Curve Number* (CN), *impervious* dan *lag time* sudah mendekati data debit lapangan.



Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

#### 4.5.3 Perbandingan Metode HSS Snyder dengan Program HEC-HMS

Perbandingan metode HSS Snyder dengan simulasi program HEC-HMS didasarkan pada selisih debit puncak tiap periode ulang. Parameter yang dikalibrasi pada metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder yaitu nilai  $C_t$  ( $n = 0,2$ ), koefisien nilai waktu ( $C_t = 1,133$ ) dan koefisien nilai puncak ( $C_p = 0,0789$ ). Pada program HEC-HMS metode yang digunakan yaitu *Soil Conservation Service* (SCS). Parameter kalibrasi yang digunakan menggunakan parameter SCS *Loss Model* (*Curve Number*) dengan *input* data yang digunakan berupa nilai *Curve Number* (CN), *impervious* (I) dan *Initial abstract* (Ia), sedangkan pada parameter Transform Model (*SCS Unit Hydrograph Method*) *input* nilai yang digunakan berupa *lag time*. Pada parameter routing *input* data yang digunakan berupa *lag time* yang terjadi pada setiap aliran sungainya.

Selisih debit yang dihasilkan pada perhitungan HSS Snyder dengan simulasi program HEC-HMS tiap periode ulang berdasarkan penggunaan lahan tahun 2020 dapat diperlihatkan pada Tabel 4.67

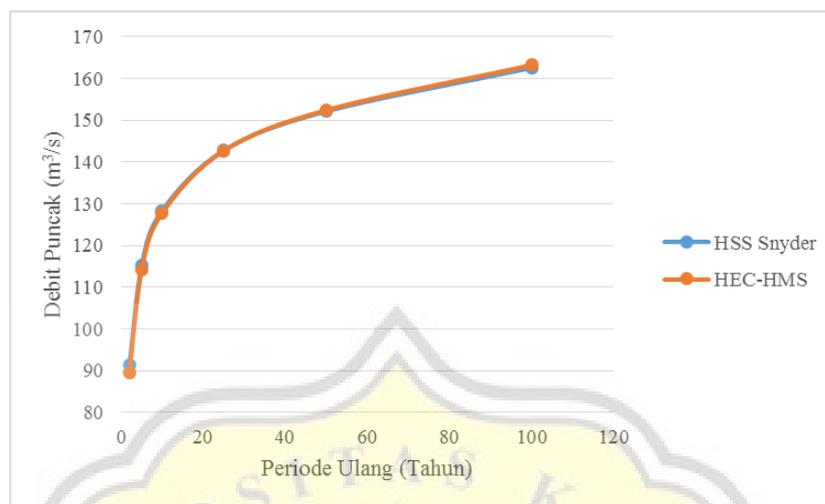
Tabel 4.67 Tabel Selisih Debit Puncak Metode HSS Snyder dengan Program HEC-HMS Tiap Periode Ulang Tahun 2020

Periode Ulang (Tahun)	Debit Puncak (m <sup>3</sup> /s)			
	BBWS	HSS Snyder	HEC-HMS	Selisih
2	-	91,41	89,53	1,78%
5	-	115,18	114,23	0,95%
10	-	128,38	127,88	0,50%
25	142,77	142,77	142,77	0,00%
50	-	152,16	152,51	0,35%
100	-	162,60	163,30	0,70%

Berdasarkan Tabel 4.67 maka dapat disimpulkan bahwa hasil selisih perbandingan debit puncak metode HSS Snyder dengan program HEC-HMS memiliki perbedaan selisih debit puncak yang tidak signifikan, selisih debit puncak maksimum yang didapat sebesar 1,78%. Menurut Azwar, S. (2005) selisih debit puncak yang didapat kurang dari 5% belum bisa dikatakan kenaikan yang signifikan. Grafik perbandingan debit puncak HSS Snyder dengan HEC-HMS tiap periode ulang dapat diperlihatkan pada Gambar 4.40.

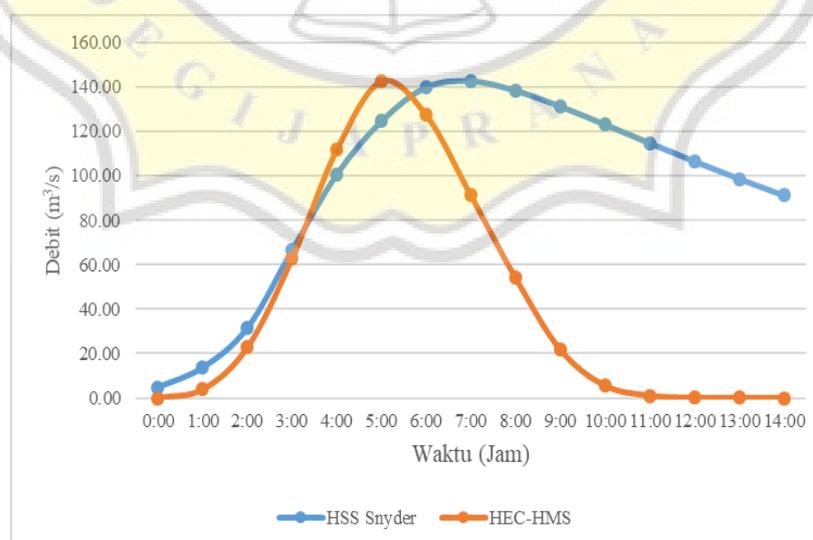


Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.40 Grafik Perbandingan Debit Puncak HSS Snyder dengan Program HEC-HMS Tiap Periode Ulang Tahun 2020

Berdasarkan Gambar 4.40 maka dapat disimpulkan bahwa hasil debit puncak dengan metode HSS Snyder dengan program simulasi HEC-HMS memiliki selisih nilai yang cukup sedikit, sehingga dapat grafik tersebut nilai debit puncak mendekati sejajar. Debit puncak pada metode HSS Snyder berada pada jam ke 7 sedangkan pada program simulasi HEC-HMS debit puncak yang dihasilkan berada pada jam ke 5, sehingga selisih waktu yang diperoleh 2 jam. Grafik perbandingan hidrograf 25 tahun dapat diperlihatkan pada Gambar 4.41.



Gambar 4.41 Grafik Perbandingan Hidrograf DAS Silandak Periode Ulang 25 Tahun Pada Tahun 2020



#### 4.6 Prediksi Hidrograf Aliran DAS Silandak Tahun 2045 Simulasi HEC-HMS

Parameter dalam program HEC-HMS ditentukan berdasarkan peta tata guna lahan pada DAS Silandak. Parameter yang digunakan yaitu *Loss Model (SCS Curve Number)* dan *Transform Model (SCS Unit Hydrograph Method)*. Cara untuk mencari hidrograf Aliran DAS Silandak tahun 2045 dengan menggunakan program HEC-HMS yaitu menggunakan prediksi penggunaan lahan pada tahun 2045 yang sudah dianalisis untuk menentukan nilai parameter yang akan digunakan dalam input program HEC-HMS. Prediksi penggunaan lahan pada tahun 2045 dapat diperlihatkan pada Tabel 4.37.

##### 4.6.1 Simulasi Model

Setelah mendapatkan hasil simulasi debit puncak DAS Silandak tahun 2020 yang mendekati data debit di lapangan, langkah selanjutnya yaitu melakukan pemodelan debit aliran DAS Silandak tahun 2013 dan tahun 2045. Parameter yang diubah dalam simulasi model ini hanya nilai *Loss Model (SCS Curve Number)* dan *Transform Model (SCS Unit Hydrograph Method)*. Berikut pemodelan debit aliran DAS Silandak tahun 2013 dan tahun 2045:

##### 1. Simulasi Model Hujan – Aliran DAS Silandak Tahun 2013

Berikut adalah parameter kalibrasi DAS Silandak tahun 2013 :

- e. Parameter SCS *Loss Model (Curve Number)* dan *Transform Model (SCS Unit Hydrograph Method)*

Nilai yang digunakan untuk menginput parameter *Loss Model (SCS Curve Number)* dan *Transform Model (SCS Unit Hydrograph Method)* DAS Silandak 2013 merupakan nilai yang telah dikalibrasi. Peta penggunaan lahan dapat diperlihatkan pada Gambar 4.27. Tabel *Curve Number (CN)*, *impervious*, *initial abstraction*, dan *Lag Time* SubDAS pada DAS Silandak berdasarkan penggunaan lahan tahun 2013 untuk parameter *Loss Model (SCS Curve Number)* dapat diperlihatkan pada Tabel 4.68.



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

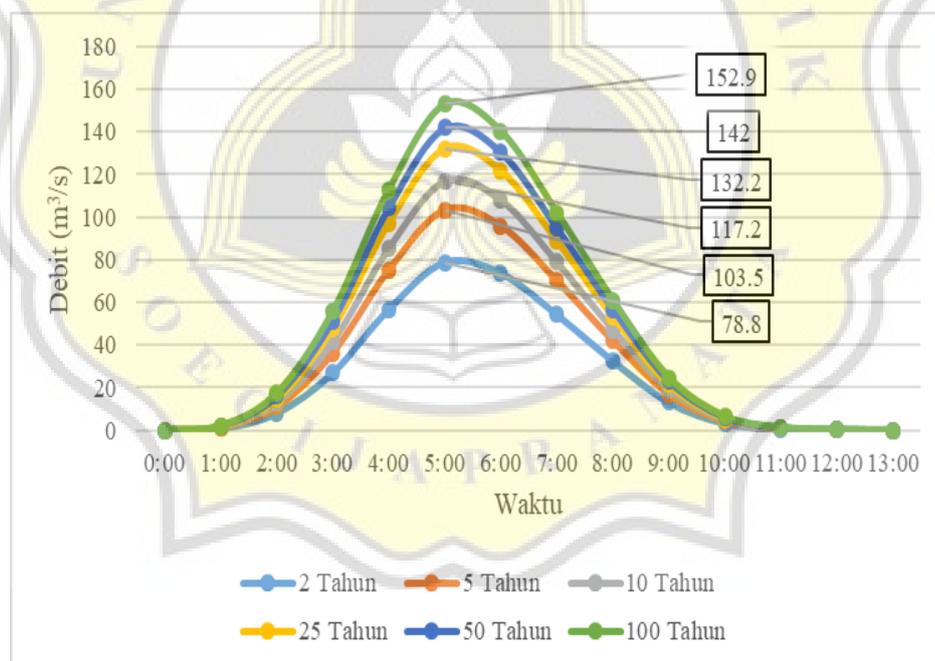
(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.68 Parameter DAS Silandak Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahun 2013

SUBDAS	CN	Initial Abstraction (mm)	Impervious (%)	Lag Time (Menit)
SubDAS 1	84,89	9,04	62,05	0,89
SubDAS 2	90,98	5,04	39,57	0,60
SubDAS 3	92,12	4,34	53,00	0,61
SubDAS 4	89,01	6,28	48,05	0,87
SubDAS 5	90,45	5,36	58,58	0,69
SubDAS 6	89,88	5,72	64,42	1,06
SubDAS 7	77,80	14,50	36,13	1,90

f. Hasil Simulasi Debit Puncak DAS Silandak Tahun 2013

Hasil simulasi diambil di titik yang berada pada hilir DAS Silandak. Hidrograf aliran DAS Silandak berdasarkan penggunaan lahan pada tahun 2013 dapat diperlihatkan pada Gambar 4.42.



Gambar 4.42 Grafik Hidrograf Aliran DAS Silandak Dengan Menggunakan HEC-HMS Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahun 2013

Pada Gambar 4.42 dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan dari pukul 00:00 hingga pukul 13:00. Pada grafik dapat dilihat bahwa debit puncak DAS Silandak pada periode ulang 2 tahun sebesar 78,8 m<sup>3</sup>/s, periode ulang 5 tahun sebesar 103,5



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

m<sup>3</sup>/s, periode ulang 10 tahun sebesar 117,2 m<sup>3</sup>/s, periode ulang 25 tahun sebesar 132,2 m<sup>3</sup>/s, periode ulang 50 tahun sebesar 142 m<sup>3</sup>/s, periode ulang 100 tahun sebesar 152,9 m<sup>3</sup>/s. Periode ulang yang digunakan sebagai perbandingan debit puncak DAS Silandak menggunakan periode ulang 25 tahun yaitu sebesar 132,2 m<sup>3</sup>/s. Waktu terjadi debit puncak untuk semua periode ulang yaitu terjadi pada pukul 05:00.

## 2. Simulasi Model Hujan – Aliran DAS Silandak Tahun 2045

Berikut adalah parameter kalibrasi DAS Silandak tahun 2045 :

- a. Parameter *SCS Loss Model (Curve Number)* dan *Transform Model (SCS Unit Hydrograph Method)*

Prediksi penggunaan lahan pada tahun 2045 dapat diperlihatkan pada Gambar 4.37 dan Tabel untuk parameter *Loss Model (SCS Curve Number)* dapat diperlihatkan pada Tabel 4.69.

Tabel 4.69 Parameter DAS Silandak Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahun 2045

SUBDAS	CN	Initial Abstraction (mm)	Impervious (%)	Lag Time (Menit)
SubDAS 1	97,07	1,53	92,00	0,47
SubDAS 2	97,41	1,35	69,16	0,53
SubDAS 3	98,8	0,62	33,00	0,72
SubDAS 4	96,2	2,01	48,74	1,36
SubDAS 5	94,63	2,88	51,60	1,67
SubDAS 6	98,9	0,57	90,74	1,96
SubDAS 7	97,2	1,46	93,81	6,54

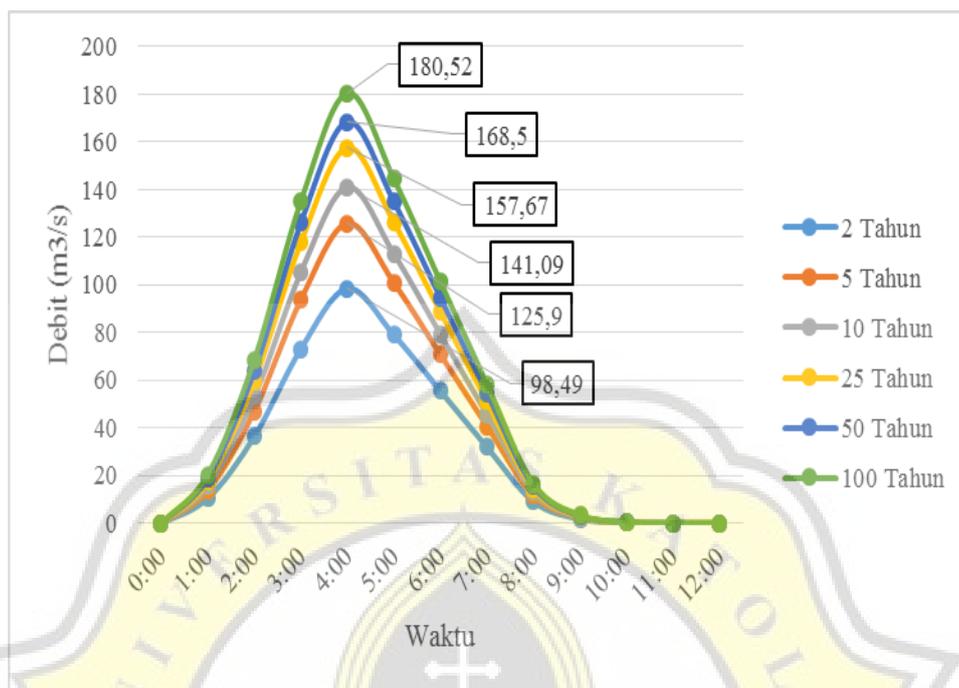
Nilai yang digunakan untuk menginput parameter *Loss Model (SCS Curve Number)* dan *Transform Model (SCS Unit Hydrograph Method)* DAS Silandak 2045 merupakan nilai yang telah dikalibrasi.

- b. Hasil Simulasi Debit Puncak DAS Silandak Tahun 2045

Hasil simulasi diambil di titik yang berada pada hilir DAS Silandak. Hidrograf aliran DAS Silandak berdasarkan penggunaan lahan pada tahun 2045 dapat diperlihatkan pada Gambar 4.43.



Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.43 Grafik Hidrograf Aliran DAS Silandak Dengan Menggunakan HEC-HMS Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahun 2045

Berdasarkan Gambar 4.43 dapat disimpulkan bahwa debit puncak DAS Silandak pada periode ulang 2 tahun sebesar 98,49 m<sup>3</sup>/s, periode ulang 5 tahun sebesar 125,90 m<sup>3</sup>/s, periode ulang 10 tahun sebesar 141,09 m<sup>3</sup>/s, periode ulang 25 tahun sebesar 157,67 m<sup>3</sup>/s, periode ulang 50 tahun sebesar 168,5 m<sup>3</sup>/s, periode ulang 100 tahun sebesar 180,52 m<sup>3</sup>/s. Waktu terjadi debit puncak untuk semua periode ulang yaitu terjadi pada pukul 04:00.

#### 4.6.2 Perbandingan Hasil Simulasi

Setelah dilakukan pemodelan simulasi dengan menggunakan program HEC-HMS dan didapatkan hasilnya, maka dapat dilihat perbedaan hasil dari hidrograf aliran DAS Silandak berdasarkan penggunaan lahan tahun 2020 dengan penggunaan lahan tahun 2045. Berikut hasil perbandingan yang didapatkan:

##### 1. Perbandingan Tata Guna Lahan

Perbandingan penggunaan lahan pada DAS Silandak pada tahun 2020 dan tahun 2045 dapat diperlihatkan pada Tabel 4.70.



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

Tabel 4.70 Perbandingan Penggunaan Lahan Tahun 2020 dan Tahun 2045

No	Penggunaan Lahan	Tahun 2020		Tahun 2045		Perubahan (%)
		Luas (km <sup>2</sup> )	%	Luas (km <sup>2</sup> )	%	
1	Industri	3,70	25,17	3,37	22,93	-2,24
2	Pemukiman	7,00	47,62	8,14	55,37	7,75
3	Perdagangan dan Jasa	1,20	8,16	2,18	14,83	6,67
4	RTH	1,15	7,82	0,00	0,00	-7,82
5	RTNH	0,27	1,84	0,00	0,00	-1,84
6	Wisata	0,02	0,14	0,00	0,00	-0,14
7	Transportasi	0,06	0,41	0,00	0,00	-0,41
8	Olahraga	0,03	0,20	0,00	0,00	-0,20
9	Gedung	1,27	8,64	1,01	6,87	-1,77
	TOTAL	14,70	100,00	14,70	100,00	

Berdasarkan Tabel 4.70 maka dapat disimpulkan terjadi pengurangan penggunaan lahan pada penggunaan lahan untuk Industri sebesar 2,24%, Ruang Terbuka Hijau (RTH) sebesar 7,82%, Ruang Terbuka Non Hijau (RTNH) sebesar 1,84%, Wisata sebesar 0,14%, Transportasi sebesar 0,41%, olahraga sebesar 0,20% dan Gedung 1,77%. Pertambahan penggunaan lahan terjadi pada penggunaan lahan Pemukiman sebesar 7,75%, dan perdagangan jasa sebesar 6,67%.

## 2. Perbandingan Debit Puncak Simulasi

Perbandingan debit puncak berdasarkan penggunaan lahan tahun 2020 dan penggunaan lahan tahun 2045 dapat diperlihatkan pada Tabel 4.71.

Tabel 4.71 Perbandingan Debit Puncak Tahun 2020 dan Tahun 2045

Periode (Tahun)	Probabilitas (%)	Debit Puncak Tahun 2020 (m <sup>3</sup> /s)	Debit Puncak Tahun 2045 (m <sup>3</sup> /s)	Kenaikan (%)
2	50	89,63	98,49	8,86%
5	20	114,23	125,90	11,67%
10	10	127,88	141,09	13,21%
25	4	142,77	157,67	14,90%
50	2	152,51	168,50	15,99%
100	1	163,30	180,52	17,22%

Pada Tabel 4.71 dapat disimpulkan bahwa tiap periode ulang mengalami kenaikan debit puncak. Kenaikan debit puncak untuk periode ulang 2 tahun sebesar 8,86%,

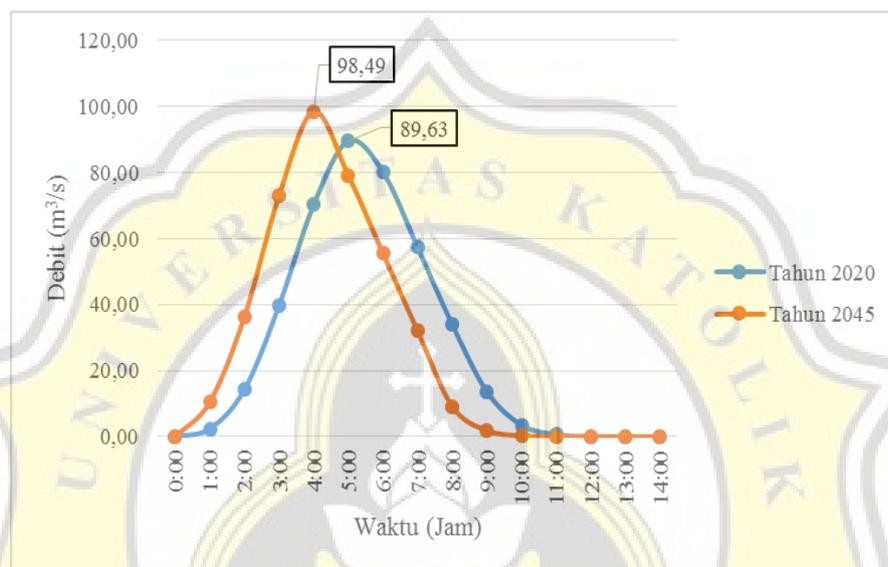


## Tugas Akhir

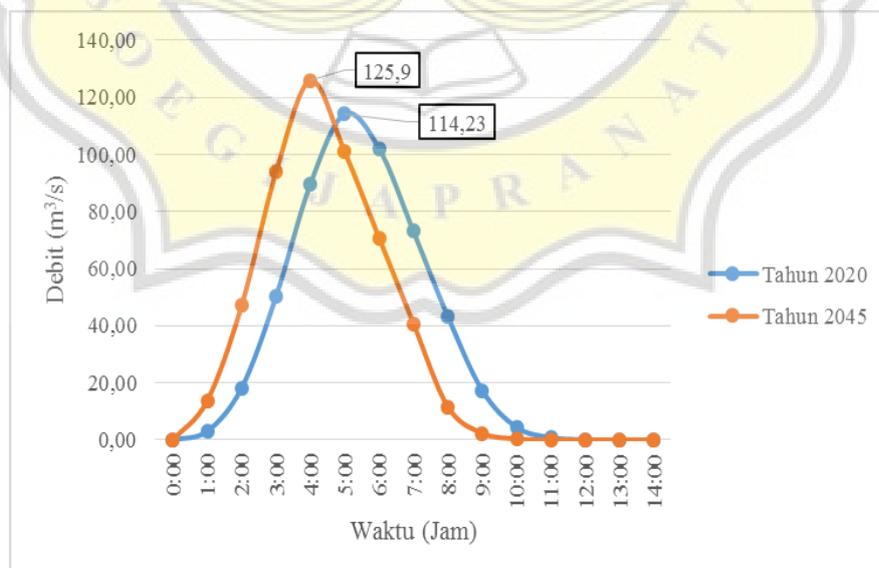
Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

untuk periode ulang 5 tahun sebesar 11,67%, untuk periode ulang 10 tahun sebesar 13,21%, untuk periode ulang 25 tahun sebesar 14,90%, untuk periode ulang 50 tahun sebesar 15,99%, untuk periode ulang 100 tahun sebesar 17,22%. Terdapat pula grafik perbandingan hidrograf aliran DAS Silandak yang dapat tiap periode ulang yang dapat diperlihatkan pada Gambar 4.44 hingga Gambar 4.49.



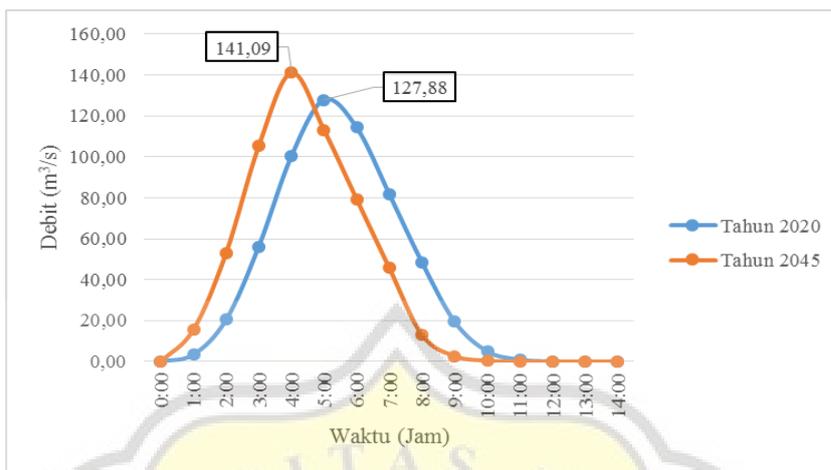
Gambar 4.44 Grafik Perbandingan Hidrograf DAS Silandak Periode Ulang 2 Tahun



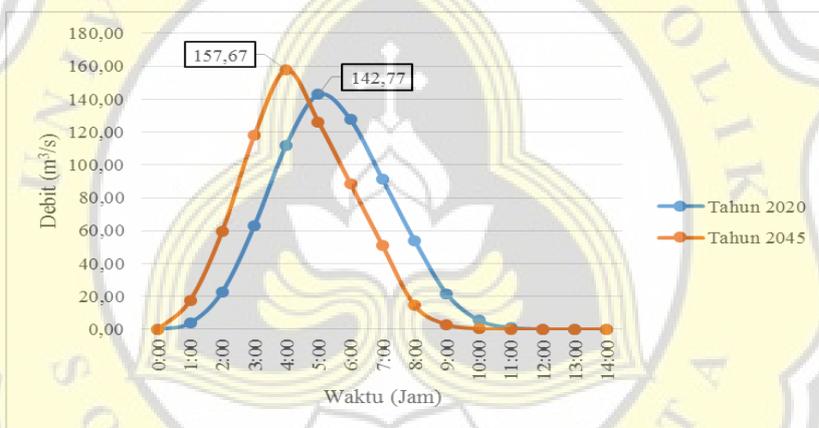
Gambar 4.45 Grafik Perbandingan Hidrograf DAS Silandak Periode Ulang 5 Tahun



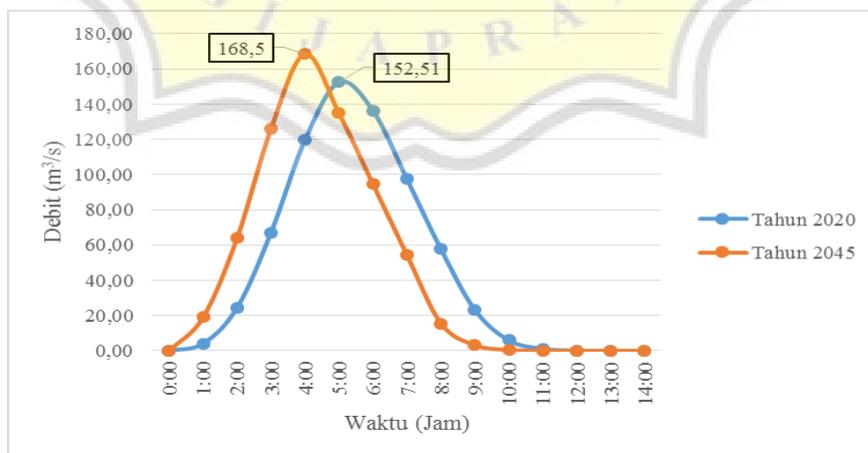
Tugas Akhir  
 Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder dan HEC-HMS  
 (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.46 Grafik Perbandingan Hidrograf DAS Silandak Periode Ulang 10 Tahun



Gambar 4.47 Grafik Perbandingan Hidrograf DAS Silandak Periode Ulang 25 Tahun



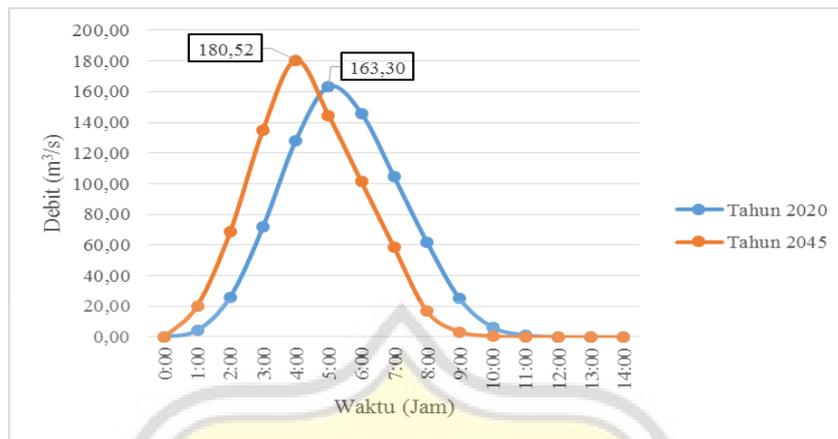
Gambar 4.48 Grafik Perbandingan Hidrograf DAS Silandak Periode Ulang 50 Tahun



## Tugas Akhir

Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS

(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)



Gambar 4.49 Grafik Perbandingan Hidrograf DAS Silandak Periode Ulang 100 Tahun

Perbedaan debit puncak pada simulasi disebabkan oleh adanya perubahan penggunaan lahan pada DAS Silandak dalam waktu yang cukup lama. Untuk mengatasi agar debit puncak tidak terlalu tajam, maka dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu melakukan reboisasi penanaman pohon pada kebun atau hutan agar air dapat meresap kedalam tanah dan tidak langsung mengalir di permukaan tanah. Membuang sampah pada sungai juga dapat menyebabkan debit semakin meningkat, sehingga harus dilakukan pembersihan pada area aliran Sungai Silandak.

### 3. Perbandingan Waktu Debit Puncak

Perbandingan debit puncak berdasarkan penggunaan lahan tahun 2020 dan penggunaan lahan tahun 2045 hasil simulasi DAS Silandak dapat diperlihatkan pada Tabel 4.72.

Tabel 4.72 Perbandingan Debit Puncak Tahun 2020 dan Tahun 2045

Periode (Tahun)	Waktu Debit Puncak Tahun 2020	Waktu Debit Puncak Tahun 2045
2	5:00	4:00
5	5:00	4:00
10	5:00	4:00
25	5:00	4:00
50	5:00	4:00
100	5:00	4:00



Tugas Akhir  
Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis  
(HSS) Snyder dan HEC-HMS  
(Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang)

---

Berdasarkan Tabel 4.72 dapat disimpulkan bahwa terjadi perbedaan waktu debit puncak pada DAS Silandak tahun 2020 pada jam ke 5 dan debit puncak DAS Silandak tahun 2045 terjadi pada jam ke 4, sehingga memiliki perbedaan waktu 1 jam.

Berdasarkan perbandingan hasil dari simulasi penggunaan lahan pada tahun 2020 dengan tahun 2045, maka dapat disimpulkan bahwa ada perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan yang cukup meningkat pada tahun 2045 terjadi pada penggunaan lahan pemukiman sebesar 7,75% dan perdagangan jasa sebesar 6,67%. Perubahan penggunaan lahan ini dapat berpengaruh terhadap debit aliran yang terjadi pada tahun 2045. Perubahan debit yang terjadi pada tahun 2045 meningkat sebesar 8,86% sampai 17,22% dengan selisih perbedaan waktu puncak sebesar 1 jam dengan waktu puncak pada tahun 2020.