

## PENELUSURAN BANJIR DI SUNGAI BADENG BANYUWANGI MENGGUNAKAN METODE MUSKINGUM

Catharina Mirandha Noviandini<sup>1)</sup> dan Zulis Erwanto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM 13 Kabat, Banyuwangi, 6861

E-mail: zulis.erwanto@poliwangi.ac.id; mirandhanoviandini1@gmail.com

### Abstract

*Flooding is a hydrological event that is sometimes difficult to predict when it happens and often brings harm. Many flood events occur due to overflowing water from a river. The flooding that occurred in Alasmalang Village, Banyuwangi was caused by the overflow of Badeng River. The Badeng River often overflows during the rainy season due to the high intensity of rainfall which causes flooding. The purpose of this study was to determine flood routing using the Muskingum Method in the Banyuwangi Badeng River. Flood routing used the Muskingum Method by measuring 24-hour inflow and outflow discharges upstream and downstream of the Badeng River. The parameters used are  $C_0 = 0.780$ ,  $C_1 = 0.815$ ,  $C_2 = -0.595$ ,  $X$  value = 0.08 and the constant value  $K = 0.138$  hours. The results of the flood search resulted in peak flow upstream of the river (inflow) of  $6.86 \text{ m}^3/\text{s}$  at 10:00 p.m and peak discharge downstream of the river (outflow) of  $7.32 \text{ m}^3/\text{s}$  at 11:00 p.m with a lag time of 8.28 minutes of peak inflow and outflow discharge. An indication of flash floods occurred downstream of the river. The RMSE value was 0.85. Greening and conservation need to be done in the upstream area of the Badeng watershed.*

**Keyword:** Flood, Inflow, Outflow, Flood Routing, Badeng River.

### Abstrak

Banjir merupakan peristiwa hidrologi yang terkadang sulit diprediksi waktu kejadiannya dan sering mendatangkan kerugian. Peristiwa banjir banyak terjadi akibat luapan air dari sebuah sungai. Banjir yang terjadi di Desa Alasmalang Banyuwangi diakibatkan oleh meluapnya Sungai Badeng. Sungai Badeng ini sering meluap pada musim penghujan yang diakibatkan oleh intensitas curah hujan yang cukup tinggi sehingga menyebabkan banjir. Tujuan penelitian untuk mengetahui penelusuran banjir menggunakan Metode Muskingum di Sungai Badeng Banyuwangi. Penelusuran banjir menggunakan Metode Muskingum, dengan melakukan pengukuran debit *inflow* dan *outflow* 24 jam di hulu dan hilir Sungai Badeng. Parameter yang digunakan yaitu  $C_0 = 0,780$ ,  $C_1 = 0,815$ ,  $C_2 = -0,595$ , nilai  $X = 0,08$  dan nilai konstanta  $K = 0,138$  jam. Hasil penelusuran banjir dihasilkan debit puncak bagian hulu sungai (*inflow*) sebesar  $6,86 \text{ m}^3/\text{s}$  pada pukul 22:00 WIB dan debit puncak bagian hilir sungai (*outflow*) sebesar  $7,32 \text{ m}^3/\text{s}$  pada pukul 23:00 WIB dengan jeda waktu debit puncak inflow dan outflow sebesar 8,28 menit. Terjadi indikasi banjir bandang di hilir sungai. Nilai *RMSE* adalah 0,85. Perlu dilakukan penghijauan dan konservasi di daerah hulu DAS Badeng.

**Kata Kunci:** Banjir, Inflow, Muskingum, Outflow, Sungai Badeng.

## PENDAHULUAN

Banjir merupakan peristiwa hidrologi yang terkadang sulit diprediksi waktu kejadiannya dan sering mendatangkan kerugian. Peristiwa banjir banyak terjadi akibat luapan air dari sebuah sungai. Banjir yang terjadi di Desa Alasmalang Banyuwangi diakibatkan oleh meluapnya air Sungai Badeng. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur, pada tanggal 22 Juni 2018 mencatat sekitar 330 rumah di Kecamatan Singojuruh dan Kecamatan Songgon tergenang banjir akibat luapan air dari Sungai Badeng. Hujan deras yang terjadi di Kecamatan Songgon selama dua hari dengan intensitas curah hujan yang cukup tinggi sejak Kamis malam hingga Jumat pagi yang menyebabkan permukiman warga tergenang air setinggi 50 cm sampai 1,2 meter (Idhom, 2018). Berdasarkan peristiwa tersebut, maka perlu adanya penelusuran banjir menggunakan Metode Muskingum di Sungai Badeng Banyuwangi.

Penelusuran aliran adalah prosedur untuk menetapkan waktu dan besarnya aliran (*flow hydrograph*) pada suatu titik pengamatan yang ditetapkan. Apabila aliran sungai banjir maka prosedur untuk menetapkan penelusuran alirannya disebut penelusuran banjir (*flood routing*). Pengukuran hidrograf aliran dilakukan sebanyak dua hari pada kondisi cuaca yang sama selama 24 jam pengamatan di dua titik yaitu hulu dan hilir sungai pada waktu bersamaan setiap 1 jam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penelusuran banjir menggunakan Metode Muskingum di Sungai Badeng Banyuwangi.

Penelitian terdahulu terkait penelusuran banjir antara lain Assiddiq, dkk (2019), Ikhsan (2018), Budiyanto (2018), Utama (2016), Tikno (2002).

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini berada pada hulu dan hilir Sungai Badeng Banyuwangi. Bagian hulu diambil pada Daerah Wisata Pinus Songgon dengan titik koordinat  $S8^{\circ}12'29.13''$   $E114^{\circ}10'16.88''$  dan bagian hilir diambil di Desa Suruh, Singojuruh dengan titik koordinat  $S8^{\circ}18'40.7''$   $E114^{\circ}14'31.6''$ . Jarak dari lokasi hulu ke hilir adalah 20 km. Peta lokasi dengan titik koordinat tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan survey lapangan untuk mendapatkan data panjang aliran sungai, lebar aliran sungai, tinggi muka air (TMA) yang kemudian data tersebut digunakan untuk perhitungan kecepatan aliran sungai ( $V$ ) dan debit aliran sungai ( $Q$ ). Pengukuran pada saat survey lapangan menggunakan metode pelampung selama 24 jam dilakukan sebanyak 2 kali pada hari yang berbeda untuk validasi model.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Pengukuran Debit *Inflow* dan *Outflow* Sungai Badeng

Penelusuran banjir ditafsirkan sebagai suatu prosedur untuk menentukan (memperkirakan) waktu dan besaran banjir di suatu titik di sungai berdasar data yang diketahui di sungai (Sulianti, 2008). Data debit *inflow* dan *outflow* pengamatan pertama disajikan dalam Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1.  
Rekapitulasi Debit *Inflow* dan *Outflow* Sungai Badeng

No.	Waktu	Debit <i>Inflow</i> ( $m^3/s$ )	Debit <i>Outflow</i> ( $m^3/s$ )
1.	10:00	5,18	4,59
2.	11:00	5,26	4,79
3.	12:00	5,27	4,91
4.	13:00	5,32	4,90
5.	14:00	5,45	5,06
6.	15:00	5,47	5,14
7.	16:00	5,58	5,27
8.	17:00	5,66	5,31
9.	18:00	5,83	5,26
10.	19:00	6,03	5,15
11.	20:00	6,08	5,18
12.	21:00	6,19	5,29
13.	22:00	6,86	5,89
14.	23:00	6,71	6,32
15.	0:00	5,93	6,30

No.	Waktu	Debit <i>Inflow</i> (m <sup>3</sup> /s)	Debit <i>Outflow</i> (m <sup>3</sup> /s)
16.	1:00	4,99	5,90
17.	2:00	4,90	5,50
18.	3:00	4,76	5,25
19.	4:00	4,74	5,19
21.	6:00	4,58	5,04
22.	7:00	4,55	4,97
23.	8:00	4,53	4,80
24.	9:00	4,50	4,75

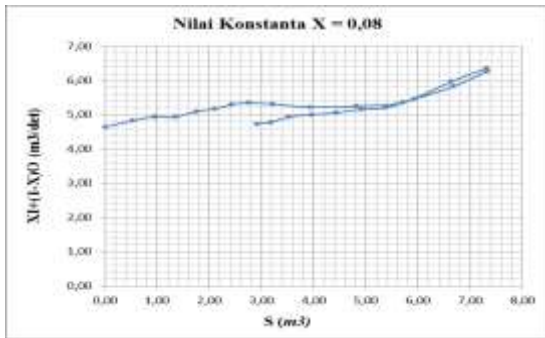
## 2. Hasil Analisa Penelusuran Banjir Menggunakan Metode Muskingum

Langkah penetapan nilai konstanta K yaitu dengan memasukkan nilai X coba-coba dengan nilai  $X = 0 - 0,5$  maka diambil nilai X awal 0,08 selanjutnya diambil kelipatan dari nilai tersebut yaitu 0,16 dan 0,32. Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

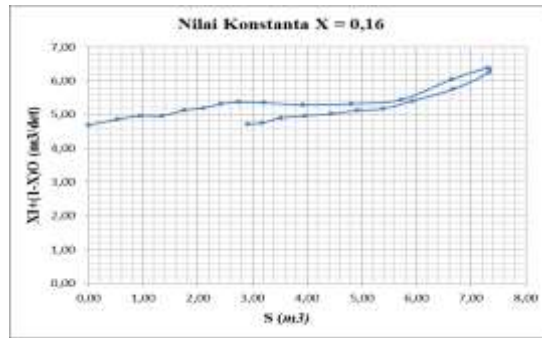
Tabel 2.  
Perhitungan Penetapan Nilai Konstanta K dan X dengan  $\Delta t = 1$  jam

Waktu	Inflow, <i>I</i> (m <sup>3</sup> /s)	Outflow, <i>O</i> (m <sup>3</sup> /s)	$(I - O)$ (m <sup>3</sup> /s)	$(I - O)$ rata-rata (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta S$ (m <sup>3</sup> /s).h	S (m <sup>3</sup> /s).h	$X I + (1 - X) O$		
							0,08	0,16	0,32
10:00	5,18	4,59	0,59	0	0	0	4,64	4,69	4,78
11:00	5,26	4,79	0,48	0,53	0,53	0,53	4,83	4,86	4,94
12:00	5,27	4,91	0,36	0,42	0,42	0,95	4,94	4,97	5,03
13:00	5,32	4,90	0,42	0,39	0,39	1,34	4,93	4,96	5,03
14:00	5,45	5,06	0,39	0,40	0,40	1,75	5,09	5,13	5,19
15:00	5,47	5,14	0,33	0,36	0,36	2,11	5,17	5,19	5,25
16:00	5,58	5,27	0,31	0,32	0,32	2,42	5,29	5,32	5,37
17:00	5,66	5,31	0,34	0,33	0,33	2,75	5,34	5,37	5,42
18:00	5,83	5,26	0,57	0,46	0,46	3,21	5,31	5,35	5,44
19:00	6,03	5,15	0,87	0,72	0,72	3,93	5,22	5,29	5,43
20:00	6,08	5,18	0,90	0,89	0,89	4,81	5,25	5,32	5,47
21:00	6,19	5,29	0,89	0,90	0,90	5,71	5,36	5,43	5,58
22:00	6,86	5,89	0,97	0,93	0,93	6,64	5,97	6,05	6,20
23:00	6,71	6,32	0,38	0,68	0,68	7,32	6,35	6,38	6,45
0:00	5,93	6,30	-0,37	0,00	0,00	7,32	6,27	6,24	6,18
1:00	4,99	5,90	-0,91	-0,64	-0,64	6,68	5,83	5,76	5,61
2:00	4,90	5,50	-0,61	-0,76	-0,76	5,93	5,46	5,41	5,31
3:00	4,76	5,25	-0,48	-0,55	-0,55	5,38	5,21	5,17	5,09
4:00	4,74	5,19	-0,45	-0,47	-0,47	4,91	5,16	5,12	5,05
5:00	4,60	5,10	-0,50	-0,48	-0,48	4,44	5,06	5,02	4,94
6:00	4,58	5,04	-0,45	-0,48	-0,48	3,96	5,00	4,96	4,89
7:00	4,55	4,97	-0,42	-0,44	-0,44	3,52	4,94	4,90	4,84
8:00	4,53	4,80	-0,27	-0,34	-0,34	3,18	4,78	4,76	4,71
9:00	4,50	4,75	-0,25	-0,26	-0,26	2,92	4,73	4,71	4,67

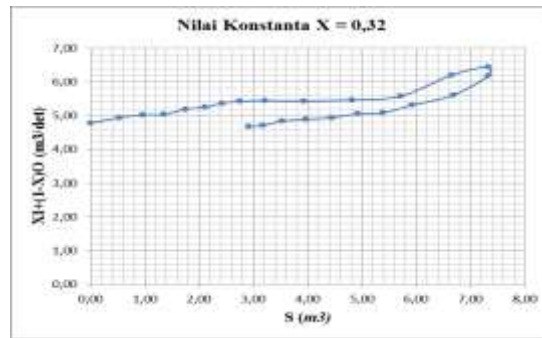
Selanjutnya dilakukan plotting antara nilai tampungan (S) dan nilai  $X I + (1 - X) O$  seperti tersaji pada Gambar 2 di bawah ini.



(a) Perhitungan Nilai X = 0,08



(b) Perhitungan Nilai X = 0,16



(c) Perhitungan Nilai X = 0,32

Gambar 2. Perhitungan Nilai X

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai konstanta K berdasarkan grafik diatas. Penetapan nilai konstanta K dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3 Penetapan Nilai Konstanta K dengan X = 0,32

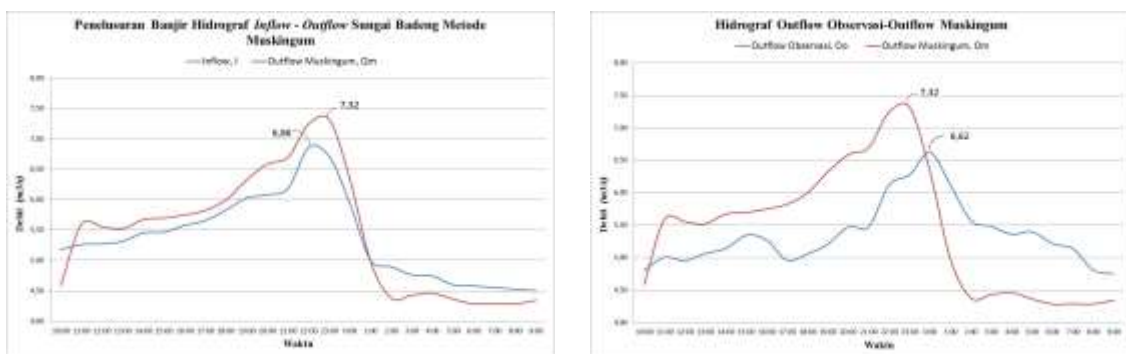
Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *outflow muskingum*. Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3.  
 Perhitungan Penelusuran Banjir Menggunakan Metode Muskingum

Waktu	Inflow, $I$ ( $m^3/s$ )	Outflow Observasi, $Q_o$ ( $m^3/s$ )	$C_0I_2$	$C_1I_1$	$C_2O_1$	Outflow Muskingum, $Q_m$ ( $m^3/s$ )
10:00	5,18	4,59	-	-	-	4,59
11:00	5,26	4,79	4,11	4,22	-2,73	5,60
12:00	5,27	4,91	4,11	4,29	-2,85	5,55

Waktu	Inflow, $I$ ( $m^3/s$ )	Outflow Observasi, $Q_o$ ( $m^3/s$ )	$CoI_2$	$C_1I_1$	$C_2O_1$	Outflow Muskingum, $Q_m$ ( $m^3/s$ )
13:00	5,32	4,90	4,15	4,30	-2,92	5,52
14:00	5,45	5,06	4,25	4,33	-2,91	5,67
15:00	5,47	5,14	4,27	4,45	-3,01	5,70
16:00	5,58	5,27	4,35	4,46	-3,06	5,75
17:00	5,66	5,31	4,41	4,55	-3,14	5,82
18:00	5,83	5,26	4,55	4,61	-3,16	6,00
19:00	6,03	5,15	4,70	4,75	-3,13	6,32
20:00	6,08	5,18	4,74	4,91	-3,07	6,59
21:00	6,19	5,29	4,82	4,96	-3,08	6,70
22:00	6,86	5,89	5,35	5,04	-3,15	7,24
23:00	6,71	6,32	5,23	5,59	-3,50	7,32
0:00	5,93	6,30	4,62	5,47	-3,76	6,33
1:00	4,99	5,90	3,90	4,83	-3,75	4,98
2:00	4,90	5,50	3,82	4,07	-3,51	4,38
3:00	4,76	5,25	3,71	3,99	-3,27	4,43
4:00	4,74	5,19	3,70	3,88	-3,12	4,46
5:00	4,60	5,10	3,59	3,87	-3,09	4,36
6:00	4,58	5,04	3,57	3,75	-3,04	4,29
7:00	4,55	4,97	3,55	3,73	-3,00	4,29
8:00	4,53	4,80	3,53	3,71	-2,96	4,29
9:00	4,50	4,75	3,51	3,69	-2,86	4,34

Data yang didapat pada Tabel 3 kemudian diplotkan kedalam sebuah grafik gabungan antara data *inflow* observasi dan data *outflow* perhitungan Metode Muskingum. Termasuk plotting antara hidrograf *outflow* observasi dengan *outflow* Muskingum dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hidrograf *Inflow* – *Outflow* Sungai Badeng Metode Muskingum

Grafik diatas merupakan hidrograf *inflow* – *outflow* Sungai Badeng menggunakan Metode Muskingum dengan nilai debit *inflow* tertinggi adalah  $6,86 m^3/s$  dan nilai debit *outflow* tertinggi adalah  $7,32 m^3/s$  dengan parameter yang didapat dari perhitungan yaitu

$C_0 = 0,780$ ,  $C_1 = 0,815$ ,  $C_2 = -0,595$ , nilai  $X = 0,08$  dan nilai konstanta  $K = 0,138$  jam atau 8,28 menit. Hasil ini menunjukkan terjadinya indikasi banjir bandang di hilir sungai diakibatkan oleh limpasan permukaan dari hulu sungai akibat lahan kritis atau lahan terbuka dari longsor Gunung Pendil. Sehingga menyebabkan debit *outflow* lebih tinggi dari pada debit *inflow* dimana daerah hilir terjadi peluapan air sungai.

Longsor dari Gunung Pendil yang bisa menyebabkan kekritisan lahan, hutan menjadi gundul dan jika terjadi hujan dengan intensitas tinggi maka limpasan air tinggi karena tidak ada perlindungan air tanah. Solusi untuk menanggulangi permasalahan ini yaitu dilakukan penghijauan hutan, konservasi tanah seperti membangun cek dam, konservasi air seperti membuat waduk atau embung.

### 3. Validasi Model

Metode untuk menentukan kriteria penampilan atau validasi model terhadap hasil pengamatan di lapangan dalam penelitian ini adalah menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE). Proses validasi model disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4.  
 Perhitungan Penelusuran Banjir Menggunakan Metode Muskingum

No.	Waktu	Outflow Observasi, $O_o$ ( $m^3/s$ )	Outflow Muskingum, $O_m$ ( $m^3/s$ )	$\Delta Q = Q_o - Q_m$	$\Delta Q^2$
1.	10:00	4,81	4,59	0,22	0,05
2.	11:00	5,00	5,60	-0,59	0,35
3.	12:00	4,96	5,55	-0,60	0,36
4.	13:00	5,06	5,52	-0,46	0,21
5.	14:00	5,14	5,67	-0,53	0,28
6.	15:00	5,34	5,70	-0,35	0,13
7.	16:00	5,27	5,75	-0,48	0,23
8.	17:00	4,96	5,82	-0,86	0,74
9.	18:00	5,06	6,00	-0,94	0,88
10.	19:00	5,21	6,32	-1,11	1,24
11.	20:00	5,47	6,59	-1,11	1,24
12.	21:00	5,48	6,70	-1,22	1,49
13.	22:00	6,12	7,24	-1,12	1,26
14.	23:00	6,28	7,32	-1,04	1,08
15.	0:00	6,62	6,33	0,29	0,09
16.	1:00	6,12	4,98	1,14	1,30
17.	2:00	5,57	4,38	1,20	1,43
18.	3:00	5,48	4,43	1,05	1,11
19.	4:00	5,36	4,46	0,90	0,81
20.	5:00	5,40	4,36	1,04	1,07
21.	6:00	5,22	4,29	0,93	0,87
22.	7:00	5,13	4,29	0,85	0,71
23.	8:00	4,81	4,29	0,52	0,27
24.	9:00	4,75	4,34	0,41	0,16
Total		128,62	130,51	-1,89	17,36
Rata-Rata		5,36	5,44	-0,08	0,72
R2		0,48			

No.	Waktu	Outflow Observasi, $O_o$ ( $m^3/s$ )	Outflow Muskingum, $O_m$ ( $m^3/s$ )	$\Delta Q = Q_o - Q_m$	$\Delta Q^2$
	Korelasi	0,69			
	RMSE	0,85			

Nilai *RMSE* diperoleh sebesar 0,85 dimana nilai tersebut masih memenuhi syarat  $0 < x < 1$  dan nilai korelasi 0,69 yang artinya memiliki hubungan yang kuat, sehingga dapat dinyatakan debit hasil Metode Muskingum sesuai dengan kondisi di lapangan (*Reliabel*).

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan debit puncak bagian hulu sungai (*inflow*) sebesar  $6,86 m^3/s$  dan debit puncak bagian hilir sungai (*outflow*) sebesar  $7,32 m^3/s$  dengan parameter yang didapat dari perhitungan yaitu  $C_0 = 0,780$ ,  $C_1 = 0,815$ ,  $C_2 = -0,595$ , nilai  $X = 0,08$  dan nilai konstanta  $K = 0,138$  jam. Nilai konstanta  $K$  merupakan jeda waktu antara debit puncak *Inflow* dan debit puncak *Outflow* yaitu 8,28 menit. Hal ini menunjukkan indikasi dapat terjadinya banjir bandang di hilir Sungai Badeng karena nilai *outflow* lebih besar dari pada nilai *inflow*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Assidiq, Abdullah, Rahman. (2019). Prediksi Nilai Debit Puncak Menggunakan Metode Muskingum di Sungai Pasangkayu Kecamatan Pasangkayu Kabupaten Pasangkayu. *Jurnal Gravitasi Fisika*, 18(1), 88-98.
- Budiyanto. (2018). Penelusuran Waktu Perjalanan Banjir dari Hulu ke Hilir Sungai Code sebagai Pertimbangan Early Warning Sistem. *Jurnal Teknik Sipil-UCY*, 8(1), 41-52.
- Idhom. (2020). *Banjir Bandang Banyuwangi Saat Kemarau: Dampak dan Penyebabnya*. Diunduh dari <http://tirto.id>.
- Ikhsan, Reyifanni, Nazimi. (2018). Studi Penelusuran Aliran pada Sungai Krueng Meurebo Kecamatan Meurebo Kabupaten Aceh Barat. *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar*, 4(1), 52-61.
- Sulianti. (2008). Perbandingan Beberapa Metode Penelusuran Banjir Secara Hidrologi (Studi Kasus Sungai Belitang di Sub DAS Komerling). *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar*, 3(1).
- Tikno. (2002). Penerapan Metode Penelusuran Banjir (Flood Routing) untuk Program Pengendalian dan Sistem Peringatan Dini Banjir Kasus Sungai Ciliwung. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 3(1), 53-61.
- Utama. (2016). *Analisis Penelusuran Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Percut dengan HSS dan Muskingum*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.