

## Prediksi Q 50 Tahun sebagai Dasar Perancangan Bendung di Sungai Tulas Kabupaten Samosir

Mhd. Shyafiqh Al Yazid Djais<sup>1</sup>, Andrea Sumarah Asih<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : [mhdshyafiqhalyazid@gmail.com](mailto:mhdshyafiqhalyazid@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi debit banjir pada periode ulang 50 tahun di Sungai Tulas, Kabupaten Samosir, dengan menggunakan metode analisis frekuensi dan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Data curah hujan harian yang diperoleh dari satelit GIOVANNI selama 10 tahun dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2024 dianalisis untuk menentukan curah hujan maksimum. Luas daerah aliran sungai dan panjang sungai diukur menggunakan aplikasi ArcGIS 10.3. Hasil analisis menunjukkan besar debit prediksi untuk periode ulang 50 tahun mencapai total 240,297 m<sup>3</sup>/dt menandakan potensi besar terjadinya debit banjir di wilayah DAS Tulas. Hasil prediksi debit banjir ini dapat digunakan sebagai informasi dasar perancangan beberapa bangunan air pada DAS tersebut salah satunya perancangan bendung.

**Kata kunci:** debit banjir, analisis frekuensi, Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, curah hujan, daerah aliran sungai

### ABSTRACT

*This study aims to predict flood discharge with a return period of 50-year in the Tulas River, Samosir Regency, using frequency analysis methods and the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph method. Daily rainfall data obtained from the GIOVANNI satellite over a 10 year, from 2015 to 2024 were analyzed to determine the maximum rainfall. The area of the watershed area and the length were measured using ArcGIS 10.3. The analysis result indicated that the predicted discharge for the 50-year return period reaches a total 240,297 m<sup>3</sup>/dt, indicating a significant potential for flood discharge in the Tulas watershed area. The result of this flood discharge prediction can be used as a fundamental basis for the design of various water structure in the watershed, including the design of weirs.*

**Keyword :** flood discharge, frequency analysis, Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph, rainfall, watershed

### PENDAHULUAN

Dalam upaya meningkatkan ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat, perencanaan bendung menjadi salah satu strategi yang efektif dalam pengelolaan sumber daya air. Perencanaan bendung sangat penting dalam pengelolaan sumber daya air, karena berfungsi untuk mengatur aliran sungai mengendalikan banjir serta memastikan ketersediaan air untuk kebutuhan masyarakat, pertanian, dan industri. Analisis frekuensi dan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu berperan penting dalam perancangan bendung. Analisis frekuensi adalah metode yang digunakan untuk menganalisis data hidrologi dan memprediksi kemungkinan kita untuk menghitung kemungkinan terjadinya suatu peristiwa berdasarkan data historis (Chow et al, 1988) [1].

Untuk Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu melengkapi analisis frekuensi dengan menyediakan pendekatan yang lebih terperinci. Metode HSS Nakayasu dapat digunakan untuk memprediksi aliran air dan potensi banjir dengan pendekatan yang lebih terinci. Metode ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan sumber daya air (Nakayasu, 2004) [2].

Bendung tidak hanya berfungsi sebagai pengendali aliran, tetapi juga sebagai alat untuk meningkatkan ketahanan pangan dan menyediakan air bersih bagi masyarakat (Nurabaya, 2021) [3]. Perencanaan bendung yang efektif memerlukan analisis hidrologi yang akurat agar menghasilkan debit banjir rancangan yang dipakai utk perancangan bendung.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi debit banjir (Q banjir) untuk periode ulang 50 tahun di Sungai tulas Kabupaten Samosir dengan menggunakan analisis frekuensi dan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu yang hasilnya diharapkan memberikan data akurat untuk perancangan bendung yang efektif, guna mengatur aliran sungai, mengendalikan banjir, dan memastikan ketersediaan air bagi masyarakat, pertanian, dan industri.



Dengan perencanaan yang baik diharapkan dapat meningkatkan ketahanan pangan dan mengurangi risiko banjir di daerah tersebut.

**METODE PENELITIAN**

**1. Lokasi Studi**

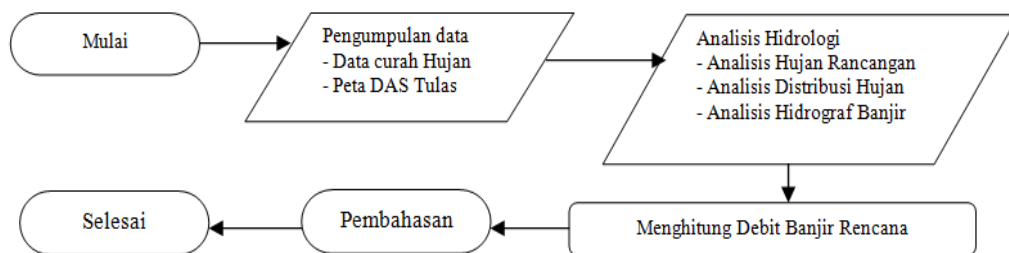
Sungai Tulas terletak pada titik koordinat geografis 2°38'37"LS, 98°38'43"BT di Sungai Tulas Desa Siboro, Kecamatan Samsir, Kabupaten Samsir, Provinsi Sumatera Utara.



**Gambar 1.** Lokasi Sungai Tulas  
(sumber: Google Earth, 2024)

**2. Pengumpulan Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data curah hujan harian, luas DAS dan panjang sungai. Untuk data curah hujan harian diperoleh dari satelit GIOVANNI dari tahun 2015-2024, untuk data peta DAS Tulas diperoleh dari data *Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS)*. Data peta DAS tersebut diinput ke software ArcGIS 10.3 untuk memperoleh luas DAS dan panjang sungai. Tahapan penelitian disusun dalam bagan alir penelitian seperti disajikan pada Gambar 2 berikut ini.



**Gambar 2.** Bagan Alir Penelitian

**3. Metode Pengolahan Data**

Metode pengolahan data analisis hidrologi seperti disebutkan dalam bagan alir di atas dijelaskan sebagai berikut :

a. Analisis Frekuensi

Tujuan Analisis Frekuensi adalah untuk memperkirakan besaran tinggi hujan dengan kala ulang tertentu dari hujan terukur dengan menggunakan cara statistik (Asih dan Habaita, 2013) [4]. Statistik yang digunakan dalam analisis frekuensi terdiri dari parameter-parameter berikut :

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \tag{1}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \tag{2}$$

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}} \tag{3}$$

$$Cs = \frac{n}{(n-1)x(n-2)xsd^3} x \sum_{i=1}^n (Xi - x)^3 \quad (4)$$

$$Ck = \frac{n}{(n-1)x(n-2)-(n-3)xsd^4} x \sum_{i=1}^n (Xi - x)^3 \quad (5)$$

dengan :

$\bar{X}$  : rata-rata

S : standar deviasi

Cs : koefisien *skewness*

Ck : koefisien kurtosis

Cv : koefisien variasi

#### b. Hidrograf Satuan Sintetik

Menghitung debit banjir rencana pada periode ulang 50 tahun berdasarkan besarnya curah hujan rencana menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Untuk parameter DAS merupakan unsur utama pada analisis metode. Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu adalah sebagai berikut :

$$T_g = 0,4 + 0,058 L \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{0,47 x (A x L) 0,25}{T_g} \quad (7)$$

$$T_r = 0,5 T_g \quad (8)$$

$$T_p = T_g + 0,8 T_r \quad (9)$$

$$T_{0,3} = \alpha x T_g \quad (10)$$

$$Q_p = ARo / 3,6 x (0,3T_p + T_{0,3}) \quad (11)$$

$$0 < t < T_p \quad (12)$$

$$Q_a = Q_p (t/T_p)^{2,4} \quad (13)$$

$$T_p < t < (T_p + T_{0,3}) \quad (14)$$

$$Q_{d1} = Q_p 0,3 ((t - T_p) / T_{0,3}) \quad (15)$$

$$(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + 2,5T_{0,3}) \quad (16)$$

$$Q_{d2} = Q_p 0,3 \left( \frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right) \quad (17)$$

$$t > (T_p + 2,5T_{0,3}) \quad (18)$$

$$Q_{d3} = Q_p 0,3 \left( \frac{t - T_p - 1,5T_{0,3}}{2,0T_{0,3}} \right) \quad (19)$$

dengan :

$Q_p$  : debit puncak banjir

$\alpha$  : koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2.

$T_r$  : satuan waktu dari curah hujan (jam)

$Q_a$  : debit awal

$Q_{d1}$  : debit dasar

$T_p$  : waktu dari permukaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$Q_{d2}$  : debit dasar kedua

$Q_{d3}$  : debit dasar ketiga



## HASIL DAN ANALISIS

### 1. Curah Hujan Harian Maksimum

Data curah hujan harian yang diperoleh dari satelit GIOVANNI tahun mulai tahun 2015 sampai dengan 2024 kemudian dianalisis nilai hujan maksimumnya dengan bantuan Microsoft Excel, untuk hasilnya diambil curah harian maksimum sepanjang 10 tahun. Hasil analisis disajikan di Tabel 1.

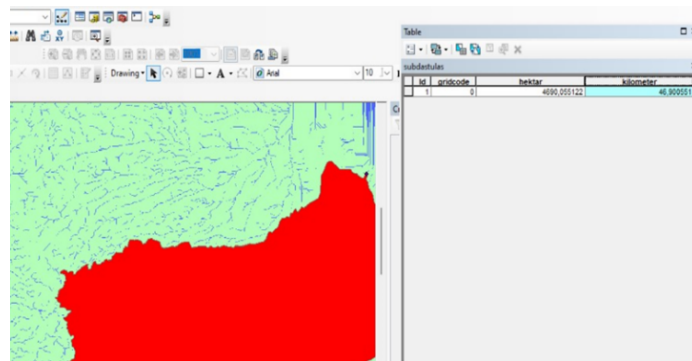
**Tabel 1.** Curah Hujan Harian Maksimum

| Nomor | Tahun | Hujan Maksimum (mm) |
|-------|-------|---------------------|
| 1     | 2015  | 11,414              |
| 2     | 2016  | 12,053              |
| 3     | 2017  | 14,645              |
| 4     | 2018  | 16,192              |
| 5     | 2019  | 15,363              |
| 6     | 2020  | 14,249              |
| 7     | 2021  | 12,225              |
| 8     | 2022  | 12,430              |
| 9     | 2023  | 14,786              |
| 10    | 2024  | 9,929               |

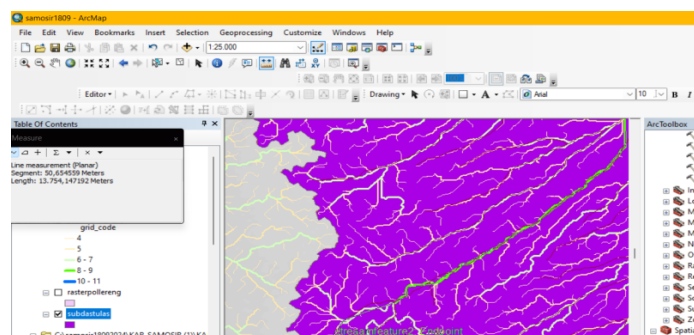
(sumber: Analisis, 2024)

### 2. Luas DAS dan Panjang Sungai

Analisis curah hujan menggunakan metode Thiessen Polygon, analisis daerah pengaruh hujan menggunakan aplikasi ArcGIS 10.3 untuk mendapatkan Luas DAS Tulas dan panjang Sungai Tulas. Hasil luas DAS dan panjang DAS telah didapatkan dari ArcGIS 10.3 yaitu luasnya 46,900 km<sup>2</sup> dan panjangnya 13,750 km.



**Gambar 3.** Luas DAS Tulas  
(sumber: ArcGIS 10.3,2024)



**Gambar 4.** Panjang DAS Tulas  
(sumber: ArcGIS 10.3,2024)

### 3. Analisis Frekuensi

Setelah mendapatkan hasil curah hujan harian maksimum selanjutnya menganalisis curah hujan rencana menggunakan metode analisis frekuensi dimulai dengan menganalisis parameter statistik. Hasil parameter analisis statistik disajikan di Tabel 2.

**Tabel 2.** Analisis statistik

| n  | $\bar{X}$ | S     | Cv    | Cs    | Ck   |
|----|-----------|-------|-------|-------|------|
| 10 | 13,328    | 1,998 | 0,150 | -0,22 | 0,30 |

(sumber: Analisis, 2024)

### 4. Pemilihan Jenis Sebaran

Pemilihan jenis sebaran yang sangat penting dalam analisis hidrologi untuk memastikan hasil yang valid dan dapat diandalkan (Bambang Triatmodjo, 1996) [5]. Jenis sebaran yang umum digunakan dalam hidrologi adalah sebaran normal, log normal, gumbel dan log pearson III. Dari hasil analisis sebaran berdasarkan (Triatmodjo, 1996), yang memenuhi persyaratan adalah log pearson III.

### 5. Hujan Rancangan 50 Tahun

Hujan rancangan 50 tahun yang berguna untuk perencanaan bendung dan pengelolaan sumber daya air dan analisis curah hujan efektif membantu menentukan jumlah curah hujan yang dapat dimanfaatkan sehingga mendukung pengelolaan yang lebih efisien. Hujan rancangan 50 tahun menunjukkan pola curah hujan yang signifikan, di mana analisis curah hujan efektif memberikan wawasan penting untuk pengelolaan sumber daya air (Santoso, 2018) [6]. Hasil analisis disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Analisis Curah Hujan Efektif

| No | Periode Ulang (tahun) | Xt (mm) | Koef. C | Reff (mm) |
|----|-----------------------|---------|---------|-----------|
| 1  | 50                    | 17,927  | 0,75    | 13,446    |

(sumber: Analisis, 2024)

### 6. Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana pada DAS Tulas menggunakan metode HSS Nakayasu. Untuk Parameter DAS merupakan unsur utama pada analisis metode HSS Nakayasu. Parameter DAS yang menjadi input adalah luas DAS dan Panjang sungai utama. Selanjutnya hasil analisis parameter di sajikan pada Tabel 4.

- a. Luas DAS = 46,900 km<sup>2</sup>
- b. Panjang Sungai = 13,754 km
- c. Ro = 1 mm

**Tabel 4.** Perhitungan Parameter

| Tg (Jam) | A (mm) | Tr (Jam) | Tp (Jam) | T0,3 (Jam) | Qp m <sup>3</sup> /dt |
|----------|--------|----------|----------|------------|-----------------------|
| 1,315    | 1,977  | 0,598    | 1,677    | 1,977      | 4,536                 |

(sumber: Analisis, 2024)

### 7. Hidrograf Banjir Rancangan

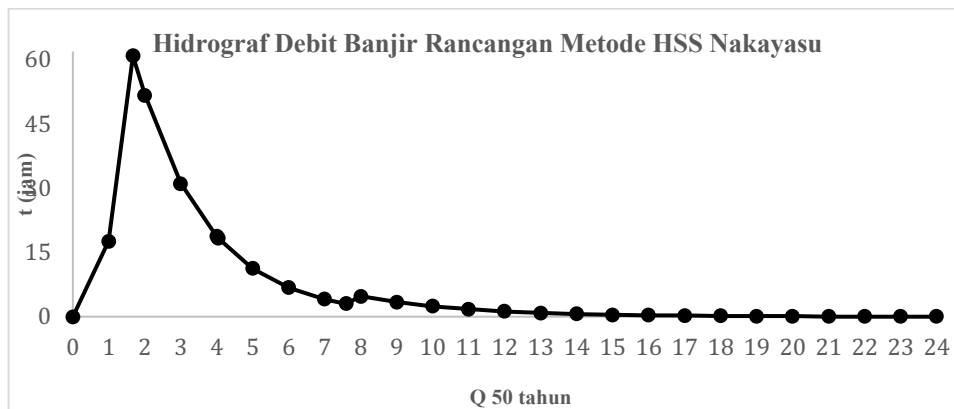
Hasil perhitungan debit banjir berdasarkan HSS Nakayasu disajikan dalam tabel berikut ini :

**Tabel 5.** Perhitungan Hidrograf Banjir Rancangan 50 tahun

| t<br>(jam)   | Qt<br>(m3/dt) | Reff               |                    |                    |                    |                    | Q<br>(m3/dt) |
|--------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|
|              |               | 7,863<br>0 - 1 jam | 2,044<br>1 - 2 jam | 1,434<br>2 - 3 jam | 1,141<br>3 - 4 jam | 0,964<br>4 - 5 jam |              |
| 0            | 0             | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0            |
| 1            | 1,312         | 10,317             | 2,682              | 1,881              | 1,498              | 1,265              | 17,642       |
| 1,7          | 4,537         | 35,672             | 9,272              | 6,504              | 5,178              | 4,372              | 60,998       |
| 2            | 3,849         | 30,268             | 7,867              | 5,519              | 4,393              | 3,710              | 51,757       |
| 3            | 2,315         | 18,207             | 4,732              | 3,320              | 2,643              | 2,232              | 31,133       |
| 4            | 1,393         | 10,952             | 2,847              | 1,997              | 1,590              | 1,342              | 18,727       |
| 4,0          | 1,361         | 10,701             | 2,782              | 1,951              | 1,553              | 1,312              | 18,299       |
| 5            | 0,838         | 6,588              | 1,712              | 1,201              | 0,956              | 0,807              | 11,265       |
| 6            | 0,504         | 3,963              | 1,030              | 0,722              | 0,575              | 0,486              | 6,776        |
| 7            | 0,303         | 2,384              | 0,620              | 0,435              | 0,346              | 0,292              | 4,076        |
| 7,6          | 0,224         | 1,758              | 0,457              | 0,321              | 0,255              | 0,216              | 3,007        |
| 8            | 0,356         | 2,802              | 0,728              | 0,511              | 0,407              | 0,343              | 4,791        |
| 9            | 0,254         | 1,997              | 0,519              | 0,364              | 0,290              | 0,245              | 3,414        |
| 10           | 0,181         | 1,423              | 0,370              | 0,259              | 0,207              | 0,174              | 2,433        |
| 11           | 0,129         | 1,014              | 0,264              | 0,185              | 0,147              | 0,124              | 1,734        |
| 12           | 0,092         | 0,722              | 0,188              | 0,132              | 0,105              | 0,089              | 1,235        |
| 13           | 0,065         | 0,515              | 0,134              | 0,094              | 0,075              | 0,063              | 0,880        |
| 14           | 0,047         | 0,367              | 0,095              | 0,067              | 0,053              | 0,045              | 0,627        |
| 15           | 0,033         | 0,261              | 0,068              | 0,048              | 0,038              | 0,032              | 0,447        |
| 16           | 0,024         | 0,186              | 0,048              | 0,034              | 0,027              | 0,023              | 0,319        |
| 17           | 0,017         | 0,133              | 0,034              | 0,024              | 0,019              | 0,016              | 0,227        |
| 18           | 0,012         | 0,095              | 0,025              | 0,017              | 0,014              | 0,012              | 0,162        |
| 19           | 0,009         | 0,067              | 0,018              | 0,012              | 0,010              | 0,008              | 0,115        |
| 20           | 0,006         | 0,048              | 0,012              | 0,009              | 0,007              | 0,006              | 0,082        |
| 21           | 0,004         | 0,034              | 0,009              | 0,006              | 0,005              | 0,004              | 0,059        |
| 22           | 0,003         | 0,024              | 0,006              | 0,004              | 0,004              | 0,003              | 0,042        |
| 23           | 0,002         | 0,017              | 0,005              | 0,003              | 0,003              | 0,002              | 0,030        |
| 24           | 0,002         | 0,012              | 0,003              | 0,002              | 0,002              | 0,002              | 0,021        |
| <b>total</b> |               | 140,527            | 36,526             | 25,622             | 20,398             | 17,225             | 240,297      |

(sumber: Analisis, 2024)

Hasil perhitungan di atas kemudian diplot dalam gambar berikut ini :



**Gambar 5.** Hidrograf Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu

Berdasarkan analisis HSS Nakayasu di atas didapatkan debit banjir untuk periode ulang 50 tahun sebesar 240, 297 m<sup>3</sup>/dt terjadi pada jam ke 1,7. Debit puncak yang terjadi pada waktu di awal terjadinya hujan sesuai dengan kondisi DAS Tulas yang secara geografis terletak di daerah pegunungan. Dengan demikian hasil analisis penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi penting untuk dasar perancangan beberapa bangunan air pada DAS tersebut salah satunya perancangan bendung untuk mendukung pertanian di DAS Tulas menjadi lebih maju.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan data curah hujan 10 tahun dan penerapan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu diperoleh prediksi debit banjir dengan periode ulang 50 tahun sebesar 240, 297 m<sup>3</sup>/dt. Besaran prediksi debit banjir ini sangat penting dan dapat digunakan sebagai dasar perancangan berbagai bangunan air yang akan dibangun di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tulas, salah satunya adalah perancangan bangunan bendung. Dengan informasi ini perencanaan dapat dilakukan secara lebih akurat dan efektif, sehingga dapat mengurangi risiko banjir dan meningkatkan pengelolaan sumber daya air di kawasan tersebut.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY) dan Balai Teknik Sabo.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chow V. T., Maidment D. R. & Mays L. W., "*Applied Hydrology*," New York: McGraw-Hill, 1998.
- [2] Nakayasu V., *Unit Hydrograph Methode for Estimating Flood Discharges*, In J. A. Smith & R. K. Jones (Eds.), *Advances in Hydrology and water Resources* (pp. 123-145). Tokyo: Academic press, 2004.
- [3] Nurabaya A., "Peran Bendung dalam Meningkatkan ketahanan Pangan dan Penyediaan Air Bersih," *Jurnal Sumber Daya Air*, 10(2), 75-85, 2021.
- [4] Asih A. S. & Habaita T. G., "Analisis Kurva IDF (Intensity-Duration-Frequency) DAS Gajahwong Yogyakarta," *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 69-70, 2013.
- [5] Triatmodjo B., "*Hidrologi Terapan*," Yogyakarta: Beta Offset, 1996.
- [6] Santoso H., "Analisis Curah Hujan Rancangan untuk Pengelolaan Sumber Daya Air," *Jurnal Sumber Daya Air*, 6(2), 123-135, 2018.
- [7] Prasetyo A., "Model Hidrologi untuk Perhitungan Debit Puncak Banjir di Daerah Aliran Sungai," *Jurnal Sumber Daya Air*, 6(2), 123-135, 2015.
- [8] Sari R. F. & Supriyadi S., "Model Debit Aliran Permukaan untuk Perencanaan Bendung di Indonesia," *Jurnal Rekayasa*, 5(1), 12-20, 2018.
- [9] Subekti S. & Supriyadi A., "Perencanaan Bendung untuk Pengelolaan Sumber Daya Air," *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 123-135, 2015.
- [10] Triola M. F., "*Elementary Statistics*," 13 Edition, Boston: pearson, 2018.