

## **PENGARUH DEBIT ALIRAN TERHADAP KEDALAMAN GERUSAN LOKAL PADA PILAR JEMBATAN MONCONGLOE**

**Nenny<sup>1</sup>, Hamzah Al Imran<sup>2</sup>, Muhammad Syafaat S Kuba<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar*

*Email : [nennykarim@unismuh.ac.id](mailto:nennykarim@unismuh.ac.id)*

<sup>2</sup>*Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar*

*Email: [hamzahalimran@unismuh.ac.id](mailto:hamzahalimran@unismuh.ac.id)*

<sup>3</sup>*Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar*

*Email: [Syafaat\\_skuba@unismuh.ac.id](mailto:Syafaat_skuba@unismuh.ac.id)*

### **ABSTRAK**

*Runtuhnya jembatan Moncongloe sebagian besar disebabkan karena terjadinya debit banjir yang sangat besar pasca banjir tahun 2018, sehingga menyebabkan gerusan disekitar pilar jembatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan lokal pada pilar jembatan Moncongloe dan pengaruh kedalaman gerusan lokal terhadap pilar jembatan. Penelitian ini dilaksanakan di Jembatan Moncongloe pada aliran sungai Je'nelata dan secara administrasi terletak di Kecamatan Parangloe dan Desa Tamalate Kecamatan Manuju Kab. Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis terletak di 119°34'52" BT dan 5°15'52" LS sebelah utara dari Kota Makassar berjarak 20 km. Hasil penelitian ini menunjukkan dari beberapa metode yang digunakan untuk analisis gerusan, metode Lacey lebih mendekati dengan kondisi lapangan.*

**Kata Kunci :** *Debit (Q), Gerusan Lokal (ds), Pilar Jembatan*

### **PENDAHULUAN**

Sungai Jenelata merupakan anak sungai dari sungai Je'ne Berang yang memiliki suatu karakteristik terjadinya perubahan morfologi sungai pada bentuk penampang aliran. pada saat terjadinya banjir proses gerusan yang terjadi sangat besar sehingga menyebabkan runtuhnya jembatan Moncongloe, Jembatan Moncongloe merupakan salah satu infrastruktur penting, dalam mempertahankan fungsi dan kemampuan jembatan dalam melayani arus lalu lintas. Adanya pilar jembatan pada ruas sungai menyebabkan perubahan pola aliran yang menimbulkan gerusan lokal di sekitar pilar sehingga mengakibatkan penurunan elevasi dasar sungai.

Runtuhnya jembatan Moncongloe sebagian besar disebabkan terjadinya debit banjir yang sangat besar, sehingga menyebabkan terjadinya gerusan disekitar pilar jembatan.. Gerusan yang terjadi biasanya berlangsung dalam jangka waktu yang lama, karena proses ini terjadi secara bertahap sedikit demi sedikit. Prosesnya akan terlihat lebih nyata pada saat terjadi banjir besar, hal ini didasari karena saat terjadi banjir, fluktuasi air tidak lagi dapat diprediksi sehingga terjadi ketidakstabilan pada konstruksi jembatan Moncongloe. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh debit aliran dan kedalaman gerusan terhadap kedalaman gerusan lokal pada pilar jembatan Moncongloe.

**METODOLOGI**

Penelitian dilaksanakan di Jembatan Moncongloe di aliran sungai Je'ne lata secara administrasi terletak di Kecamatan Parangloe dan Desa Tamalate Kecamatan Manuju Kab. Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis terletak di 119°34'52" BT dan 5°15'52" LS sebelah utara dari Kota Makassar berjarak 20 km.



*Gambar 1. Lokasi Jembatan Desa Moncongloe*

**Jenis Penelitian dan Sumber Data**

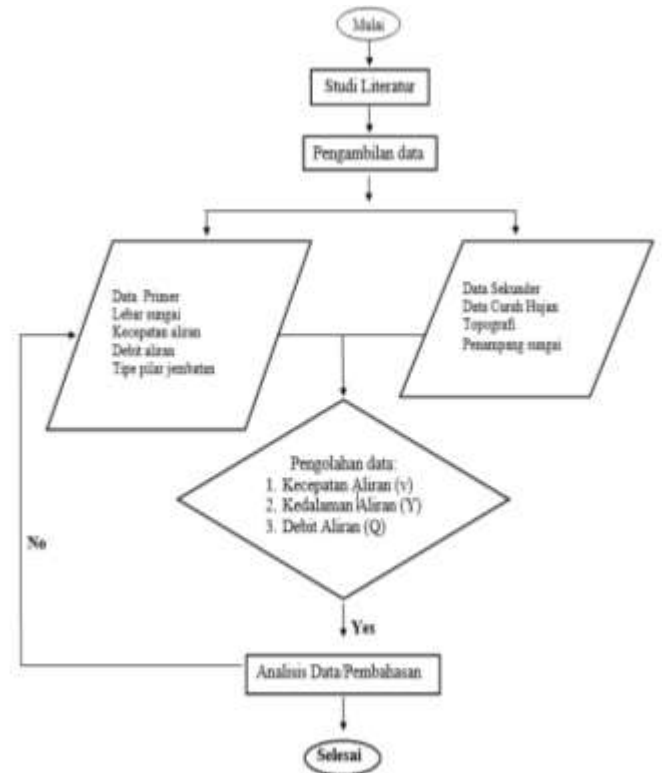
Berdasarkan permasalahan, metode penelitian yang kami lakukan yaitu penelitian lapangan dengan tujuan untuk mempelajari secara intensif latar belakang keadaan runtuhnya jembatan Moncongloe pasca banjir dan interaksi lingkungan disekitarnya.

**Sumber Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah merupakan data primer data sekunder. Data Primer meliputi lebar penampang sungai, tipe pilar, kecepatan aliran dan debit aliran. Data sekunder meliputi data curah hujan, topografi dan profil penampang sungai Je'nelata.

**Tahap Penelitian**

1. Mengetahui catchment area curah hujan di Sungai Je'nelata
2. Analisis data curah hujan debit rencana 10 tahun.
3. Analisa debit menggunakan metode statistik meliputi Metode Aritmatik (Rata-rata Aljabar), Metode Poligon Thiessen, Metode Gumbel dan Metode Log Person III
4. Analisa debit rencana dengan menggunakan metode statistik meliputi Metode HSS Nakayasu dan Metode HSS Gama I
5. Analisis gerusan lokal



*Gambar 2. Flowchart Penelitian*

**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Debit Banjir Rencana**

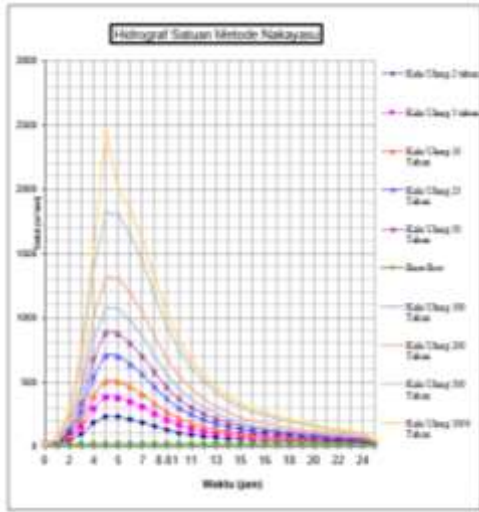
Perhitungan debit banjir rencana dengan menggunakan metode HSS Nakayasu, dapat dilihat pada pada rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana, seperti pada tabel 1 berikut ini. Dari tabel 1, rekapitulasi hasil perhitungan debit

banjir rencana metode HSS Nakayasu dapat dinyatakan bahwa debit banjir rencana maksimum periode ulang 2 tahun = 232,99 m<sup>3</sup>/dtk, periode 5 tahun = 380,74 m<sup>3</sup>/dtk, periode 10 tahun = 506,90 m<sup>3</sup>/dtk, periode 25 tahun = 702,49 m<sup>3</sup>/dtk, dan periode 50 tahun = 878,00 m<sup>3</sup>/dtk.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana metode HSS Nakayasu.

| Jam Ke      | Base flow (m <sup>3</sup> /dt) |     | Kala Ulang    |               |               |               |               |                |                |                |                |
|-------------|--------------------------------|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|             |                                |     | 2             | 5             | 10            | 25            | 50            | 100            | 200            | 500            | 1000           |
| 0           | 18,71                          | Qd0 | 18,71         | 18,71         | 18,71         | 18,71         | 18,71         | 18,71          | 18,71          | 18,71          | 18,71          |
| 1           | 18,71                          |     | 23,72         | 27,18         | 30,12         | 34,70         | 38,80         | 43,56          | 49,08          | 60,76          | 65,57          |
| 2           | 18,71                          |     | 46,45         | 65,58         | 81,92         | 107,24        | 129,97        | 156,32         | 186,90         | 251,57         | 278,19         |
| 3           | 18,71                          |     | 96,47         | 150,08        | 195,86        | 266,83        | 330,52        | 404,37         | 490,09         | 671,32         | 745,93         |
| 4           | 18,71                          |     | 182,00        | 294,60        | 390,73        | 539,79        | 673,54        | 828,64         | 1008,65        | 1389,26        | 1545,94        |
| 4,24        | 18,71                          |     | 232,99        | 380,74        | 506,90        | 702,49        | 878,00        | 1081,53        | 1317,75        | 1817,20        | 2445,97        |
| 5           | 18,71                          | Qd1 | 231,05        | 377,47        | 502,48        | 696,31        | 870,23        | 1071,92        | 1306,00        | 1800,94        | 2004,68        |
| 6           | 18,71                          |     | 212,27        | 345,73        | 459,69        | 636,37        | 794,91        | 978,76         | 1192,14        | 1643,29        | 1829,01        |
| 7           | 18,71                          |     | 187,19        | 303,36        | 402,55        | 556,34        | 694,34        | 854,37         | 1040,10        | 1432,80        | 1594,45        |
| 8           | 18,71                          |     | 155,89        | 250,48        | 331,25        | 456,47        | 568,83        | 699,13         | 850,36         | 1170,11        | 1301,73        |
| 8,81        | 18,71                          |     | 127,47        | 202,46        | 266,49        | 365,77        | 454,85        | 558,15         | 678,04         | 931,54         | 1035,90        |
| 10          | 18,71                          | Qd2 | 104,94        | 164,40        | 215,17        | 293,88        | 364,51        | 446,42         | 541,48         | 742,47         | 825,21         |
| 11          | 18,71                          |     | 88,69         | 136,93        | 178,13        | 242,00        | 299,32        | 365,78         | 442,92         | 606,02         | 673,16         |
| 12          | 18,71                          |     | 76,22         | 115,88        | 149,73        | 202,23        | 249,33        | 303,96         | 367,35         | 501,40         | 556,58         |
| 13          | 18,71                          |     | 66,53         | 99,50         | 127,65        | 171,30        | 210,47        | 255,89         | 308,60         | 420,06         | 465,94         |
| 14          | 18,71                          |     | 58,66         | 86,20         | 109,72        | 146,18        | 178,90        | 216,84         | 260,87         | 353,98         | 392,30         |
| 15          | 18,71                          |     | 52,22         | 75,32         | 95,04         | 125,63        | 153,07        | 184,89         | 221,83         | 299,93         | 332,07         |
| 15,657      | 18,71                          |     | 47,66         | 67,62         | 84,67         | 111,09        | 134,81        | 162,30         | 194,22         | 261,69         | 289,47         |
| 16          | 18,71                          | Qd3 | 44,91         | 62,97         | 78,39         | 102,31        | 123,76        | 148,64         | 177,52         | 238,58         | 263,72         |
| 17          | 18,71                          |     | 41,80         | 57,72         | 71,31         | 92,39         | 111,30        | 133,23         | 158,68         | 212,50         | 234,65         |
| 18          | 18,71                          |     | 39,10         | 53,16         | 65,17         | 83,78         | 100,48        | 119,85         | 142,33         | 189,85         | 209,42         |
| 19          | 18,71                          |     | 36,78         | 49,24         | 59,87         | 76,36         | 91,16         | 108,32         | 128,24         | 170,35         | 187,69         |
| 20          | 18,71                          |     | 34,69         | 45,70         | 55,11         | 69,69         | 82,78         | 97,95          | 115,56         | 152,80         | 168,13         |
| 21          | 18,71                          |     | 32,71         | 42,37         | 50,61         | 63,39         | 74,86         | 88,16          | 103,60         | 136,24         | 149,67         |
| 22          | 18,71                          |     | 30,98         | 39,45         | 46,67         | 57,87         | 67,93         | 79,58          | 93,11          | 121,72         | 133,49         |
| 23          | 18,71                          |     | 29,47         | 36,88         | 43,22         | 53,04         | 61,85         | 72,06          | 83,92          | 108,99         | 119,31         |
| 24          | 18,71                          |     | 28,14         | 34,64         | 40,19         | 48,80         | 56,52         | 65,47          | 75,87          | 97,84          | 106,89         |
| 0           | 18,71                          |     | 22,75         | 25,54         | 27,92         | 31,61         | 34,92         | 38,76          | 43,21          | 52,63          | 56,51          |
| <b>Qmax</b> |                                |     | <b>232,99</b> | <b>380,74</b> | <b>506,90</b> | <b>702,49</b> | <b>878,00</b> | <b>1081,53</b> | <b>1317,75</b> | <b>1817,20</b> | <b>2445,97</b> |

Grafik hidrograf banjir HSS Nakayasu dapat dilihat pada gambar 16 berikut ;



**Gambar 3.** Grafik Rekapitulasi Hidrograf Banjir Metode HSS Nakayasu

Berdasarkan gambar 3, dapat dinyatakan bahwa debit puncak pada perhitungan hidrograf banjir dengan metode HSS Nakayasu pada periode ulang 50 tahun sebesar 878,00 m<sup>3</sup>/dtk pada waktu 4,24 jam.

**Analisis Kapasitas Sungai**

Analisa dan perhitungan debit di Sungai Jenelata dibagi menjadi 2 bagian yaitu Debit normal (Q<sub>n</sub>) dan debit maksimum (Q<sub>max</sub>).

**Tabel 2.** Hasil perhitungan tampang Sungai Jenelata Kondisi debit Normal (Q<sub>n</sub>)

| NO.                    | LOKASI    | Lebar sungai (B) | kedalama sungai (h) |      | kecepatan aliran (V) |         | V <sub>Rata-rata</sub> | A <sub>Total</sub>    | Q <sub>n</sub> |
|------------------------|-----------|------------------|---------------------|------|----------------------|---------|------------------------|-----------------------|----------------|
|                        |           | m                | m                   | m    | m/detik              | m/detik | m <sup>2</sup>         | m <sup>3</sup> /detik |                |
| 1                      | STA 0+000 | 32,14            | h <sub>1</sub>      | 0,5  | V <sub>1</sub>       | 0,6     | 0,70                   | 15,54                 | 13,47          |
|                        |           |                  | h <sub>2</sub>      | 0,65 | V <sub>2</sub>       | 0,8     |                        |                       |                |
|                        |           |                  | h <sub>3</sub>      | 0,45 | V <sub>3</sub>       | 0,7     |                        |                       |                |
| 2                      | STA 0+100 | 37,74            | h <sub>1</sub>      | 0,9  | V <sub>1</sub>       | 0,8     | 0,80                   | 26,46                 | 21,17          |
|                        |           |                  | h <sub>2</sub>      | 0,8  | V <sub>2</sub>       | 0,9     |                        |                       |                |
|                        |           |                  | h <sub>3</sub>      | 0,75 | V <sub>3</sub>       | 0,7     |                        |                       |                |
| 3                      | STA 0+200 | 38,1             | h <sub>1</sub>      | 0,95 | V <sub>1</sub>       | 0,8     | 0,87                   | 27,06                 | 22,55          |
|                        |           |                  | h <sub>2</sub>      | 0,8  | V <sub>2</sub>       | 1,1     |                        |                       |                |
|                        |           |                  | h <sub>3</sub>      | 0,75 | V <sub>3</sub>       | 0,7     |                        |                       |                |
| 4                      | STA 0+300 | 45,11            | h <sub>1</sub>      | 1,02 | V <sub>1</sub>       | 0,7     | 0,80                   | 36,50                 | 29,20          |
|                        |           |                  | h <sub>2</sub>      | 1,11 | V <sub>2</sub>       | 0,9     |                        |                       |                |
|                        |           |                  | h <sub>3</sub>      | 0,71 | V <sub>3</sub>       | 0,8     |                        |                       |                |
| <b>Debit Rata-rata</b> |           |                  |                     |      |                      |         |                        | <b>21,60</b>          |                |

Jadi, dari perolehan debit diatas dapat diambil rata-ratanya sebesar 21,60 m<sup>3</sup>/dtk dengan kondisi air normal. Untuk

Perhitungan Debit Maksimum (Q<sub>max</sub>), dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan debit rata-rata.

| NO.                    | LOKASI      | B     | b     | kedalaman sungai (H) |       | A              | P      | I        | R    | V              | Q <sub>max</sub>      |
|------------------------|-------------|-------|-------|----------------------|-------|----------------|--------|----------|------|----------------|-----------------------|
|                        |             | m     | m     | m                    |       | m <sup>2</sup> | m      | m        | m    | m/detik        | m <sup>3</sup> /detik |
| 1                      | STA 0 + 000 | 85,90 | 28,70 | h <sub>1</sub>       | 7,48  | 710,04         | 114,77 | 0,000365 | 6,19 | 1,17           | 830,85                |
|                        |             |       |       | h <sub>2</sub>       | 11,72 |                |        |          |      |                |                       |
|                        |             |       |       | h <sub>3</sub>       | 8,82  |                |        |          |      |                |                       |
| 2                      | STA 0 + 100 | 91,00 | 31,11 | h <sub>1</sub>       | 7,46  | 744,62         | 119,07 | 0,000643 | 6,25 | 2,87           | 2136,17               |
|                        |             |       |       | h <sub>2</sub>       | 11,69 |                |        |          |      |                |                       |
|                        |             |       |       | h <sub>3</sub>       | 8,89  |                |        |          |      |                |                       |
| 3                      | STA 0 + 200 | 83,52 | 31,11 | h <sub>1</sub>       | 7,45  | 673,47         | 112,50 | 0,000964 | 5,99 | 3,41           | 2298,34               |
|                        |             |       |       | h <sub>2</sub>       | 11,64 |                |        |          |      |                |                       |
|                        |             |       |       | h <sub>3</sub>       | 8,46  |                |        |          |      |                |                       |
| 4                      | STA 0 + 300 | 83,81 | 40,34 | h <sub>1</sub>       | 8,52  | 726,23         | 114,41 | 0,000744 | 6,35 | 3,12           | 2263,23               |
|                        |             |       |       | h <sub>2</sub>       | 11,80 |                |        |          |      |                |                       |
|                        |             |       |       | h <sub>3</sub>       | 8,70  |                |        |          |      |                |                       |
| <b>Debit Rata-rata</b> |             |       |       |                      |       |                |        |          |      | <b>1882,15</b> |                       |

Tabel 3. Rekapitulasi hasil perhitungan.

| No | Jenis Debit                                     | Besar Debit m <sup>3</sup> /detik |
|----|---|-----------------------------------|
| 1  | Debit normal (Q <sub>n</sub> )                  | 21,60                             |
| 2  | Debit maksimum (Q <sub>max</sub> )              | 1882,15                           |
| 3  | Debit kala ulang 2 tahun (Q <sub>2</sub> )      | 232,99                            |
| 4  | Debit kala ulang 5 tahun (Q <sub>5</sub> )      | 380,74                            |
| 5  | Debit kala ulang 10 tahun (Q <sub>10</sub> )    | 506,90                            |
| 6  | Debit kala ulang 25 tahun (Q <sub>25</sub> )    | 702,49                            |
| 7  | Debit kala ulang 50 tahun (Q <sub>50</sub> )    | 878,00                            |
| 8  | Debit kala ulang 100 tahun (Q <sub>100</sub> )  | 1081,53                           |
| 9  | Debit kala ulang 200 tahun (Q <sub>200</sub> )  | 1317,75                           |
| 10 | Debit kala ulang 100 tahun (Q <sub>500</sub> )  | 1817,20                           |
| 11 | Debit kala ulang 100 tahun (Q <sub>1000</sub> ) | 2445,97                           |

**Analisis Tinggi Muka Air Sungai**

Dari hasil perhitungan debit yang di peroleh kita bisa memperhitungkan tinggi muka air sesuai dengan debit yang terjadi, adapun perhitungannya untuk memperoleh tinggi muka air sungai Jenelata adalah sebagai berikut :

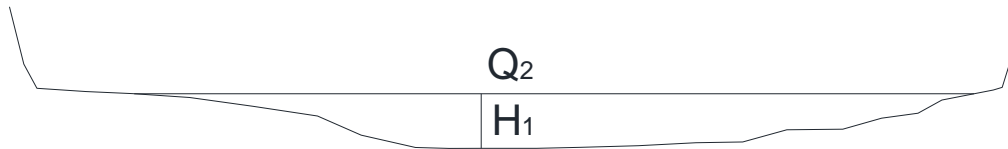
$= 4,67 m$

a. Perhitungan tinggi muka air  $Q_2$  :  
 Luas penampang sungai (A) :

$A = \frac{Q}{V} = \frac{213,34}{2,61} = 81,61m^2$

Tinggi muka air maksimai (H) :

$H1 = \sqrt{\frac{A}{n+m}} = \sqrt{\frac{81,61}{0,055 + 3,68}}$   
 $= 4,67 m$

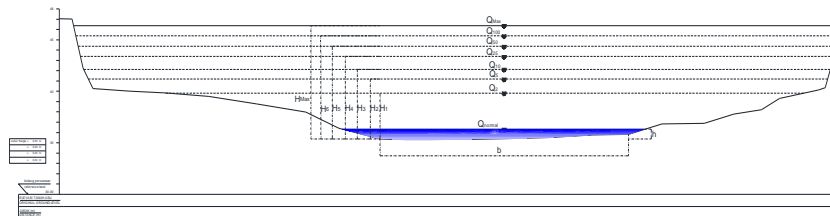


**Gambar 4.** Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 2 tahun

Tabel 4. Hasil perhitungan tinggi muka air.

| Debit      | Q           | $V_{rata-rata}$ | A      | H     |
|------------|-------------|-----------------|--------|-------|
|            | $m^3/detik$ | $m^3/detik$     | $m^2$  | m     |
| $Q_2$      | 232,99      | 2,61            | 89,12  | 4,89  |
| $Q_5$      | 380,74      | 2,61            | 145,64 | 6,25  |
| $Q_{10}$   | 506,90      | 2,61            | 193,90 | 7,21  |
| $Q_{25}$   | 702,49      | 2,61            | 268,72 | 8,48  |
| $Q_{50}$   | 878,00      | 2,61            | 335,85 | 9,48  |
| $Q_{100}$  | 1081,53     | 2,61            | 413,70 | 10,53 |
| $Q_{200}$  | 1317,75     | 2,61            | 504,06 | 11,62 |
| $Q_{500}$  | 1817,20     | 2,61            | 695,11 | 13,64 |
| $Q_{1000}$ | 2445,97     | 2,61            | 935,63 | 15,83 |

Dari hasil perhitungan diperoleh profil muka air rata-rata seperti ilustrasi penampang Sungai Jenelata pada gambar berikut :



**Gambar 5.** Profil Muka Air Sungai Jenelata Pada  $Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{25}, Q_{50}, Q_{100}, Q_{200}, Q_{500}, Q_{1000}$ .

**Analisis Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan**

Dengan menggunakan beberapa metode untuk menganalisis pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan pada pilar jembatan Moncongloe dapat dilihat grafik dibawah ini :



**Gambar 6.** Pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan lokal pada pilar jembatan

Berdasarkan gambar 6 dari hasil rekapitulasi analisis kedalaman gerusan lokal pada pilar jembatan Moncongloe dengan menggunakan beberapa metode, maka metode Lacey yang memenuhi berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode **Lacey** bahwa semakin besar debit aliran dapat mempengaruhi besarnya kedalaman gerusan lokal yang terjadi artinya debit aliran dipengaruhi oleh kondisi kedalaman gerusan lokal.

**Besarnya kedalaman gerusan lokal pada pilar jembatan dengan beberapa metode pendekatan.**

**Data debit berdasarkan kala ulang**

Tabel 4. Hasil perhitungan kedalaman gerusan metode Lacey berdasarkan data debit aliran

| Debit | Q           | $V_{rata-rata}$ | A      | H    | ds    | ds-h  | dsmax |
|-------|-------------|-----------------|--------|------|-------|-------|-------|
|       | $m^3/detik$ | $m^3/detik$     | $m^2$  | m    |       |       |       |
| Q2    | 232,99      | 2,61            | 89,12  | 3,17 | 2,274 | -0,90 | 1,14  |
| Q5    | 380,74      | 2,61            | 145,64 | 3,94 | 2,674 | -1,27 | 1,61  |
| Q10   | 506,90      | 2,61            | 193,90 | 4,47 | 2,939 | -1,53 | 1,94  |
| Q25   | 702,49      | 2,61            | 268,72 | 5,24 | 3,273 | -1,97 | 2,50  |
| Q50   | 878,00      | 2,61            | 335,85 | 5,87 | 3,523 | -2,35 | 2,98  |
| Q100  | 1081,53     | 2,61            | 413,70 | 6,25 | 3,774 | -2,48 | 3,15  |
| Q200  | 1317,75     | 2,61            | 504,06 | 7,21 | 4,028 | -3,18 | 4,04  |
| Q500  | 1817,20     | 2,61            | 695,11 | 8,24 | 4,478 | -3,76 | 4,78  |
| Q1000 | 2445,97     | 2,61            | 935,63 | 9,47 | 4,940 | -4,53 | 5,75  |

Pada metode **Lacey** dengan menggunakan data debit aliran kala ulang

dengan menggunakan kecepatan rata-rata menghasilkan kedalaman gerusan pada

debit kala ulang 2 tahun sebesar 1,14 m, pada kala ulang 5 tahun sebesar 1,61 m, pada kala ulang 10 tahun sebesar 1,94 m, pada kala ulang 25 tahun sebesar 2,50 m, pada kala ulang 50 tahun sebesar 2,98 m, pada kala ulang 100 tahun sebesar 3,15 m, pada kala ulang 200 tahun sebesar 4,04 m, pada kala ulang 500 tahun sebesar 4,78 m, dan pada kala ulang 1000 tahun sebesar 5,75 m.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan beberapa metode serta hasil analisa fisik dapat dilihat bahwa runtuhnya struktur jembatan Moncongloe saat terjadinya debit banjir metode Lacey merupakan metode yang efektif karena pada metode Lacey memperhitungkan pengaruh tikungan pada penampang sungai.

#### **PENUTUP**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan dengan menggunakan 2 jenis data yaitu debit kala ulang dan debit tahunan pada sungai Jenelata dengan kedalaman gerusan yang terjadi pada tahun 2019 sebesar 3,47 m, dan melihat kedalaman gerusan pada pilar jembatan Moncongloe sebesar 2,50 m, maka stabilitas pilar terganggu sampai mengalami keruntuhan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Aisyah, S., 2004. *Pola Gerusan Lokal di Berbagai Bentuk Pilar Akibat Adanya Variasi Debit*, Tugas Akhir, UGM : Yogyakarta.
- Asdak C., 2014, *Hidrologi dan Pengendalian Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Breuser,H.N.C., Raudkivi,A.J.,1991,"*Scouring*", IHR Hydraulic Structure Design Manual,A.A Balkema,Rotterdam.
- Chiew,Y.M.,1994,"*Riprap Protection Around A Bridge Piers*"Ninth Congres of the Asian and Pasific Division of the Internafor Association for Hydraulic Research IAHR, 3-10.
- Chow, Ven Te. (1992) . *Hidrolika Saluran Terbuka Diterjemahkan oleh* : E.V. Nensi Rosalia. Jakarta : Erlangga
- Feisal Muayyad Suma dkk. 2018, "*Analisis Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan Kuwil Kabupaten Minahasa Utara Menggunakan Metode Empiris*". Jurnal Sipil Statik Vol.6 No. 11.
- Garde,R.J and Raju,K.G.R.,1977, "*Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problem*", Willy Eastren Limited, New Delhi.
- Graf, W. H., 1998,"*Fluvial Hydraulic*", Jhon Wiley dan Sons Ltd, England.
- Graf, W.H. and Yulistiyanto,B.,1998,"*Experiments on flow Around a Cylinde; the Velocity and Vorticity Fields*",Journal of Hydraulic Research, Vol.36,637-653.
- Hardianto Bambang, dkk. 2014. *Open Channel, Closed Conduit, dan Tipe – tipe Aliran* . Universitas Islam Malang. Malang
- Kodoatie Robert J, Syarif Roestman. 2010 *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi Offset
- Legono, D., 1990 *Gerusan Pada Bangunan Sungai*, PAU Ilmu-Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Mangelsdorf, J., dan K. Scheurmann. 1980. *Flussmorphologie*. Miinchen.: R. Olden-bourg
- Miller, W., 2003. *Model for The Time Rate*



- of Local Sediment Scour At A Cylindrical Structure*, Disertasi, PPS Universitas Florida.
- Nenny, dan Hamzah Al Imran. 2014. “*Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan Lokal Disekitar Pilar Heksagonal*” (Uji Model Laboratorium). *Jurnal Hidro* Vol. 7 No 14.
- Nenny, dkk, 2014. “*Local Scour Analysis Study to Hexagonal Pillar by Using Shape Curtain Rectangler with Wedge Shape Curve (RWWSC)*”, *ARPN Journal* (Terindex Scopus), Vol. 9 No. 10 Oktober 2014
- Raudkivi,A.J. and Ettama, 1982 ,”***Scour at Bridge Piers***”, Third Congres of the Asian and Pasific Division of the International Association for Hydraulics Research IAHR, 277.
- Sosrodarsono Suyono.Masateru Tominang; penerjemah, Ir M. Yusuf Gayo, dkk, 2008.*Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta
- Triatmodjo Bambang, 2015. *Hidrolika I*. Penerbit Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Triatmodjo Bambang, 2015. *Hidrolika II*. Penerbit Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta