

Pengaruh Pilar Jembatan Ganda Topoyo Terhadap Karakteristik Aliran Model Komputasi

| Nenny Karim*¹ | Muh. Yayang Ananta Marzuki² | Rahmat² | Kasmawati¹

¹ Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

nennykarim@unismuh.ac.id
kasma08@unismuh.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

marzukirahmat5@gmail.com
yayangnanta62@gmail.com

Korespondensi

*Nenny Karim,

nennykarim@unismuh.ac.id

ABSTRAK: Karakteristik aliran yang terjadi pada sungai yang melewati pilar jembatan berpengaruh pada bentuk dari pilarnya. Pada penelitian ini adalah pengaruh pilar jembatan ganda Topoyo, terhadap karakteristik aliran di sungai Budong-budong yang masing-masing pilar memiliki bentuk pilar yang berbeda dan disimulasikan dengan software iRIC : Nays2DH 3.0. yang dibuat dan dikembangkan oleh Dr. Yasuyuki Shimizu dan Hiroshi Takebayashi di Hokkaido University, Jepang. Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah deskriptif evaluatif, yang dimana teknik pengumpulan data dengan cara studi literatur, dokumentasi hingga observasi dan pengukuran lapangan. Hasil dari pengamatan lapangan diketahui kecepatan aliran tertinggi berada pada debit 1345.93 m³/s dibagian hulu sebesar 3.25 m/s dan kecepatan aliran terendah berada pada debit 623.40 m³/s dibagian hilir sebesar 1.98 m/s. Hasil simulasi software iRIC : Nays2DH 3.0. ditunjukkan dengan skala warna pada kecepatan aliran dan angka froude serta arah aliran dengan garis anak panah (arrow). Pengaruh pilar jembatan dapat mempengaruhi karakteristik aliran yang ditunjukkan dengan variasi angka froude dan bersifat sub kritis. Berdasarkan hasil validasi antara hasil analisa pengamatan lapangan dan hasil analisa software iRIC : Nays2DH 3.0. nilai kesalahan (error) pada kecepatan aliran dengan rata-rata 4.8% dan pada angka froude dengan rata-rata 2.9%.

KATA KUNCI

Pilar, Karakteristik Aliran, iRIC : Nays2DH 3.0., Angka Froude

ABSTRACT: The flow characteristics that occur in rivers that pass through bridge pillars influence the shape of the pillars. In this research, the influence of the Topoyo double bridge pillars on the flow characteristics of the Budong-Budong river, each pillar has a different pillar shape, was simulated using iRIC software: Nays2DH 3.0. which was created and developed by Dr. Yasuyuki Shimizu and Hiroshi Takebayashi at Hokkaido University, Japan. The method used in conducting this research is descriptive evaluative, where data collection techniques involve literature studies, documentation and field observations and measurements. The results of field observations showed that the highest flow velocity was at a discharge of 1345.93 m³/s in the upstream section of 3.25 m/s and the lowest flow velocity was at a discharge of 623.40 m³/s in the downstream section of 1.98 m/s. iRIC software simulation results: Nays2DH 3.0. indicated by a color scale on the flow speed and froude number as well as the flow direction with an arrow line. The influence of bridge pillars can influence flow characteristics which are indicated by variations in the Froude number and are sub-critical. Based on validation results between field observation analysis results and iRIC software analysis results: Nays2DH 3.0. The error value in the flow velocity is an average of 4.8% and the froude number is an average of 2.9%.

Keywords : Pillars, Flow Characteristic, iRIC : Nays2DH 3.0., Froude Number

1 | PENDAHULUAN

Berdasarkan PP 38 Tentang Sungai, (2011). Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau berupa jaringan pengaliran air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Menurut Lucio Canonica (2013), menyatakan bahwa aliran saluran terbuka merupakan aliran saluran terbuka yang berada dibawah pengaruh gravitasi bumi, dimana air mengalir dari tempat yang tinggi ketempat yang lebih rendah. Menurut Ven Te Chow (1992) karakteristik aliran adalah gambaran spesifik mengenai aliran yang dicirikan oleh parameter yang berkaitan dengan keadaan topografi, tanah, geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi, dan manusia. Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan yang bebas.

Secara umum, sungai memisahkan daratan antara satu dengan daratan lain. Untuk menghubungkan daratan yang terpisah tersebut dibuatlah suatu konstruksi jembatan yang pada umumnya memiliki pilar sebagai tumpuan beban jembatan tersebut (Teuku Devansyah Putra, dkk, 2018). Dampak dari pembangunan jembatan ini secara otomatis akan mempengaruhi karakteristik aliran disekitar pilar jembatan. Karakteristik aliran yang terjadi pada sungai yang melewati pilar jembatan berpengaruh pada bentuk dari pilarnya (Ulfa Septiani & Henri, 2021). Pilar merupakan bagian struktur bawah jembatan yang terletak di tengah sungai atau yang lain dan bertumpu di atas pondasi tiang pancang untuk memikul seluruh beban dari struktur atas jembatan dan beban lain yang disebabkan oleh tekanan tanah. (Ardianto dkk, 2020). Menurut Mukti (2016) mendefinisikan pilar suatu bangunan bawah yang terletak di tengah-tengah bentang antara dua buah abutment yang berfungsi juga untuk memikul beban-beban bangunan atas dan bangunan lainnya dan meneruskannya ke pondasi serta disebarkan ke tanah dasar yang keras. Bentuk pilar akan sangat berpengaruh pada pola dan karakteristik aliran, pilar jembatan yang tidak bulat akan memberikan sudut yang lebih tajam terhadap aliran datang yang diharapkan dapat mengurangi kerusakan pada pilar ataupun perubahan morfologi sungai (Annisa Rahayu & Muh. Faisal Rudi, 2021). Menguraikan aliran melalui saluran terbuka dapat dibedakan menjadi aliran sub kritis, aliran kritis, dan aliran super kritis (Agunawan dkk, 2021 ; Bambang Triadmojo, 2008)

Pilar jembatan yang ditinjau adalah dua jembatan yang berdampingan (jembatan ganda) masing-masing memiliki bentuk pilar yang berbeda. Jembatan yang terletak di sungai Budong-budong, kecamatan Topoyo, Mamuju Tengah, Sulawesi Barat. Hal tersebut menjadi rujukan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh pilar jembatan ganda Topoyo terhadap karakteristik aliran yang akan dimodelkan dengan software iRIC : Nays2DH 3.0 yang dibuat oleh Dr. Yasuyuki Shimizu dan Hiroshi Takebayashi di Hokkaido University, Jepang.

Pemodelan adalah proses untuk membuat sebuah model dari sistem. Model adalah representasi dari sebuah bentuk nyata, sedangkan sistem adalah saling keterhubungan antar elemen yang membangun sebuah kesatuan, biasanya dibangun untuk mencapai tujuan tertentu (Annisa Rahayu & Muh. Faisal Rudi, 2021). Tujuan suatu pemodelan adalah untuk menganalisa dan memberi prediksi yang dapat mendekati kenyataan sebelum sistem di terapkan di lapangan. Kesulitan untuk memprediksi dan mengamati proses tertentu pada lapangan akan menjadi persoalannya, dimana model dapat memformulasikan sebuah proses tertentu namun tidak memungkinkan untuk melakukan analisa untuk mendapatkan solusi tepat sehingga perlu dilakukan lagi perbandingan atau validasi antara pemodelan matematik dengan kondisi lapangan (Hastuti, 2011; Mukti, 2016). iRIC Nays2DH merupakan software yang dibuat oleh Dr. Yasuyuki Shimizu (Hokkaido University) dan Hiroshi Takebayashi (Kyoto University), Jepang. Nays2DH adalah model komputasi untuk mensimulasikan aliran memanjang dua dimensi (2D), angkutan sedimen (sedimen transport), perubahan morfologi dari kedalaman dasar saluran dan erosi di sungai. iRIC Nays2DH ini merupakan gabungan dari Nays2D dan Morpho2D (Akhmad Budi Nugroho dkk, 2016).

2 | METODE

2.1 | Lokasi Penelitian

Lokasi yang diambil untuk melakukan penelitian ini berada di Sungai Budong- Budong dengan jarak ± 502 KM dari kota Makassar yang secara administratif berada di Kecamatan Topoyo, Kabupaten Mamuju Tengah, Sulawesi Barat, dengan letak geografis $2^{\circ}04'28.7''S$ $119^{\circ}17'23.7''E$. Penelitian ini dilakukan dengan waktu yang direncanakan dimulai dari studi literatur sampai pada tinjauan lokasi hingga hasil analisis data

2.2 | Rancangan Model Penelitian

2.2.1 | Jenis Penelitian

Pada penelitian ini metode yang dipakai adalah deskriptif evaluatif, yaitu metode penelitian yang mengevaluasi kondisi obyektif/apa adanya pada suatu keadaan yang sedang menjadi obyek studi (Supriharyono, 2002). Obyek studi yang dimaksud adalah sungai budong-budong disekitar pilar jembatan ganda topoyo.

2.2.2 | Teknik Pengumpulan Data

Analisis Kebutuhan data dapat dijelaskan bahwa jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Untuk memperoleh data tersebut, beberapa Teknik pengumpulan data dilakukan dengan studi literatur, dokumentasi, observasi dan pengukuran lapangan.

2.2.3 | Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan antara lain adalah alat tulis, flowatch, kamera, meter, rambu ukur, stopwatch, tali, dan benda apung.

2.3 | Prosedur Penelitian

Adapun Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini, 1) menyiapkan ala-alat yang akan digunakan, 2) Mengukur lebar sungai dengan meter, dan mengukur kedalaman sungai dengan bak ukur hingga didapatkan luas penampang sungai dengan hasil perhitungan, 3) Melakukan pengukuran pilar jembatan, 4) Mengukur tinggi muka air pada titik tinjau yang telah ditentukan sebelum dan setelah melewati pilar jembatan., 5) Pengambilan data kecepatan aliran menggunakan flow wacth pada titik tinjau yang telah ditentukan sebelum dan setelah melewati pilar jembatan, 6) Melakukan perhitungan debit dengan menggunakan nilai dari luas penampang dan kecepatan aliran yang telah di ukur sebelumnya, 7) Hasil pengambilan data di lapangan di masukkan kedalam tabel pengamatan., 8) Setiap pengambilan data didokumentasikan sebagai bukti proses penelitian.

2.4 | Analisis Data

2.4.1 | Menghitung Luas Penampang Sungai

Luas penampang sungai merupakan penjumlahan seluruh bagian penampang sungai yang diperoleh dari hasil perkalian antara internal jarak horizontal dengan kedalaman air. Luas penampang sungai dihitung berdasarkan dimensi sungai yang akan digunakan. Dengan persamaan (1) sebagai berikut (Ulfa Septiani & Henri 2021., ; Sri Harto, 2000):

$$A = h (b + m \times h) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : A = Luas Penampang (m²),
 b = Lebar Sungai (m),
 h = kedalaman aliran (m),
 m = Kemiringan tebing (vertikal : horizontal).

2.4.2 | Menghitung Debit Aliran

Debit aliran didapatkan dengan mengkalikan kecepatan aliran dengan luas penampang basah pada saluran. Dengan persamaan (2) sebagai berikut (Ven Te Chow, 1989 dalam Sudiyono dkk, 2014). :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : Q = Debit aliran, m³/det
 V = Kecepatan aliran rata-rata, m/det
 A = Luas penampang aliran, m²

2.4.3 | Menghitung Angka Froude

Angka froude berfungsi untuk mengetahui sifat aliran yang ada di sungai. jika angka froude sama dengan 1 (Fr = 1) maka aliran tersebut adalah aliran kritis. Jika angka Froude lebih kecil dari 1 (Fr < 1) maka aliran tersebut adalah aliran subkritis. Dan jika angka froude lebih besar dari 1 (Fr > 1) maka jenis alirannya adalah aliran superkritis. Dengan menggunakan persamaan (3) sebagai berikut (Ven Te Chow, 1989 dalam Sudiyono dkk, 2014).:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan: Fr = Bilangan Froude

V = Kecepatan aliran (m/det)

g = Percepatan gravitasi (m/det²)

h = Kedalaman aliran (m)

2.4.4 | Menghitung Angka Reynold

Klasifikasi aliran berdasarkan angka Reynold dapat dibedakan menjadi tiga kategori seperti berikut jika, $Re < 500$, maka termasuk aliran laminer, $500 < Re < 12.500$, maka termasuk aliran transisi, $Re > 12.500$, maka termasuk aliran turbulen. Dengan persamaan (4) sebagai berikut (Ven Te Chow, 1989 dalam Sudiyono dkk, 2014). :

$$Re = \frac{Vh}{\mu} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan: Re = Bilangan Reynold

V = Kecepatan aliran (m/det)

μ = kekentalan (viskositas) kinematic(m²/det)

h = Kedalaman aliran (m)

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 | Kebutuhan Ruang

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengumpulan data, adalah sebagai berikut :

TABEL 1 Hasil Pengumpulan Data Lapangan

| No. Ptk | sta | Kedalaman (h) | Kecepatan aliran (V) | Lebar sungai (b) |
|---------|-------|---------------|----------------------|------------------|
| | (km) | m | m/s | m |
| P66 | 8500 | 4.17 | 1.98 | 75.15 |
| P67 | 8600 | 4.31 | 2.02 | 76.03 |
| P68 | 8700 | 4.47 | 2.31 | 76.91 |
| P69 | 8800 | 4.56 | 2.36 | 77.79 |
| P70 | 8900 | 4.72 | 2.45 | 80.65 |
| P71 | 9000 | 4.81 | 2.49 | 81.89 |
| P72 | 9100 | 4.89 | 2.52 | 83.13 |
| P73 | 9200 | 4.90 | 2.53 | 88.39 |
| P74 | 9300 | 4.94 | 2.66 | 91.97 |
| P75 | 9400 | 4.97 | 2.68 | 95.61 |
| P76 | 9500 | 5.03 | 2.82 | 83.64 |
| P77 | 9600 | 5.10 | 2.92 | 79.51 |
| P78 | 9700 | 5.19 | 2.98 | 78.47 |
| P79 | 9800 | 5.27 | 3.00 | 77.43 |
| P80 | 9900 | 5.38 | 3.07 | 76.39 |
| P81 | 10000 | 5.44 | 3.17 | 75.35 |
| P82 | 10100 | 5.49 | 3.19 | 74.31 |
| P83 | 10200 | 5.61 | 3.22 | 73.27 |

| | | | | |
|-----|-------|------|------|-------|
| P84 | 10300 | 5.67 | 3.23 | 72.23 |
| P85 | 10400 | 5.79 | 3.25 | 71.19 |

Dari data berikut pilar jembatan ganda topoyo sungai budong-budong berada di antara patok P75 dan P76, sebagai berikut perhitungannya dengan aliran hulu ke hilir dimulai dari P85.

3.1.1 | Perhitungan Luas Penampang

Perhitungan luas penampang dirangkum dalam tabel, sebagai berikut :

TABEL 2 Hasil Perhitungan Luas Penampang

| No | No. Patok | Kedalaman Hidrolis (<i>h</i>) | Lebar Sungai (<i>b</i>) | Kemiringan Tebing Sungai (<i>m</i>) | Luas Penampang (<i>A</i>) |
|----|-----------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| | | m | m | | m ² |
| 1 | P85 | 5.79 | 71.19 | 0.115 | 416.03 |
| 2 | P84 | 5.67 | 72.23 | 0.113 | 413.17 |
| 3 | P83 | 5.61 | 73.27 | 0.111 | 414.54 |
| 4 | P82 | 5.49 | 74.31 | 0.109 | 411.26 |
| 5 | P81 | 5.44 | 75.35 | 0.108 | 413.11 |
| 6 | P80 | 5.38 | 76.39 | 0.107 | 414.06 |
| 7 | P79 | 5.27 | 77.43 | 0.105 | 410.96 |
| 8 | P78 | 5.19 | 78.47 | 0.103 | 410.03 |
| 9 | P77 | 5.10 | 79.51 | 0.101 | 408.14 |
| 10 | P76 | 5.03 | 83.64 | 0.100 | 423.24 |
| 11 | P75 | 4.97 | 95.61 | 0.099 | 477.63 |
| 12 | P74 | 4.94 | 91.97 | 0.098 | 456.73 |
| 13 | P73 | 4.90 | 88.39 | 0.098 | 435.46 |
| 14 | P72 | 4.89 | 83.13 | 0.097 | 408.83 |
| 15 | P71 | 4.81 | 81.89 | 0.095 | 396.10 |
| 16 | P70 | 4.72 | 80.65 | 0.093 | 382.74 |
| 17 | P69 | 4.56 | 77.79 | 0.090 | 356.60 |
| 18 | P68 | 4.47 | 76.91 | 0.088 | 345.54 |
| 19 | P67 | 4.31 | 76.03 | 0.085 | 329.26 |
| 20 | P66 | 4.17 | 75.15 | 0.042 | 314.10 |

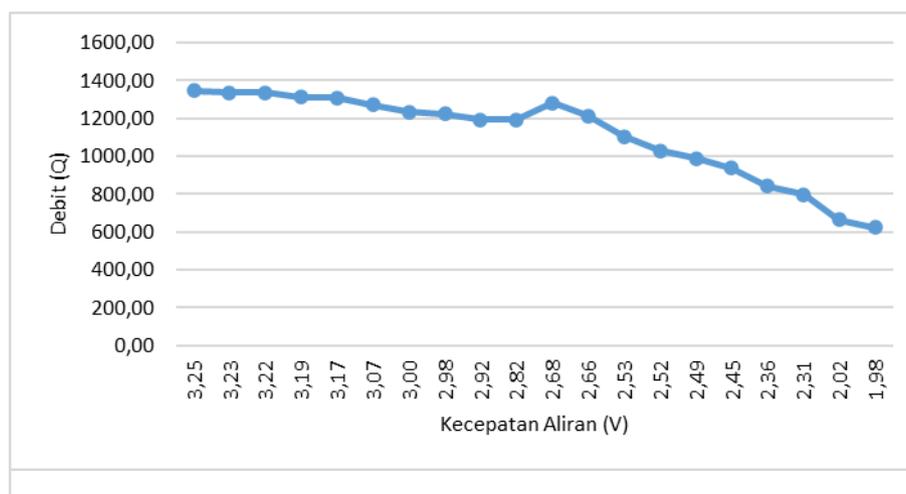
P

3.1.2 | Perhitungan Debit

Perhitungan debit dirangkum dalam tabel sebagai berikut :

TABEL 3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit

| No | No. Patok | Kecepatan Aliran (V) | Luas Penampang (A) | Debit (Q) |
|----|-----------|----------------------|--------------------|-------------------|
| | | m/s | m ² | m ³ /s |
| 1 | P85 | 3.25 | 416.03 | 1345.93 |
| 2 | P84 | 3.23 | 413.17 | 1334.73 |
| 3 | P83 | 3.22 | 414.54 | 1335.00 |
| 4 | P82 | 3.19 | 411.26 | 1312.07 |
| 5 | P81 | 3.17 | 413.11 | 1309.65 |
| 6 | P80 | 3.07 | 414.06 | 1271.32 |
| 7 | P79 | 3.00 | 410.96 | 1233.04 |
| 8 | P78 | 2.98 | 410.03 | 1223.26 |
| 9 | P77 | 2.92 | 408.14 | 1191.88 |
| 10 | P76 | 2.82 | 423.24 | 1193.63 |
| 11 | P75 | 2.68 | 477.63 | 1280.11 |
| 12 | P74 | 2.66 | 456.73 | 1213.13 |
| 13 | P73 | 2.53 | 435.46 | 1103.49 |
| 14 | P72 | 2.52 | 408.83 | 1028.25 |
| 15 | P71 | 2.49 | 396.10 | 986.77 |
| 16 | P70 | 2.45 | 382.74 | 937.46 |
| 17 | P69 | 2.36 | 356.60 | 842.77 |
| 18 | P68 | 2.31 | 345.54 | 798.32 |
| 19 | P67 | 2.02 | 329.26 | 665.56 |
| 20 | P66 | 1.98 | 314.10 | 623.40 |

**GAMBAR 1** Grafik Hubungan Antara Debit Aliran Dengan Kecepatan Aliran

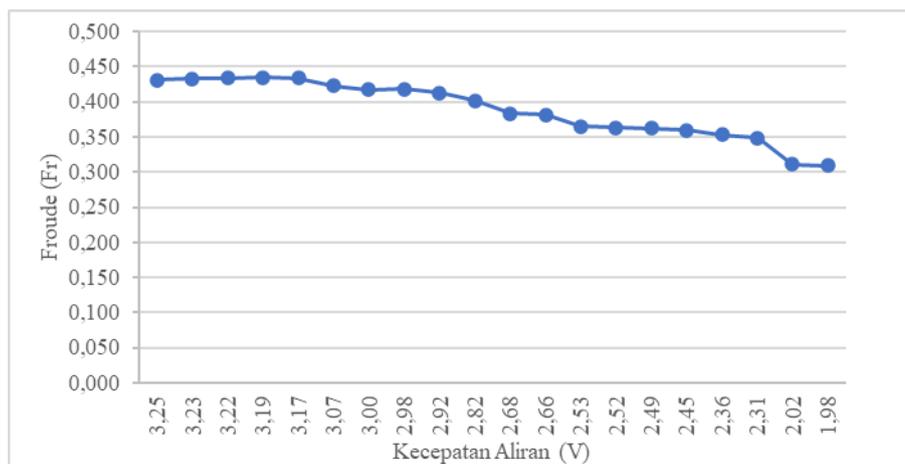
Dari gambar 1, menunjukkan aliran sungai dari hulu patok P85 = 1345.93 m³/s mengalami penurunan debit hingga pada patok P76 = 1193.63 m³/s, namun pada patok P75 = 1280.11 m³/s terjadi kenaikan debit yang disebabkan karena terdapat pilar pada area tersebut yang kemudian berangsur menurun hingga ke hilir P66 = 623.40 m³/s.

3.1.3 | Perhitungan Angka Froude

Perhitungan angka froude dirangkum dalam tabel sebagai berikut :

TABEL 4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Angka Froude

| No | No. Patok | Kedalaman Hidrolis (h) | Percepatan Gravitasi (g) | Kecepatan Aliran (V) | Froude | Keterangan |
|----|-----------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------|------------|
| | | m | m/s ² | m/s | | |
| 1 | P85 | 5.79 | 9.81 | 3.25 | 0.431 | sub kritis |
| 2 | P84 | 5.67 | 9.81 | 3.23 | 0.433 | sub kritis |
| 3 | P83 | 5.61 | 9.81 | 3.22 | 0.434 | sub kritis |
| 4 | P82 | 5.49 | 9.81 | 3.19 | 0.435 | sub kritis |
| 5 | P81 | 5.44 | 9.81 | 3.17 | 0.434 | sub kritis |
| 6 | P80 | 5.38 | 9.81 | 3.07 | 0.423 | sub kritis |
| 7 | P79 | 5.27 | 9.81 | 3.00 | 0.417 | sub kritis |
| 8 | P78 | 5.19 | 9.81 | 2.98 | 0.418 | sub kritis |
| 9 | P77 | 5.10 | 9.81 | 2.92 | 0.413 | sub kritis |
| 10 | P76 | 5.03 | 9.81 | 2.82 | 0.401 | sub kritis |
| 11 | P75 | 4.97 | 9.81 | 2.68 | 0.310 | sub kritis |
| 12 | P74 | 4.94 | 9.81 | 2.66 | 0.311 | sub kritis |
| 13 | P73 | 4.90 | 9.81 | 2.53 | 0.349 | sub kritis |
| 14 | P72 | 4.89 | 9.81 | 2.52 | 0.353 | sub kritis |
| 15 | P71 | 4.81 | 9.81 | 2.49 | 0.360 | sub kritis |
| 16 | P70 | 4.72 | 9.81 | 2.45 | 0.362 | sub kritis |
| 17 | P69 | 4.56 | 9.81 | 2.36 | 0.364 | sub kritis |
| 18 | P68 | 4.47 | 9.81 | 2.31 | 0.365 | sub kritis |
| 19 | P67 | 4.31 | 9.81 | 2.02 | 0.382 | sub kritis |
| 20 | P66 | 4.17 | 9.81 | 1.98 | 0.384 | sub kritis |



GAMBAR 2 Grafik Hubungan Antara Angka Froude dengan Kecepatan Aliran

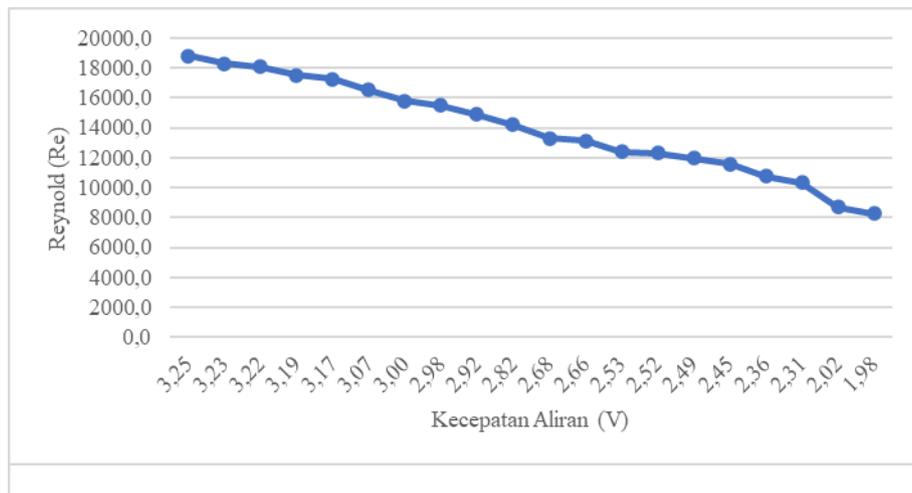
Hasil pengamatan grafik hubungan antara angka froude dengan kecepatan aliran menunjukkan bahwa angka froude dari hulu ke hilir yang seluruhnya bersifat sub kritis dengan nilai yang bervariasi dan nilai tertinggi berada di P82 = 0.435 ($fr < 1$) bersifat sub kritis. Hal ini disebabkan karena perubahan kecepatan aliran dari hulu ke hilir kecepatan alirannya semakin rendah dengan kedalaman saluran dari hulu mendekati pilar semakin dangkal hingga setelah melewati pilar.

3.1.4| Perhitungan Angka Reynold

Perhitungan angka reynold dirangkum dalam tabel, sebagai berikut :

TABEL 5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Angka Reynold

| No | No. Patok | Kedalaman Hidrolis (h) | kekentalan kinematic (μ) | Kecepatan Aliran (V) | Reynold | Keterangan |
|----|-----------|------------------------|--------------------------------|----------------------|---------|------------|
| 1 | P85 | 5.79 | 1×10^{-3} | 3.25 | 18817.5 | Turbulen |
| 2 | P84 | 5.67 | 1×10^{-3} | 3.23 | 18314.1 | Turbulen |
| 3 | P83 | 5.61 | 1×10^{-3} | 3.22 | 18064.2 | Turbulen |
| 4 | P82 | 5.49 | 1×10^{-3} | 3.19 | 17513.1 | Turbulen |
| 5 | P81 | 5.44 | 1×10^{-3} | 3.17 | 17244.8 | Turbulen |
| 6 | P80 | 5.38 | 1×10^{-3} | 3.07 | 16516.6 | Turbulen |
| 7 | P79 | 5.27 | 1×10^{-3} | 3.00 | 15810.0 | Turbulen |
| 8 | P78 | 5.19 | 1×10^{-3} | 2.98 | 15481.8 | Turbulen |
| 9 | P77 | 5.10 | 1×10^{-3} | 2.92 | 14892.0 | Turbulen |
| 10 | P76 | 5.03 | 1×10^{-3} | 2.82 | 14184.6 | Turbulen |
| 11 | P75 | 4.97 | 1×10^{-3} | 2.68 | 13319.6 | Turbulen |
| 12 | P74 | 4.94 | 1×10^{-3} | 2.66 | 13120.6 | Turbulen |
| 13 | P73 | 4.90 | 1×10^{-3} | 2.53 | 12416.6 | Transisi |
| 14 | P72 | 4.89 | 1×10^{-3} | 2.52 | 12298.4 | Transisi |
| 15 | P71 | 4.81 | 1×10^{-3} | 2.49 | 11981.7 | Transisi |
| 16 | P70 | 4.72 | 1×10^{-3} | 2.45 | 11559.3 | Transisi |
| 17 | P69 | 4.56 | 1×10^{-3} | 2.36 | 10775.3 | Transisi |
| 18 | P68 | 4.47 | 1×10^{-3} | 2.31 | 10325.7 | Transisi |
| 19 | P67 | 4.31 | 1×10^{-3} | 2.02 | 8710.5 | Transisi |
| 20 | P66 | 4.17 | 1×10^{-3} | 1.98 | 8256.6 | Transisi |



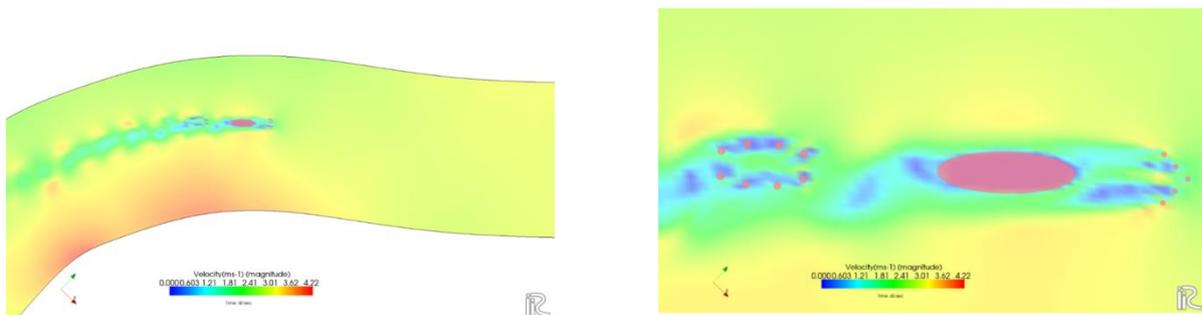
GAMBAR 3 Grafik Hubungan Antara Angka Reynold Dengan Kecepatan Aliran

Hasil pengamatan grafik hubungan antara angka Reynold terhadap kecepatan aliran menunjukkan bahwa nilai Re dari hulu ke hilir semakin rendah. Pola aliran sebelum melewati pilar mengalami turbulensi ($Re > 12500$) mulai dari P85 ke P74 kemudian mengalami perubahan pola aliran transisi ($500 < Re < 12500$) hal ini disebabkan karena adanya pilar yang mengubah pola aliran.

3.2 | Hasil Running

Pilar jembatan ganda topoyo, di sungai budong-budong memiliki dua model pilar yang masing-masing pilar dengan model silinder berdiameter 0.6 m berjumlah 8, serta pilar lainnya berbentuk elips dengan panjang 12 m dan lebar 1.5 m dengan tirai model silinder berdiameter 0.4 m, lebar sungai yang di input merupakan lebar sungai rata-rata 79.47 m. Pada simulasi ini diperlukan data debit yang diperoleh dari hasil perhitungan debit sehingga data diinput kedalam *software* dengan rentangan waktu simulasi selama 60 detik.

3.2.1 | Kecepatan Aliran (*Velocity ms-1*)



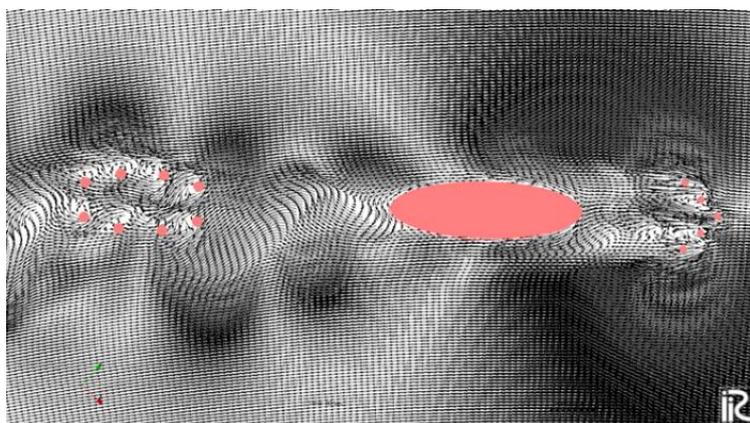
GAMBAR 4 Hasil Simulasi Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran gambar 4, pada arah hulu sungai sebelum melewati pilar terjadi akselerasi yang stabil dengan warna hujau kekuningan hingga aliran melewati tirai pilar terjadi pelambatan di area sekitar pilar dengan warna biru muda kehijauan sehingga aliran pada arah hilir sungai setelah melewati pilar kecepatan aliran mengalami kecepatan yang tidak stabil. Selain itu, pada sisi kanan pilar dan tirai sampai ke arah tebing kanan sungai mengalami percepatan yang didominasi warna hijau kekuningan dan pada sisi kiri pilar dan tirai sampai ke arah tebing kiri sungai mengalami percepatan dengan warna hijau kekuningan yang semakin kepinggir saluran percepatan aliran semakin tinggi yang ditandai dengan warna kemerahan. Nilai kecepatan aliran di sekitar pilar sangat rendah dengan deskripsi warna biru muda hingga biru tua. Kecepatan aliran gambar 4, pada arah hulu sungai sebelum melewati pilar terjadi akselerasi yang stabil dengan warna hujau kekuningan hingga aliran melewati tirai pilar terjadi pelambatan di area sekitar pilar dengan warna biru muda kehijauan sehingga aliran pada arah hilir sungai setelah melewati pilar kecepatan aliran mengalami kecepatan yang tidak stabil. Selain itu, pada sisi kanan pilar dan tirai sampai ke arah tebing kanan sungai mengalami percepatan yang didominasi warna hijau kekuningan dan pada sisi kiri pilar dan tirai sampai ke arah tebing kiri sungai mengalami percepatan dengan warna hijau kekuningan yang semakin kepinggir saluran percepatan aliran semakin tinggi yang ditandai dengan warna kemerahan. Nilai kecepatan aliran di sekitar pilar sangat rendah dengan deskripsi warna biru muda hingga biru tua.

TABEL 6 Nilai Kecepatan Aliran Berdasarkan Skala Warna

| No | Skala Warna | Nilai Kecepatan Aliran (m/s) |
|----|---------------------|------------------------------|
| 1 | Biru Tua | 0.000 |
| 2 | Biru Muda | 0.603 - 1.21 |
| 3 | Biru Muda Kehijauan | 1.21 - 1.81 |
| 4 | Hijau | 1.81 - 2.41 |
| 5 | Hijau Kekuningan | 2.41 - 3.01 |
| 6 | Kuning Kemerahan | 3.01 - 3.62 |
| 7 | Merah | 3.62 - 4.22 |

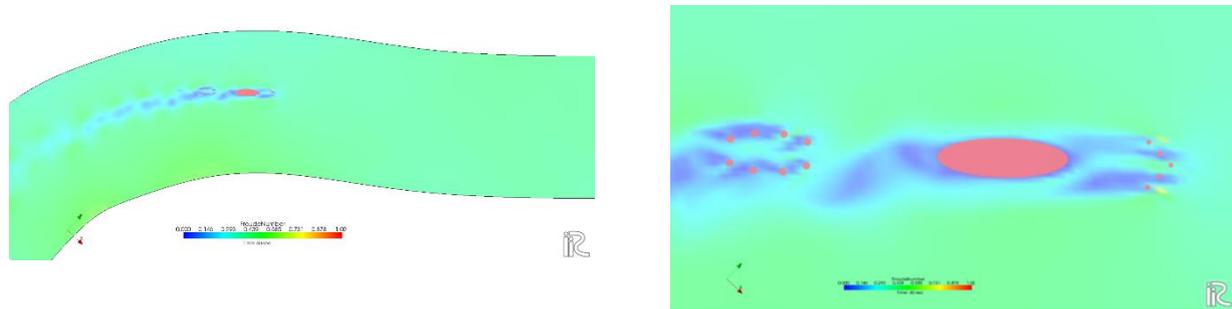
3.2.2 | Arah Aliran (*Arrow*)



GAMBAR 5 Hasil Simulasi Arah Aliran

Pada gambar 5, terlihat bahwa dari hulu sampai hilir pada tengah saluran terjadi pusaran aliran dan arah aliran menjadi berkelok-kelok. Menurut Annisa Rahayu & Faisa Rudi (2020). Adanya pilar jembatan ditengah sungai dapat menyebabkan arah aliran berbelok dan terjadinya pusaran air yang mempengaruhi keadaan aliran disungai.

3.2.3 | Angka Froude (*Froude Number*)



GAMBAR 6 Hasil Simulasi Angka Froude

Pada gambar 6, menunjukkan nilai angka Froude didominasi warna biru muda kehijauan dengan nilai 0.293 – 0.439 kemudian perubahan terjadi di area sekitar pilar dengan indikator warna biru muda hingga biru tua dengan nilai 0.00 – 0.293 hal ini menandakan bahwa tingkat kekritisian aliran berbeda-beda yang ditunjukkan dengan variasi angka froude.

TABEL 7 Nilai Froude Berdasarkan Skala Warna

| No | Skala Warna | Nilai Angka Froude (Fr) |
|----|---------------------|-------------------------|
| 1 | Biru Tua | 0.000 |
| 2 | Biru Muda | 0.146 – 0.293 |
| 3 | Biru Muda Kehijauan | 0.293 – 0.439 |
| 4 | Hijau | 0.439 – 0.585 |
| 5 | Hijau Kekuningan | 0.585 – 0.731 |
| 6 | Kuning Kemerahan | 0.731 – 0.878 |
| 7 | Merah | 0.878 – 1.02 |

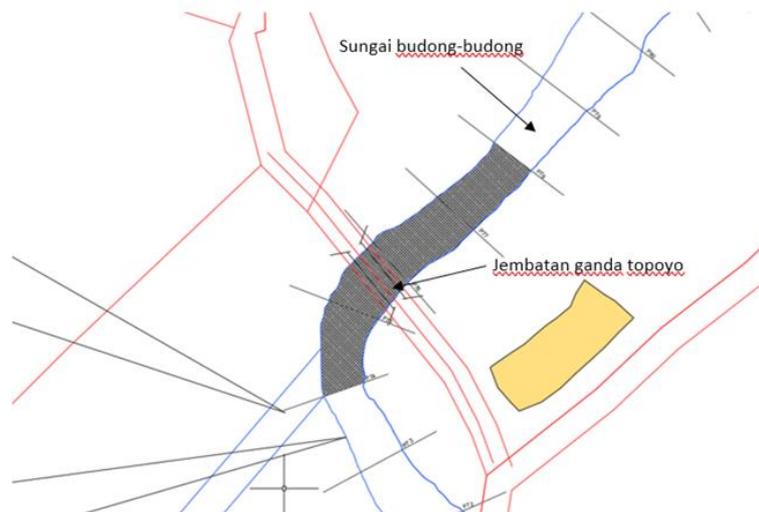
3.3| Validasi

Selisih kadar pada berbagai penentuan (X_d) harus 5% atau kurang pada konsentrasi analit prosedur yang dilakukan (Vandeweilen dkk, dalam Harmita 2014). Tingkat kesalahan (error probability) dilakukan dengan pendekatan persamaan sederhana:

$$\% \text{ Error} = (X_s - X_d) / X_d \times 100 < 5\%$$

Dengan, X_s nilai hasil simulasi dan X_d nilai hasil pengukuran

Analisis validasi permodelan iRIC:Nays2DH 3.0 yang akan ditinjau pada saluran di sekitar pilar dan tirai jembatan, yang terdapat pada P78 sampai P74 yang dapat terlihat pada gambar di bawah ini :



GAMBAR 7 Titik Pengamatan Pemodelan *iRIC:Nays2DH 3.0*

TABEL 8 Analisa Validasi Kecepatan Aliran Pemodelan *iRIC:Nays2DH 3.0* Dengan Pengukuran Lapangan

| No. | No. Patok | Kecepatan Aliran (<i>Velocity ms-1</i>) | | Nilai Error (%) |
|--------------------|-----------|---|-----------------------|-----------------|
| | | Pengukuran Lapangan | Pemodelan <i>iRIC</i> | |
| 1 | P78 | 2.983 | 3.080 | 3.3 |
| 2 | P77 | 2.920 | 3.010 | 3.1 |
| 3 | P76 | 2.820 | 2.950 | 4.6 |
| 4 | P75 | 2.680 | 2.880 | 7.5 |
| 5 | P74 | 2.656 | 2.810 | 5.8 |
| Rata - rata | | | | 4.8 |

TABEL 9 Analisa Validasi Angka Froude Pemodelan *iRIC:Nays2DH 3.0* Dengan Pengukuran Lapangan

| No. | No. Patok | Angka Froude (<i>Froude Number</i>) | | Nilai Error (%) |
|--------------------|-----------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| | | Pengukuran Lapangan | Pemodelan <i>iRIC</i> | |
| 1 | P78 | 0.418 | 0.423 | 1.2 |
| 2 | P77 | 0.413 | 0.406 | 1.7 |
| 3 | P76 | 0.401 | 0.390 | 2.9 |
| 4 | P75 | 0.384 | 0.374 | 2.6 |
| 5 | P74 | 0.382 | 0.358 | 6.2 |
| Rata - rata | | | | 2.9 |

Pada tabel analisa validasi kecepatan aliran menunjukkan bahwa terdapat nilai error dibatas maksimal pada P75 sebesar 7.5% dengan rata-rata 4.8% < 5% (aman). Sedangkan pada analisa validasi angka froude nilai error dibatas maksimal pada P74 sebesar 6.2% dengan rata-rata 2.9% < 5% (aman).

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Pengaruh pilar jembatan terhadap karakteristik aliran pada jembatan ganda topoyo, sungai budong-budong dapat mempengaruhi karakteristik aliran yang ditunjukkan dengan variasi angka froude. Karakteristik aliran disepanjang sungai P85 hingga P66 bersifat sub kritis ($Fr < 1$). Simulasi aliran dengan model komputasi *iRIC : Nays2DH 3.0* digambarkan dengan skala warna variasi angka froude didominasi

warna biru muda kehijauan dengan nilai 0.293 – 0.439 kemudian perubahan terjadi di area sekitar pilar dengan indikator warna biru muda hingga biru tua dengan nilai 0.00 – 0.293.

Data penelitian tidak diperoleh dari hasil pengukuran lapangan akan tetapi data didapatkan dari balai sungai terkait data penelitian sebaiknya dilakukan pengukuran langsung dilapangan untuk lebih memastikan keakuratan data. Proses simulasi dengan model komputasi *software iRIC : Nays2DH 3.0* perlu ditinjau kembali dengan menginput data elevasi sungai yang sesuai dengan kondisi topografi pada sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V. T. (1992). *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulic)*. Erlangga : Jakarta.
- Lucio, C. 2013, *Memahami Hidrolika Edisi Revisi*. Bandung : CV. Angkasa.
- Purnama, A., 7 Nuraini, E., (2016). *Karakteristik Aliran Pada Belokan Saluran Terbuka*. 1-13
- Putra, A. S. (2014). *Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai:Pulau Kemaro Sampai Deng Muara Sungai Komering)*. 2(3).1-7.
- Putra, T. D., Fatimah, E., & Azmeri. (2018). *Pengaruh Pilar Jembatan Pango Terhadap Pola Aliran Sungai Krue Aceh. Hidrologi, Lingkungan Dan Struktur*, 1(4), 1-14.
- Rusdiansyah, A., & Ahdianoor, F. (2019). *Kajian Model Hidrodinamika Pola Gerakan Arus Di Sungai Lokasi Jembat Martapura, Kalimantan Selatan*. 1-17.
- Sarwono. (2016). *Studi Karakteristik Gerusan Lokal Pada Tipe Pilar Jembatan*. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(1), 1-1
- Sunaryo, M. E. (2015). *Ketidakstabilan Timbunan Oprit Jembatan Akibat Dampak Perubahan Tata Guna Lahan D Pola Aliran Sungai*.1(1). 1-12.
- Yunarni, W., Badriani, R. E., & Sari, M. I. (2017). *Karakteristik Aliran Pada Flume Akibat Adanya Penyempitan D Perbedaan Jarak Ambang Tajam*.1-10.
- Fenty Daud S., Nenny T Karim., & Adrianto. (2020). *Analisa Pengaruh Tirai Sayap Beton Terhadap Pola Aliran Sekitar Pilar*. 1-15
- Ulfa Septiani., & Henri (2021). *Studi Karakteristik Aliran di Sekitar Pilar Jembatan Sungai Pappa'*. 1-17
- Annisa, R., & M., Faisal Rudi (2020). *Permodelan Aliran Pada Pilar Jembatan Model Tirai Sayap Beton Menggunakan Software iRIC*. 40-50
- Harmita., (2014). *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya*.
- Risdiyana, Setiawan., & Yuli Purwanto (2018). *Perbandingan Pengukuran Debit Sungai dengan Metode Pelampu dan Current Meter*.
- Nugroho, A.B., & Puji Harsanto (2016). *Analisis morfologi dasar sungai pada area sekitar sabo menggunakan softwa iRIC 2.3 NAYS2DH*