



Penerapan Model Parabolik Untuk Analisis Morfologi Sudetan Sungai Tekuana Pada Pekerjaan Jalan Tol Pekanbaru – Dumai Kecamatan Minas Kabupaten Siak

Bochari

Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Jalan H.R. Soebrantas Km 12,5 pekanbaru

INFO ARTIKEL

Histori artikel:

Diajukan 1 Desember 2021

Diterima dalam bentuk revisi 17

Januari 2022

Diterima terbit 18 Januari 2022

Tersedia Online 19 Januari 2022

ABSTRAK

Sungai Tekuana yang berada di ruas Minas-Kandis melintasi trase jalan tol Pekanbaru-Dumai memiliki bentuk morfologi yang berkelok kelok (*meander*). Dalam rangka memperpendek bentang jembatan untuk kebutuhan efisiensi kebutuhan infrastruktur Jalan Tol maka dilakukan pemendekan bentang jembatan dari 160 meter menjadi 80 meter dengan cara melakukan penyudetan dari Sungai Tekuana. Tujuan penelitian menetapkan perubahan morfologi sungai Takuana setelah dilakukan bangunan sudetan serta menetapkan besar nilai degradasi sungai Tekuana setelah dilakukan pembangunan Sudetan. Metode pendekatan yang digunakan adalah persamaan Parabolik dengan mendasarkan dari Persamaan Saint Venant – Exner, melakukan analisa degradasi yang terjadi setelah dilakukan sudetan pada sungai Takuana. Pada proses analisa ini, sebelumnya dilakukan perhitungan parameter aliran untuk selanjutnya dilakukan analisa dengan menggunakan model Parabolik. Kesimpulan penelitian ini 1. Perubahan morfologi Sungai berupa perubahan alur sungai, perubahan elevasi dasar sungai, perubahan penampang sungai dan juga perubahan pada pola aliran sungai. 2. Profil dasar sungai Takuana mengalami penurunan (degradasi) pada waktu 69 menit setelah sudetan. Hasil analisa menunjukkan bahwa pada waktu 69 menit setelah sudetan terjadi degradasi sebesar 0,04 m, pada waktu 1 tahun setelah sudetan akan terjadi degradasi sebesar 1,26 m, dan pada waktu 5 tahun setelah sudetan akan terjadi degradasi sebesar 2,83 m

Kata kunci: Model parabolic; Sungai Tekuana; Sudetan; Degradasai

E – MAIL

bochari@lecturer.unri.ac.id*

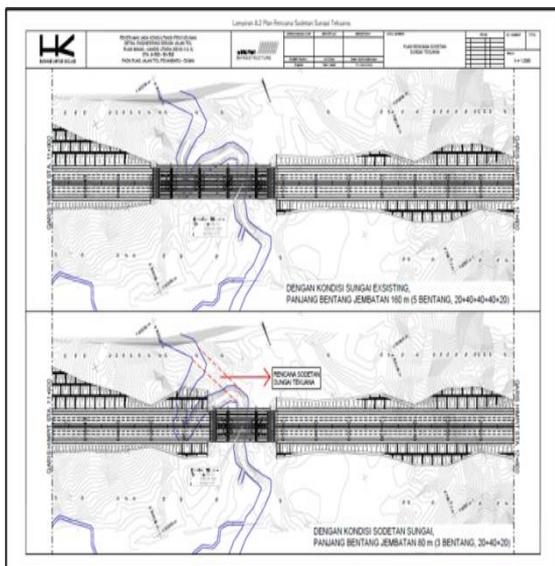
ABSTRACT

The Tekuana River, which is on the Minas-Kandis section across the route of the Pekanbaru-Dumai toll road, has a meandering morphology. In order to shorten the span of the bridge to meet the efficiency needs of the toll road infrastructure, the bridge span is shortened from 160 meters to 80 meters by slashing it from the Tekuana River. The purpose of the study was to determine the morphological changes of the Takuana river after the drainage construction was carried out and to determine the value of the degradation of the Tekuana river after the drainage construction was carried out. The approach method used is the Parabolic equation based on the Saint Venant – Exner Equation, analyzing the degradation that occurs after a drain on the Takuana river is carried out. In this analysis process, previously carried out the calculation of flow parameters for further analysis using the Parabolic model. The conclusions of this study 1. Changes in river morphology in the form of changes in river flow, changes in river bed elevation, changes in river cross-section and also changes in river flow patterns. 2. The bottom profile of the Takuana river decreased (degraded) at 69 minutes after the drain. The results of the analysis showed that at 69 minutes after the drain there was a degradation of 0.04 m, at 1 year after the drain there would be a degradation of 1.26 m, and at 5 years after the drain there would be a degradation of 2.83 m

Kata kunci: Parabolic model; Tekuana River; Sudetan; degradation

I. PENDAHULUAN

Dalam rangka percepatan pengembangan kawasan di Pulau Sumatera, diperlukan pembangunan Jalan Tol yang menghubungkan berbagai daerah di Pulau Sumatera, salah satunya adalah Jalan Tol yang menghubungkan Kota Pekanbaru dan Kota Dumai. Sungai Tekuana yang berada di ruas Minas-Kandis melintasi trase jalan tol Pekanbaru-Dumai memiliki bentuk morfologi yang berkelok kelok (*meander*). Dalam rangka memperpendek bentang jembatan untuk kebutuhan efisiensi kebutuhan infrastruktur Jalan Tol maka dilakukan pemendekan bentang jembatan dari 160 meter menjadi 80 meter dengan cara melakukan penyudetan dari Sungai Tekuana.



Gambar 1. Lokasi Short Cut di S Tekuana

Rencana sudetan juga berdampak akan adanya fenomena perubahan alur sungai yang ditandai terjadinya penembahan kecepatan aliran sungai Tekuana serta peningkatan nilai debit yang menyebabkan dasar sungai mengalami penurunan [4]. Karena adanya dampak yang terjadi akibat bangunan sudetan, maka peneliti melakukan analisis terhadap degradasi dasar sungai Tekuana dengan menggunakan pendekatan Model Parabolik Persamaan Saint Venant – Exner sehingga dapat ditetapkan nilai degradasi atau penurunan terhadap dasar sungai Tekuana setelah adanya bangunan sudetan.

Tujuan dilakukan dari penelitian ini adalah :

1. Menetapkan perubahan morfologi sungai Tekuana setelah dilakukan bangunan sudetan.
2. Menetapkan besar nilai degradasi sungai Tekuana setelah dilakukan pembangunan Sudetan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tekuana yang terletak di Desa Rantau Bertuah Kecamatan Minas Kabupaten Siak. Lokasi ini berjarak sekitar 41 km dari Kota Pekanbaru dan dapat dicapai dengan perjalanan darat kira-kira 1 jam.

Pengalihan alur sungai dalam kegiatan ini dilakukan pada salah satu tikungan (*meander*) sungai Tekuana seperti terlihat pada Gambar 1.2 di bawah ini.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Sumber: Google Earth

Secara garis besar prosedur penelitian ini meliputi identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data dan menggambarkan profil dasar sungai setelah dilakukan sudetan pada alur sungai Tekuana.

2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah akan menentukan apakah sebuah kegiatan bisa diangkat menjadi sebuah penelitian apa tidak. Permasalahan dalam penelitian ini adalah terjadinya perubahan morfologi sungai Tekuana setelah dilakukannya sudetan pada alur sungai. Dimana tujuan dilakukannya sudetan adalah untuk memperpendek panjang jembatan pada trase jalan tol yang akan melintasi alur sungai Tekuana. Identifikasi masalah secara umum bisa ditemukan melalui observasi, survey lapangan dan studi literatur.

2.2 Data Sekunder

Untuk melakukan analisis morfologi sungai terhadap degradasi yang terjadi pada dasar sungai diperlukan beberapa data sebagai keperluan analisis. Data yang diperoleh berupa data sekunder yang didapat dari penelitian sebelumnya dari PT. Utama Karya diantaranya adalah data peta lokasi penelitian, data debit rencana dan data potongan melintang sungai Takuana.

2.3 Studi Literatur

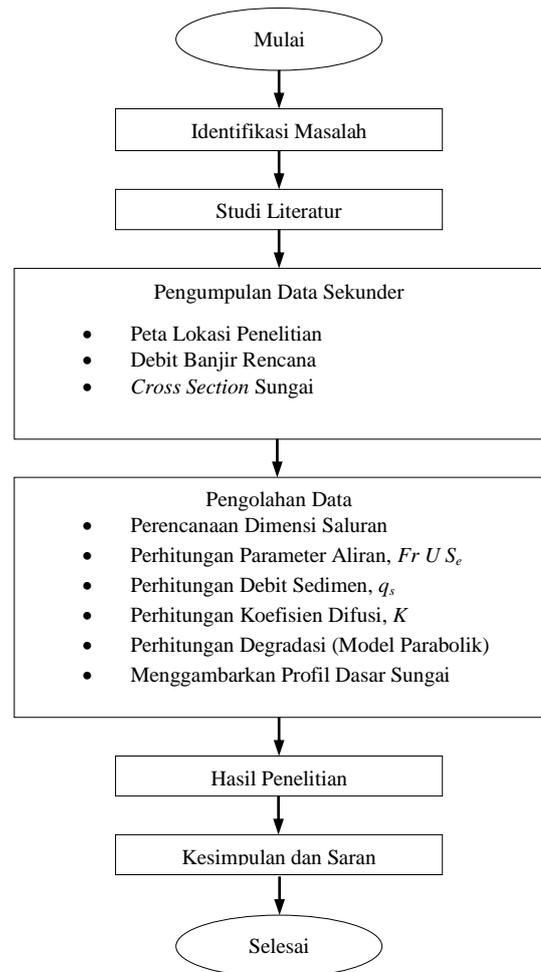
Studi literatur yaitu mempelajari dan menelaah literatur atau buku-buku dan pedoman dokumen yang berkaitan dengan perencanaan sudetan. Dari studi literatur diperoleh jurnal dan buku yang terkait dengan keperluan analisa.

2.4 Pengolahan Data

Setelah proses pengumpulan data, maka tahap yang dilakukan selanjutnya adalah pengolahan data dan pembahasan data. Dalam tahap ini penulis mengolah data yang ada dengan menggunakan model parabolic untuk menganalisa degradasi dasar sungai setelah dilakukan sudetan pada sungai Takuana.

Tahapan yang dilakukan dalam pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan dimensi saluran untuk sudetan pada sungai Takuana. Metode Konsep Energi Minimum adalah metode yang digunakan untuk perencanaan dimensi sudetan. Perhitungan dimensi untuk perencanaan sudetan dapat dilakukan dengan persamaan (1) sampai dengan persamaan (12) .
2. Selanjutnya melakukan analisa degradasi yang terjadi setelah dilakukan sudetan pada sungai Takuana. Pada proses analisa ini, sebelumnya dilakukan perhitungan parameter aliran untuk selanjutnya dilakukan analisa dengan menggunakan model Parabolik. Proses analisa dilakukan dengan persamaan (13) sampai dengan persamaan (23) .
3. Menggambarkan profil dasar sungai setelah dilakukan sudetan sebagai hasil dari analisa degradasi dasar sungai yang dilakukan.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan Sudetan

Dalam perencanaan ini, adapun parameter – parameter yang diketahui dalam keperluan perencanaan sudetan adalah :

- a. Diameter sedimen (d_{50}) = 0,51 mm
- b. Berat spesifik air (γ) = 1000 kg/m³
- c. Percepatan Gravitasi (g) = 9,81 m/det²
- d. Tegangan geser kritis (τ_c) = 0,1085 kg/m²
- e. Kemiringan Dinding Saluran (Z) = 1
- f. Debit aliran (Q) = 366 m³/det

3.2 Perhitungan Rencana Dimensi Sudetan

Pada proses perencanaan dimensi saluran yang akan dilakukan sudetan, digunakan beberapa metode yang sering disebut metode regime. Dari metode regime tersebut digunakan konsep energi minimum untuk perencanaan dimensi saluran.

3.3 Prosedur Perhitungan Perencanaan Dimensi

Pada metode konsep energi minimum ini lebar aliran sungai (B) ditentukan dengan

pemisalan. Selain lebar aliran yang dilakukan pemisalan yaitu kedalaman aliran (D). Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kemiringan (S) yang terkecil atau energi minimum. Pada perencanaan ini lebar sungai (B) dimisalkan 28 meter, dan kedalaman aliran (D) dimisalkan 2,850 m.

Berikut adalah tahap perhitungan dalam perencanaan dimensi saluran dengan menggunakan metode Konsep Energi Minimum

1. Lebar dasar sungai (b)

Perhitungan lebar dasar sungai dengan mengetahui lebar sungai (B)

$$b = B - 2 \times Z \times D$$

$$b = 28 - 2 \times 1 \times 2,850$$

$$b = 22,30 \text{ m}$$

2. Luas penampang aliran (A)

Perhitungan luas penampang aliran

$$A = b \times D + Z \times D^2$$

$$A = 22,30 \times 2,850 + 1 \times 2,850^2$$

$$A = 71,6833 \text{ m}^2$$

3. Keliling basah (P)

Perhitungan keliling basah

$$P = b + 2 \times \sqrt{1 + Z} \times D$$

$$P = 22,30 + 2 \times \sqrt{1 + 1} \times 2,850$$

$$P = b + 2 \times \sqrt{1 + Z} \times D$$

$$P = 30,3612 \text{ m}$$

4. Jari – jari hidrolis (R)

Bagian atau penampang aliran yang terkena air atau jari – jari hidrolis dihitung dengan persamaan (4).

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{71,6833}{30,3612}$$

$$R = 2,361 \text{ m}$$

5. Perhitungan c_1 , c_2 dan c_3

a. Hitung c_1

$$c_1 = \gamma^2 \times R^2$$

$$c_1 = 1000^2 \times 2,361^2$$

$$c_1 = 5574387$$

b. Hitung c_2

$$c_2 = \gamma \times R \times \tau_c ; \tau_c = 0,0061 + 0,095d$$

$$\tau_c = 0,0061 + 0,095(0.50)$$

$$\tau_c = 0,1085 \text{ kg/m}^2$$

$$c_2 = 1000 \times 2,361 \times 0,1085$$

$$c_2 = 256,17$$

c. Hitung c_3

$$c_3 = \frac{Q_s}{0,173 \times b}$$

Dimana

$$Q_s = q_s \times b = \frac{0,173}{d^{3/4}} \times \tau \times (\tau - \tau_c) \times b$$

$$\tau = \gamma \times R \times S$$

$$\tau = 1000 \times 2,361 \times 0,0017$$

$$\tau = 5,1102$$

$$Q_s = 26448,69 (\text{ft}^3/\text{s})/\text{ft}$$

$$c_3 = \frac{Q_s}{0,173 \times b}$$

$$c_3 = \frac{26448,69}{0,173 \times 22,30}$$

$$c_3 = 31,94961$$

6. Kemiringan saluran (S)

$$S = \frac{c_2 + (c_2^2 + 4 \times c_1 \times c_3)}{2 \times c_1}$$

$$S = \frac{256,17 + (256,17^2 + 4 \times 5574387 \times 31,94961)}{2 \times 5574387}$$

$$S = \frac{c_2 + (c_2^2 + 4 \times c_1 \times c_3)}{2 \times c_1}$$

$$S = 0,0020510$$

7. Kedalaman rata – rata (\check{D})

$$\check{D} = \frac{A}{B}$$

$$\check{D} = \frac{71,6833}{28}$$

$$\check{D} = 2,56$$

8. Kecepatan aliran (V)

Perhitungan kecepatan aliran menggunakan Metode Lacey

$$V = \frac{1,346}{N_a} \times \check{D}^{1/4} \times R^{1/2} \times S^{1/2}$$

dimana

$$N_a = 0,0225 \times fL^{1/4} ; fL = 1,6 \times d^{1/2}$$

$$fL = 1,6 \times (0,5)^{1/2}$$

$$fL = 1,131371$$

$$N_a = 0,0225 \times (1,131371)^{1/4}$$

$$N_a = 0,023205$$

$$V = \frac{1,346}{0,023205} \times 2,56^{1/4} \times 2,361^{1/2} \times 0,0020510^{1/2}$$

$$V = \frac{1,346}{0,023205} \times 2,56^{1/4} \times 2,361^{1/2} \times 0,0020510^{1/2}$$

$$V = 5,11 \text{ m/det}$$

9. Bilangan Froude (Fr)

Perhitungan bilangan Froude menggunakan persamaan (12) yang terlampir pada bab II.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times \frac{A}{B}}}$$

$$Fr = \frac{5,11}{\sqrt{9,81 \times \frac{71,6833}{28}}}$$

$$Fr = 1,019$$

Adapun hasil dari perencanaan dengan metode konsep energi minimum yaitu lebar aliran sungai (B) = 28 m dengan lebar dasar (b) = 22,30 m, kedalaman aliran (D) = 2,850 m dan kemiringan saluran (S) yang di dapat yaitu 0,002051. Panjang sungai sebelum dilakukan pembuatan sudetan yaitu berjarak 248,14 m dengan elevasi sungai terdalam pada bagian hulu sebesar +23,70 m dan elevasi sungai terdalam pada bagian hilir sebesar +24,00 m. Setelah adanya pembuatan sudetan, panjang sungai menjadi 175,91 m dengan elevasi sungai terdalam pada bagian hulu awal sudetan sebesar +23,40 m dan elevasi sungai terdalam pada bagian hilir sudetan sebesar +23,80 m dengan kemiringan saluran 0,002051.

3.4 Analisis Degradasi Dasar Sungai Takuana

Dengan Model Parabolik

Dalam perencanaan ini, adapun parameter – parameter yang diketahui untuk keperluan analisis degradasi sungai Takuana adalah :

- a. Lebar sungai (B) = 28 m
- b. Diameter sedimen (d_{50}) = 0,50 mm
- c. Percepatan Gravitasi (g) = 9,81 m/det²
- d. Rapat massa relative (s) = 2,7
- e. Porositas (p) = 0,25
- f. Konstanta (β) = 5
- g. Kedalaman aliran (h) = 2,850 m
- h. Debit aliran (Q) = 229 m³/det

3.5 Perhitungan Analisis Degradasi Dasar Sungai Takuana

Perhitungan degradasi menggunakan model Parabolik.

3.6 Prosedur Perhitungan Analisis

1. Deskripsi Matematis

Model parabolik didasarkan pada penyelesaian persamaan:

$$\frac{\partial z}{\partial t} - K(t) \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0$$

Dalam permasalahan degradasi dalam penelitian ini, sumbu x mengikuti dasar sungai awal dan positif ke arah hilir. Sumbu z menunjukkan variasi dasar sungai dan positif ke

arah bawah. Syarat awal dan syarat batas pada Persamaan (13) di atas adalah:

$$z(x, 0) = 0; z(0, t) = \Delta h; \lim_{x \rightarrow \infty} z(x, t) = 0$$

dengan syarat awal dan syarat batas adalah:

$$z(x, t) = \Delta h \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{x}{2\sqrt{K \cdot t}} \right]$$

2. Hitungan Aliran

Dengan anggapan aliran seragam, maka Persamaan Manning-Strickler berikut dapat dipakai untuk menghitung kemiringan garis energi.

$$U = \frac{Q}{b \cdot h} = K_s \cdot R_h^{2/3} \cdot S_e^{1/2}$$

Dalam hal ini :

$$K_s = \frac{21,1}{d_{50}^{1/6}} = 74,90 \text{ m}^{1/3}/s$$

$$d_{50} = 0,5 \text{ mm}$$

$$h = 2,85 \text{ m}$$

$$B = 28 \text{ m}$$

$$Q = 229 \text{ m}^3/s$$

$$q = \frac{Q}{B} = 8,18 \text{ m}^2/s$$

$$R_h = \frac{A}{P} = 2,37 \text{ m}$$

$$U = \frac{q}{h} = 2,87 \text{ m/s}$$

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{g \cdot h}} = \frac{2,87}{\sqrt{9,81 \cdot 2,85}} = 0,54 < 0,6$$

$$S_e = \left[\frac{U}{K_s \cdot R_h^{2/3}} \right]^2$$

$$= \left[\frac{2,87}{74,90 \cdot (3,37)^{2/3}} \right]^2 = 4,6 \times 10^{-4}$$

Dengan demikian, kemiringan garis energi pada aliran seragam tersebut setelah diperhitungkan adalah $S = 4,6 \times 10^{-4}$ dan Angka Froude $Fr = 0.54$ (< 0.6 , memenuhi syarat berlaku model parabolik).

3. Hitungan Transpor Sedimen

Debit sedimen, $q_s = C_s U h$, dihitung dengan Persamaan Graf:

$$\frac{C_s U R_h}{\sqrt{[(\rho_s - \rho)/\rho] g d_{50}^3}} = 10,39 \left\{ \frac{[(\rho_s - \rho)/\rho] d_{50}}{S_o R_h} \right\}^{-2,52}$$

$$S_s = \frac{\rho_s}{\rho_{air}} \rightarrow \rho_s = \rho_{air} \cdot S_s (\rho_{air} = \rho = 1000 \text{ kg/m}^3)$$

$$\rho_s = 2,60 \text{ t/m}^3$$

$$(\rho_s - \rho)/\rho = (2,60 - 1,00)/1,00 = 1,6$$

$$d_{50} = 0,5 \text{ mm} = 5 \times 10^{-4}$$

$$S_o = S_e = 4,6 \times 10^{-4}$$

$$C_s \cdot U \cdot R_h = 3,9 \times 10^{-5} m^2/s$$

Debit sedimen

$$q_s = C_s \cdot U \cdot h = C_s \cdot U \cdot R_h \frac{h}{R_h}$$

$$q_s = 1 \times 10^{-3} \frac{2,85}{2,37} = 1,1 \times 10^{-3} m^2/s$$

4. Koefisien Difusi

$$K_o = K = \frac{1}{3} b_s \cdot q_s \cdot \frac{1}{(1-p)} - \frac{1}{S_e^o}$$

$$S_e^o = 4,6 \times 10^{-4}; p = 0,30$$

$$(1-p) = 0,70$$

$$b_s = 2 \times \beta \quad (b_s = \text{konstanta})$$

$$= 2 \times 2,25 = 5$$

$$K_o = K = \frac{1}{3} \cdot 5 \cdot 1,1 \times 10^{-3} \cdot \frac{1}{0,70}$$

$$- \frac{1}{4,6 \times 10^{-4}} = 5,240 m^2/s$$

5. Waktu Sampai Dengan Pencapaian Degradasi

$$z = 0,4 \Delta h$$

Jangka waktu proses degradasi dari awal sampai dengan $z = 0,4 \Delta h$

$$z(x, t) = \Delta h \cdot \text{erfc} \left[\frac{x}{2\sqrt{K \cdot t}} \right] \rightarrow \text{erfc}(Y) = 0,4$$

Nilai Y tersebut dapat ditemukan dengan mudah dalam tabel erfc. Apabila tabel erfc tidak tersedia, fasilitas perintah “ERFC(...)” dan “GoalSeek” yang ada di dalam MS Excel. Dengan demikian, waktu antara proses awal degradasi sampai dengan dicapainya elevasi dasar sungai $z = 0,4 \Delta h$ adalah:

$$Y \cong 0,6 = \left[\frac{x}{2\sqrt{K \cdot t}} \right] \rightarrow t \cong \frac{x^2}{4Y^2 K}$$

$$\cong \frac{x^2}{1,44 K}$$

Di titik $x = L = 175$ m, elevasi dasar sungai $z = 0,4 \Delta h$ dicapai pada waktu:

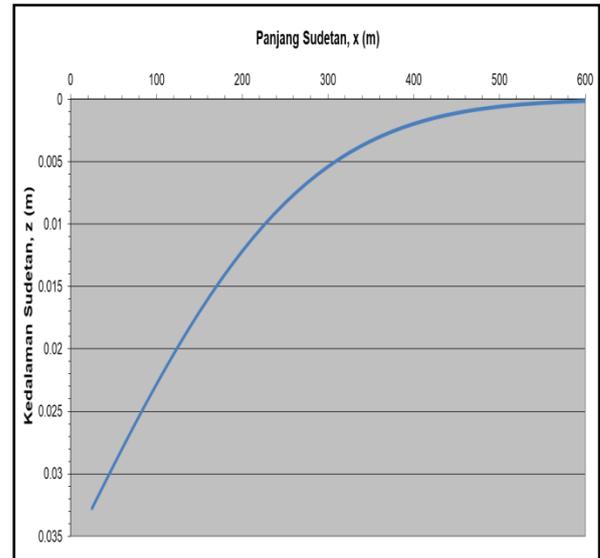
$$t = \frac{(1,75 \times 10^2)^2}{1,44 \times 5,240} = 4,14 \times 10^3 s \cong 69 \text{ menit}$$

Dengan demikian $z = 0,4 \cdot \Delta h = 0,0014$ m.

3.5 Hasil Analisis Degradasi di Sungai Takuana

Dari hasil analisis degradasi yang telah dilakukan, maka diperoleh profil dasar sungai Tekuana dalam waktu 69 menit setelah dilakukan sudetan. Hasil analisis degradasi pada 69 menit setelah sodetan akan terjadi degradasi dari analisis adalah sebesar 0,04 m. Dengan cara yang sama, maka diperkirakan juga profil dasar sungai untuk waktu 1 tahun dan 5 tahun setelah dilakukan sudetan. Pada 1 tahun setelah sodetan akan terjadi degradasi sebesar 1,26 m. Pada 5 tahun setelah

sodetan akan terjadi degradasi sebesar 2,83 m. Dari hasil analisis degradasi dapat digambarkan profil dasar sungai dan penurunan dasar sungai yang dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Profil Dasar Sungai Pada Waktu 69 Menit Setelah Sudetan

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa telah terjadi degradasi atau penurunan dasar sungai setelah 69 menit setelah sudetan. Pada panjang sungai setelah sudetan 175 m terlihat penurunan dasar sungai sebesar 0,014 m

Dengan cara yang sama, dilakukan analisa untuk mengetahui kondisi profil sungai untuk waktu 1 tahun dan 5 tahun setelah sudetan. Penurunan dasar sungai pada waktu tersebut dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini.

IV KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis degradasi pada sungai Takuana, dapat disimpulkan :

1. Perubahan morfologi Sungai Tekuana setelah dilakukan sudetan adalah berupa perubahan alur sungai, perubahan elevasi dasar sungai, perubahan penampang sungai dan juga perubahan pada pola aliran sungai.
2. Profil dasar sungai Takuana mengalami penurunan (degradasi) pada waktu 69 menit setelah sudetan.
3. Hasil analisa menunjukkan bahwa pada waktu 69 menit setelah sudetan terjadi degradasi sebesar 0,04 m, pada waktu 1 tahun setelah sudetan akan terjadi degradasi sebesar 1,26 m, dan pada waktu 5 tahun setelah sudetan akan terjadi degradasi sebesar 2,83 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aldriani, S., et al, “Kajian Morfologi Sungai Lau Borus Di Kabupaten Karo Akibat Aliran Lahar Dingin Pasca Erupsi Gunungapi Sinabung”. *Jurnal Tunas Geografi*. 6 (1) : 74-87, 2017.
- [2] Anna, A. N., & Cholil, M. “Analisis Morfologi dan Morfostruktur Serta Pengaruhnya Terhadap Luapan Banjir Sungai Bengawan Solo Hulu Tengah”,. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2015.
- [3] Chandra, M, M., & Umboro, L, “Studi Angkutan Sedimen Sudetan Pelangwot Sedayu Lawas Sungai Bengawan Solo”. *Jurnal Teknik Pomits*. 2 (3) : 253-258, 2013.
- [4] Fariza, R., et al, “Analisis Tegangan Geser pada Sudetan Wonosari Sungai Bengawan Solo”. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*. 1 (1) 289-296, 2017.
- [5] Halim, F., “Aplikasi Metode Konsep Regime Pada Perencanaan Sudetan di Sungai Sairo”. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. 1 (1) : 47-60, 2011.
- [6] Imam, S., “Degradasi Dasar Sungai”. *Jurnal Teodolita*. 9 (1) : 47-57, 2008.
- [7] Istiarto, “*Degradasi Agradasi Dasar Sungai*”. *Universitas Gajah Mada Yogyakarta*, 2007.
- [8] Kotoatio, R., “*Rakayasa Dan Manajemen Banjir*”. Yogyakarta: Andi, 2013.
- [9] Kurnia, O. U. “Analisis Sedimentasi Pada Muara Sungai Komering Kota Palembang”. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2 (2) : 209-215, 2014.
- [10] Nayapada, A. R., et al, “Perencanaan Sudetan Untuk Penanggulangan Gerusan Tebing Di Sungai Lusi”. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 4 (4). 21-11, 2015.
- [11] Roby, H., & Yayuk, A., “Studi Karakteristik dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng Kabupaten Bangka Barat”. *Jurnal Fropil*. 4 (2) : 165-174, 2016.