

PAPER NAME

2.pdf

AUTHOR

Nanang Saiful Rizal

WORD COUNT

5081 Words

CHARACTER COUNT

26970 Characters

PAGE COUNT

11 Pages

FILE SIZE

2.2MB

SUBMISSION DATE

Dec 27, 2022 8:40 AM GMT+7

REPORT DATE

Dec 27, 2022 8:41 AM GMT+7

● 10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 8% Internet database
- Crossref database
- 5% Submitted Works database
- 4% Publications database
- Crossref Posted Content database

● Excluded from Similarity Report

- Bibliographic material
- Cited material
- Manually excluded sources
- Quoted material
- Small Matches (Less than 10 words)

8 discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/366528702>

PENENTUAN FAKTOR KOREKSI PANJANG LONCATAN HIDROLIK PADA BENDUNG DENGAN KOLAM PEREDAM ENERGI TIPE BUCKET

Article · June 2019

DOI: 10.32679/jth

CITATIONS

0

2 authors, including:



Nanang Saiful Rizal

Universitas Muhammadiyah Jember

4

PUBLICATIONS 10 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Tyrolean Weir [View project](#)



Struktur Bangunan [View project](#)



PENENTUAN FAKTOR KOREKSI PANJANG LONCATAN HIDROLIK PADA BENDUNG DENGAN KOLAM PEREDAM ENERGI TIPE BUCKET

DETERMINATION OF THE CORRECTION FACTOR OF THE HYDRAULIC JUMP ON WEIR WITH BUCKET TYPE STILLING BAZIN

Nanang Saiful Rizal¹⁾*, Aditya Surya Manggala²⁾

1), 2) Departemen Of Civil Engineering, Uonviversity Of Muhammadiyah Jember, Jl Karimata 49, Jember, Indonesia

*Correspondent E-Mail : nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

ABSTRACT

Flow attenuation downstream of the weir can be done with flat and bucket types of stilling basin. If the planned weir is more than 10 meters high and the river transports rock material, then the rock layer is strong enough to choose a bucket type stilling basin. One of the effectiveness of energy dissipation is determined by the value of the hydraulic jump length (L_j). In the bucket type still basin, the radius (R) greatly affects the length of the hydraulic jump. In planning the bucket type stilling basin according to the USBR standard, the Froude number (Fr) value is calculated first, from the USBR graph the minimum radius of the bucket (R_{min}) can be calculated so that the water level downstream of the bucket (T_{min} and T_{Max}) is obtained. The R_{min} graph developed by USBR is strongly influenced by the analytically calculated downstream speed without validation. The purpose of this study is to obtain the bucket radius (R) according to the downstream velocity value which is validated from the physical model test so that the jump length correction factor is obtained which is influenced by the bucket radius, then this value can be used as a reference in determining the length or area of the security area. downstream of the river so as not to be eroded by water when a flood occurs. Physical model test was carried out with flume length 4.1 m, flume width 0.15 m and flume height 0.24 m. Furthermore, 3 variations of the radius of the stilling basin were made, namely $R_1 = 6$ cm, $R_2 = 7$ cm and $R_3 = 8$ cm and then flowed water with 27 experimental variations. Then the water level above the weir crest was measured (H_d), when jumping (y_1), after jumping (y_2) and the length of the hydraulic jump (L_j). After analyzing the relationship between variables, it was found that the water height when jumping (y_1) and Froude number (Fr) are factors that affect the hydraulic length (L_j) in bucket type stilling basin. By modifying the Silvester equation ($\sigma = 3.0$ and $= 1.17$) the hydraulic jump length is close to the observed results with the relative error rate $E = 25.8\%$, $NSE = 0.9$, $MAE = 6.0$ and $RMSE = 3.1$.

Keywords: stilling basin, bucket type, hydraulic jump, froude number

ABSTRAK

Peredaman aliran pada hilir bendung dapat dilakukan dengan tipe kolam olak datar dan bucket. Jika bendung yang direncanakan tingginya lebih dari 10 meter dan sungai mengangkut material batu-batu kemudian lapisan batuan cukup kuat dapat dipilih kolam olak tipe bucket. Efektifitas peredaman energi salahsatunya ditentukan oleh nilai panjang loncatan hidrolis (L_j). Pada kolam olak tipe bucket, jari-jari (R) sangat mempengaruhi panjang loncatan hidrolis, tinggi muka air diatas bendung dan kedalaman lantai peredam energi. Dalam perencanaan kolam olak tipe bucket menurut standar USBR dihitung terlebih dahulu nilai bilangan Froude (Fr), dari grafik USBR dapat dihitung jari-jari minimum bucket (R_{min}) sehingga diperoleh tinggi air bagian hilir bucket (T_{min} dan T_{Maks}). Grafik R_{min} yang dikembangkan USBR sangat dipengaruhi oleh kecepatan hilir yang dihitung secara analitis tanpa validasi. Adapun tujuan penelitian ini memperoleh jari-jari bucket (R) sesuai nilai kecepatan hilir yang divalidasi dari uji model fisik sehingga diperoleh faktor koreksi panjang loncatan yang dipengaruhi oleh jari-jari bucket, selanjutnya nilai tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan panjang atau luas area pengamanan hilir sungai agar tidak tergerus air saat terjadi banjir. Uji model fisik dilakukan dengan flume panjang flume 4,1 m, lebar flume 0,15 m dan tinggi flume 0,24 m. Selanjutnya dibuat 3 variasi jari-jari kolam olak yaitu $R_1 = 6$ cm, $R_2 = 7$ cm dan $R_3 = 8$ cm kemudian dialirkan air dengan 27 variasi percobaan. Kemudian diukur tinggi muka air diatas mercu bendung (H_d), saat meloncat (y_1), setelah meloncat (y_2) dan panjang loncatan hidrolis (L_j). Setelah dilakukan analisa hubungan antar variabel, didapatkan hasil bahwa tinggi air saat meloncat (y_1) dan bilangan Froude (Fr) adalah faktor yang mempengaruhi panjang hidrolis (L_j) pada kolam olak tipe bucket. Dengan memodifikasi persamaan Silvester ($\sigma = 3,0$ dan $\eta = 1,17$) diperoleh panjang loncatan hidrolis yang mendekati hasil observasi dengan tingkat kesalahan relatif $\Delta E = 25,8\%$, $NSE = 0,9$, $MAE = 6,0$ dan $RMSE = 3,1$.

Kata kunci: Kolam olak, tipe bucket, loncatan hidrolis, bilangan froude

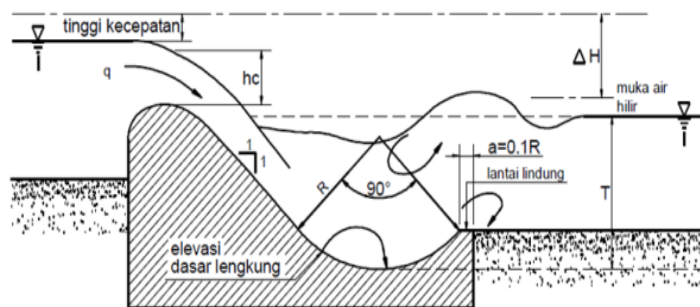
PENDAHULUAN

10 Kolam olak merupakan bagian dari bendung yang berfungsi sebagai peredam energi termasuk untuk menghindari gerusan lokal pada bagian hilirnya (Moghadam & Amini, 2019) dan (Eghbalzadeh et al., 2016). Jika bendung atau spillway yang direncanakan tingginya lebih dari 10 meter dan mengangkut material batu serta lapisan batuan yang kuat (nilai koefisien gesekan $f > 7$ dan $SPT > 20$) (Sosrodarsono, S., Takeda, K., 1989) agar efisien dapat dipilih kolam olak tipe bucket. Pemilihan kolam olak tipe bucket disamping meredam energi juga untuk menghindari gerusan pada sungai yang terletak pada hilir bendung (Eklund, 2017). Pada kolam olak tipe bucket, sudut bucket atau jari-jari (R) dan tinggi jatuh air dari mercu bendung sangat mempengaruhi peredaman energi (Jorabloo, M., Maghsoodi, R., Sarkardeh, 2011). Pada beberapa kasus di beberapa negara (Cina dan Prancis), kolam olak tipe bucket sangat efektif memecahkan masalah gerusan dasar sungai. Sebagai contoh pada pembangunan spillway di Pembangkit Listrik Tenaga Air Huangdeng, Cina (D. Mao, F. Zhang, X. Zhong, and M. Lv, 2016) termasuk juga proyek hidrolis Dordogne yang telah dilakukan di Prancis (R. Maitre, S. Obolensky, 1954).

Pada beberapa kali uji model fisik di laboratorium yang dilakukan para peneliti, menyimpulkan kolam olak tipe bucket juga dapat melindungi bukan hanya dasar sungai dari erosi tapi juga tebingnya (J. Wang, J. Deng, L. Lv, 2017). Demikian pula uji model fisik di laboratorium yang dilakukan oleh Maitre dan Obolenski (R. Maitre, S. Obolensky, 1954). termasuk penelitian yang dilakukan Rohne dan Peterka telah menghasilkan rancangan flip bucket yang lebih baik (T.J. Rhone, 1959) Namun Pemanfaatan kolam olak tipe bucket perlu diuji lagi dengan melakukan pemodelan-pemodelan hidrolis yang menyesuaikan dengan kondisi teknis setempat (Sosrodarsono, S. Takeda, 1980) agar efektifitasnya dapat ditingkatkan lagi terutama

dalam mengatasi masalah-masalah praktis di lapangan. Bilangan Froude merupakan salahsatu penentu dalam perencanaan kolam olak tipe bucket (Narayanan R, 1981) dan (Farhoudi, 2010). Penentuan jari-jari bucket (R) dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan nilai Bilangan Froude (Fr) terhadap Jari-jari minimum (Rmin) dari sebuah kolam olak. Kemudian dari grafik hubungan F dan R dapat dihitung tinggi muka air bagian hilir, baik yang maksimum (Tmax) maupun yang minimum (Tmin). Adapun panjang loncatan hidrolis belum ditentukan persamaannya (Sosrodarsono, S. Takeda, 1980), maka untuk keperluan praktis perencanaan digunakan persamaan yang sudah ada tapi bukan khusus kolam olak tipe bucket, seperti persamaan dari USBR, Silvester (1964), Woyeski (1931) dan Smetana (1933) dengan 3 variabel yang menentukan yaitu Bilangan Froude (Fr), tinggi air saat meloncat (y_1) dan tinggi air setelah meloncat (y_2).

Panjang loncatan (Lj) salahsatu penentu efektifitas peredaman energi pada kolam olak tipe bucket (Schiebe, 1971). Kajian terhadap kolam olak tipe bucket menjadi penting, karena di Indonesia terdapat beberapa bendung yang menggunakan kolam olak tipe bucket. Jika panjang loncatan hidrolis (Lj) tidak dapat dirumuskan dengan baik tentu akan menghambat dalam perencanaan maupun perbaikan hidrolis kolam olak tipe bucket yang mengalami kerusakan. Melalui sebuah uji model fisik akan diketahui tingkat kesalahan dari persamaan tersebut diatas, sehingga dapat dirancang faktor koreksi terhadap persamaan panjang loncatan hidrolis (Lj) dan jari-jari (R) sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1. Adapun tujuan penelitian ini untuk mendapatkan faktor koreksi panjang loncatan (Lj) yang dipengaruhi oleh jari-jari kolam bucket (R), selanjutnya nilai tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan panjang atau luas area pengamanan hilir sungai agar tidak tergerus air saat terjadi banjir.

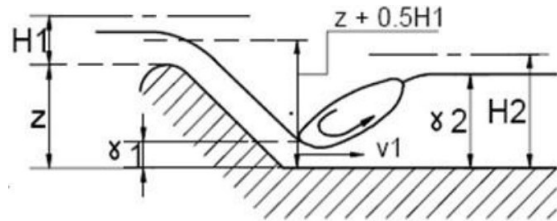


Gambar 1 Prilaku hidrolis bucket dengan jari-jari (R) maksimum

1 [DOI: https://doi.org/10.32679/jth](https://doi.org/10.32679/jth)
 © Bintek SDA, Dirjen SDA, Kementerian PUPR Naskah ini di bawah kebijakan akses terbuka dengan lisensi CC-BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

METODOLOGI

3 Aliran saluran terbuka dapat digolongkan berdasarkan pada berbagai kriteria, salah satu kriteria utama adalah perubahan kedalaman aliran (h) terhadap waktu (t) dan terhadap tempat (s).



Gambar 2. Kecepatan loncatan air

Debit yang mengalir dalam sebuah saluran dinyatakan dalam :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(1)$$

Nilai energi spesifik pada sebuah saluran dinyatakan dalam :

$$E = \frac{v^2}{2g} + y \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan kecepatan awal saat air akan meloncat dinyatakan dalam :

$$V_1 = \sqrt{2g(\frac{1}{2}H_1 + z)} \dots\dots\dots(3)$$

Sedangkan kondisi aliran saat air akan meloncat dinyatakan dalam bilangan Froude sebagai berikut :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \dots\dots\dots(4)$$

Panjang loncat air (Lj) merupakan jarak dihitung pada saat loncatan pertama air di sebuah referensi pada bagian paling hilir dari loncatan. Jarak loncatan belum mendapatkan akurasi yang baik secara teoritis karena terdapat kesalahan dalam pengukuran panjang loncat air. Hal ini terjadi diantaranya tingkat kesukaran penentuan ujung batas sisi hilir yang tingkat akurasinya tinggi, sehingga para ilmuwan melakukan uji model fisik di laboratorium. Dengan melakukan model fisik yang mencari pengaruh Bilangan Froude, jarak loncatan hidrolis, tinggi air dibagian upstream loncatan dan tinggi air di downstream setelah loncatan. Mengacu pada teori yang disampaikan oleh beberapa ahli sebagai berikut (Sosrodarsono, S. Takeda, 1980) :

1. Menurut Woyeski (1931) panjang loncatan air yang didefinisikan sebagai berikut :

$$L_j = [C_j - 0,05 \left(\frac{y_2}{y_1}\right)] (y_2 - y_1) \dots\dots\dots(5)$$

Lj merupakan panjang loncatan air, Cj merupakan nilai konstanta (Cj = 8), y1 tinggi air di upstream loncatan dan y2 tinggi air di downstream loncatan.

2. Rajaratman dan USBR telah menghasilkan pengaruh antara dasar saluran hampir horizontal dengan panjang loncatan air pada saluran persegi empat sebagai berikut:

$$L_j = C_j (y_2 - y_1) \dots\dots\dots(6)$$

Lj merupakan panjang loncatan, Cj koefisien nilainya sekitar 5 - 7, y1 tinggi air pada upstream loncatan dan y2 tinggi air pada downstream loncatan.

3. Smetana (1933), untuk panjang loncatan didefinisikan :

$$L_j = C_j (y_2 - y_1) \dots\dots\dots(7)$$

Lj merupakan panjang loncatan air, Cj adalah nilai konstanta (Cj = 6), y1 merupakan tinggi air di upstream loncatan dan y2 merupakan tinggi air di downstream loncatan.

4. Silvester (1964), adalah loncatan yang didefinisikan :

$$\frac{L_j}{y_1} = \sigma (Fr - 1)^\eta \dots\dots\dots(8)$$

Lj merupakan panjang loncatan air, h1 tinggi air di upstream loncatan dan Fr adalah Bilangan Froude saat loncatan sedangkan nilai η dan nilai σ merupakan koefisien yang tergantung bentuk pada saluran : a) Saluran penampang segi empat σ adalah 0,75 sedangkan η adalah 1,01, b) Saluran penampang segitiga memiliki σ adalah 4,26 sedangkan η adalah 0,69, c) Saluran penampang trapesium nilai σ serta η yang tergantung kemiringan dinding saluran.

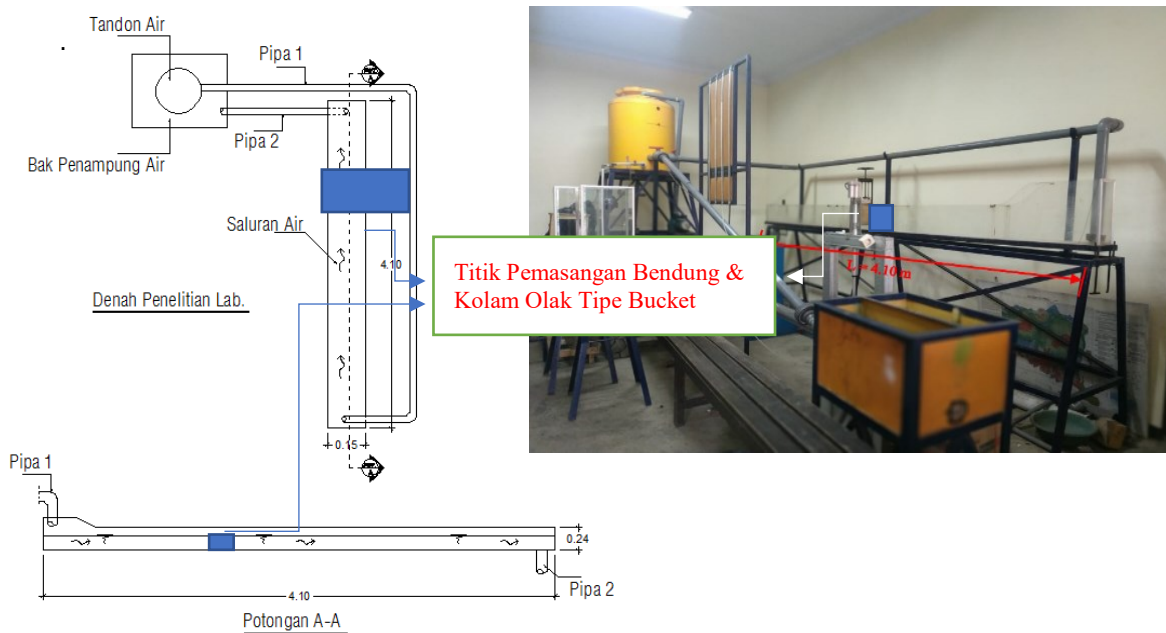
Pada prinsipnya pada kolam olak tipe bucket, jari-jari bucket (R) pasti sangat mempengaruhi panjang loncatan hidrolis (Lj). Untuk keperluan praktis perencanaan perlu diuji dengan model fisik jika ada ketidaksesuaian perlu ditambahkan angka koreksi. Pada persamaan (5) telah diuraikan nilai Cj antara 5-7 tapi belum diuraikan ketentuan penggunaan nilai Cj tersebut. Dalam persamaan yang dikembangkan oleh USBR, panjang loncatan hidrolis (Lj) dipengaruhi oleh tinggi air saat akan

meloncat (y_1) dan tinggi muka air di hilir saat meloncat (y_2). Hal yang sama juga disampaikan oleh Woyeski (1931) dan Smetana (1933). Namun hal berbeda disampaikan oleh Woyeski (1931), yaitu dalam menentukan panjang loncatan (L_j) pada persamaan (7) telah menentukan nilai $C_j = 8$, sedangkan Smetana (1933) pada persamaan (8) telah menentukan nilai $C_j = 6$.

Berbeda dengan persamaan yang dikembangkan oleh Silvester (1964), panjang loncatan hidrolik (L_j) dipengaruhi oleh Bilangan Froude (Fr) dan kedalaman air di hulu loncat air (y_1). Maka jika rumus Silvester digunakan dalam menghitung panjang loncatan hidrolik (L_j), juga harus diberikan faktor angka koreksi juga. Adapun nilai koefisien σ dan η ditentukan berdasarkan bentuk saluran belum diuraikan secara detail bagaimana kalo persamaan (6) akan digunakan untuk kolam olak tipe bucket.

Untuk menunjang hal ini perlu dilakukan sebuah model fisik yang menggambarkan

hubungan tinggi muka air saat akan meloncat (y_1), saat setelah meloncat (y_2) terhadap panjang loncatan hidrolik yang terjadi (L_j). Maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan faktor koreksi panjang loncatan yang dipengaruhi oleh jari-jari kolam olak tipe bucket dengan melakukan uji model fisik di Laboratorium Hidrolika Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember pada sebuah flume dengan panjang flume 4,1 m, lebar flume 0,15 m dan tinggi flume 0,24 m kemudian flum dialiri dengan 27 kali variasi percobaan. Adapun denah model fisik yang dilakukan disajikan dalam gambar 3. Bendung dibuat lengkap dengan kolam olak tipe bucket dengan 3 variasi jari-jari kolam olak yaitu $R_1 = 6$ cm, $R_2 = 7$ cm dan $R_3 = 8$ cm. Untuk mempermudah dalam pembuatan model fisik, maka bendung dibuat dengan bahan terpisah nanti dirangkai dengan kolam olakan dengan 3 variasi jari-jari bucket.



Gambar 3. Denah model fisik dan potongan memanjang

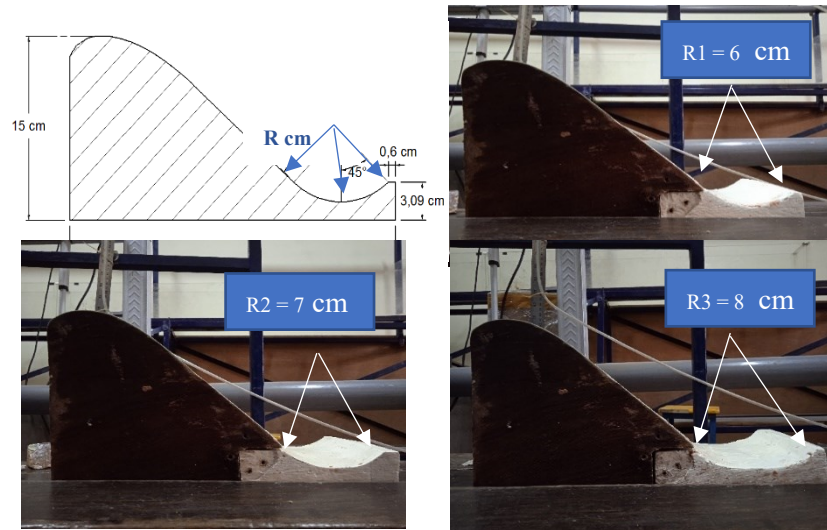
Selanjutnya dialirkan air pada masing-masing jari-jari bucket dengan 9 macam variasi debit ($0,6 \text{ cm}^3/\text{det}$, $1,2 \text{ cm}^3/\text{det}$, $2 \text{ cm}^3/\text{det}$, $3 \text{ cm}^3/\text{det}$, $3,6 \text{ cm}^3/\text{det}$, $3,8 \text{ cm}^3/\text{det}$, $4 \text{ cm}^3/\text{det}$, $4,5 \text{ cm}^3/\text{det}$, $5 \text{ cm}^3/\text{det}$). Kemudian diukur tinggi muka air di atas mercu bendung (H_d), tinggi muka air di hilir bendung (y_2) dan panjang loncatan hidrolik yang terjadi (L_j) menggunakan point gauge dan mistar ukur yang hasilnya disajikan dalam bentuk tabel untuk memudahkan proses perhitungan dan analisis. Adapun prototipe bendung lengkap dengan kolam olak tipe bucket disajikan pada gambar 4.

Perhitungan yang dilakukan, meliputi perhitungan kecepatan air saat akan meloncat (v_1), tinggi air saat akan meloncat (y_1) dan nilai bilangan Froude saat air akan meloncat (Fr). Selanjutnya dibuat grafik untuk menunjukkan hubungan antara :

- Pengaruh debit aliran (Q) terhadap panjang loncatan hidrolik (L_j)
- Pengaruh tinggi saat akan meloncat (y_1) terhadap Panjang loncatan hidrolik (L_j),
- Pengaruh bilangan Froude (Fr) terhadap Panjang loncatan hidrolik (L_j).

Selanjutnya pengaruh variabel Q , y_1 dan Fr terhadap loncatan hidrolis (L_j) dibandingkan dengan persamaan (5), (6), (7) dan (8). Persamaan yang paling bersesuaian selanjutnya

dioptimasi untuk mendapatkan faktor koreksinya, adapun penentuan nilai R dilakukan berdasarkan tinggi bendung sebab nilai R sangat dipengaruhi oleh tinggi bendung.



Gambar 4. Prototipe bendung dan variasi R kolam olak tipe bucket

Uji akurasi model diperlukan agar tingkat akurasi model yang dihasilkan dalam penelitian ini apakah sudah memenuhi kaidah-kaidah dalam statistika. Untuk uji akurasi model dilakukan dengan 3 jenis uji dengan uraian sebagai berikut :

1. Uji Nash Sutcliffe Efficiency (NSE).

NSE adalah statistik yang dinormalkan untuk menentukan besarnya variansi residual (noise) relatif dibandingkan dengan variansi data terukur (informasi). NSE menunjukkan seberapa baik plot data pengamatan dan simulasi sesuai dengan garis 1 : 1. NSE dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2}$$

dengan :

S_i = Data model

O_i = Data observasi (amatan)

\bar{O}_i = Rata-rata data observasi

Effisiensi NSE berkisar antara minus infinity atau minus tak terbatas sampai dengan 1. Pada prinsipnya, NSE mendekati 1, semakin akurat modelnya.

- a. $NSE = 1$, menunjukkan kecocokan antara model dengan data yang diamati
- b. $NSE = 0$, menunjukkan bahwa prediksi model sama akuratnya dengan rata-rata amatan.

- c. $-\infty < NSE < 0$, menunjukkan bahwa rata-rata data amatan adalah prediktor yang lebih baik daripada model.

2. Mean Absolute Error (MAE)

Dalam statistik, Parameter Mean Absolute Error (MAE) adalah kuantitas yang digunakan untuk mengukur seberapa dekat perkiraan atau prediksi terhadap data amatan. MAE adalah rerata kesalahan absolut pada data model terhadap data amatan. Rata-rata kesalahan absolut menggunakan sebuah skala yang sama pada data yang diukur. Hal ini dianggap sebagai pengukuran ketepatan yang bergantung pada skala dan oleh karena itu tidak dapat dimanfaatkan dalam membuat perbandingan bagian seri dengan skala yang tidak sama. MAE dihitung dengan persamaan berikut :

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |S_i - O_i|$$

dengan :

S_i = Data model

O_i = Data observasi (amatan)

N = Jumlah data

3. Root Mean Square Error (RMSE).

RMSE merupakan metode alternatif untuk mengevaluasi sebuah peramalan yang diterapkan dalam mengukur akurasi hasil prakiraan pada sebuah model. RMSE adalah nilai rerata dari sejumlah kuadrat sebuah kesalahan, juga dapat digunakan untuk menyatakan ukuran besaran pada kesalahan yang dihasilkan dalam model perkiraan. Nilai RMSE yang rendah atau mendekati nol menunjukkan adanya variasi nilai yang telah dihasilkan oleh suatu model perkiraan yang mendekati variasi sebuah observasinya. RMSE dihitung dengan persamaan berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}$$

dengan :

S_i = Data model

O_i = Data observasi (amatan)

n = Jumlah data

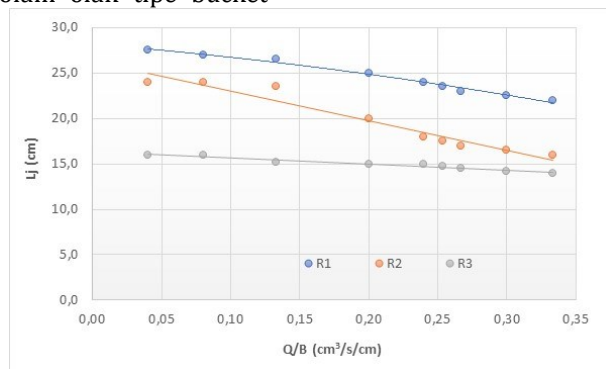
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji model fisik selanjutnya dilakukan perhitungan kecepatan aliran saat akan meloncat (v_1), tinggi air saat akan meloncat (y_1) dan nilai bilangan froude saat air akan meloncat (Fr). Selanjutnya dari hasil perhitungan dibuat analisa hubungan antara debit aliran (Q) dengan panjang loncatan hidrolis (L_j) yang disajikan pada grafik dalam gambar 5. Berdasarkan gambar 5, menunjukkan bahwa semakin besar debit aliran yang terjadi maka loncatan hidrolisnya semakin pendek, terutama pada kolam olak tipe bucket

dengan jari-jari agak besar ($R_3=8$ cm) panjang loncatan hidrolisnya hanya 14 cm.

Adapun loncatan hidrolis terpanjang terjadi pada jari-jari paling kecil ($R_1=6$ cm) dengan panjang loncatan hidrolis sampai dengan 27,5 cm. Berarti saat terjadi debit aliran yang kecil dengan jari-jari yang kecil menimbulkan loncatan air yang paling panjang. Pada debit aliran yang sangat kecil ada kecenderungan panjang loncatan hidrolis pada $R_1=6$ cm hampir sama dengan $R_2=7$ cm, sebaliknya debit aliran yang agak besar ada kecenderungan panjang loncatan hidrolis pada $R_2=7$ cm hampir sama dengan $R_3=8$ cm. Secara umum pada $R_1=6$ cm dan $R_3=8$ cm, trend penurunan panjang loncatan hidrolis hampir sama membentuk garis miring agak datar, namun pada $R_2=7$ cm cenderung membentuk garis yang agak miring.

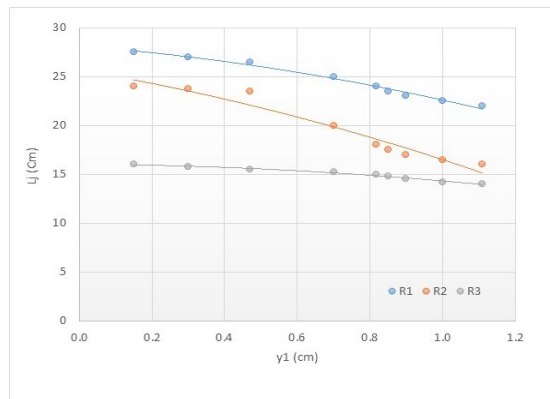
Namun debit aliran juga dipengaruhi oleh kecepatan dan luas penampang saluran terutama pada saat air meloncat. Pada saat air akan meloncat kecepatan aliran semakin meningkat hal ini berakibat tinggi muka air saat meloncat akan mengalami penurunan. Pada saat meloncat dengan kecepatan yang tinggi air akan menyentuh kolam olak tipe bucket dengan bidang yang melengkung, maka saat jatuh terdorong ke atas setinggi air akan meloncat melewati endsill dari kolam olak. Jadi panjang loncatan hidrolis (L_j) ini diawali dari sentuhan terhadap bidang lengkung, tentu pada bidang lengkung dengan jari-jari bucket kecil pantulannya semakin tinggi dan panjang. Peristiwa ini tidak akan berlaku saat jari-jari bucket maksimum sebagaimana dijelaskan pada gambar 1 (saat terjadi aliran tenggelam pada bagian hilir bendung).



Gambar 5 Grafik hubungan Q/B dan L_j

Maka agar lebih spesifik perlu ditinjau pula pengaruh tinggi saat akan meloncat (y_1) terhadap panjang loncatan hidrolis (L_j) pada berbagai variasi jari-jari dari bucket (R) yang hasilnya disajikan pada gambar 6. Berdasarkan gambar 6, terlihat bahwa panjang loncatan hidrolis (L_j) berbanding terbalik terhadap tinggi air diatas mercu bendung. Semakin tinggi nilai y_1 maka panjang loncatan (L_j) semakin rendah. Pada

$R_1=6$ cm penurunannya cenderung drastis membentuk garis lurus sementara pada jari-jari $R_1=7$ cm juga turun drastis tapi cenderung membentuk garis lengkung. Namun pada jari-jari bucket $R_3=8$ cm, cenderung tinggi air tidak mempengaruhi panjang loncatan hidrolis (L_j). Artinya semakin besar jari-jari kolam maka loncatan hidrolisnya cenderung tetap.



Gambar 6 Grafik hubungan y_1 dan L_j

Pada saat y_1 sangat kecil ada kecenderungan panjang loncatan hidrolik pada $R_1=6$ cm hampir sama dengan $R_2=7$ cm, sebaliknya y_1 agak besar ada kecenderungan panjang loncatan hidrolik pada $R_2=7$ cm hampir sama dengan $R_3=8$ cm. Secara umum pada $R_1=6$ cm dan $R_3=8$ cm, trend penurunan panjang loncatan hidrolik hampir sama membentuk garis miring agak datar, namun pada $R_2=7$ cm cenderung membentuk garis yang agak miring. Pada persamaan sebelumnya diuraikan ada pengaruh tinggi air di bagian hilir (y_2), namun setelah melakukan uji model fisik pada kolam

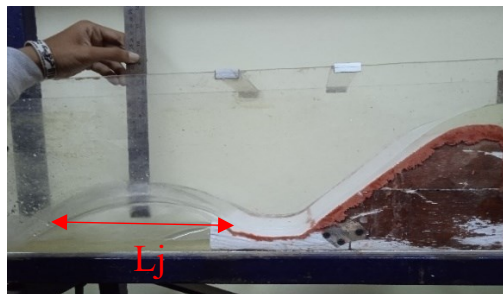
olak tipe bucket terlihat bahwa tidak ada pengaruh aliran dari hilir karena posisi endsil sangat tinggi sebagaimana disajikan dalam gambar 7. Pada debit yang agak tinggi hal yang sama juga terjadi juga, aliran di hilir tidak mengalami backwater ke arah hulu. Namun jika jari-jari bucket (R) cukup besar ada kemungkinan terjadi aliran tenggelam sehingga tinggi air di hilir pasti mempengaruhi bagian hulu sebagaimana disajikan pada gambar 1. Sehingga perlu didefinisikan batas maksimal atau range nilai R dalam membuat sebuah kolam olak dengan tipe bucket (R).



(a). Profil aliran saat $R_1 = 6$ cm



(b). Profil aliran saat $R_2 = 7$ cm



(c). Profil aliran saat $R_3 = 8$ cm

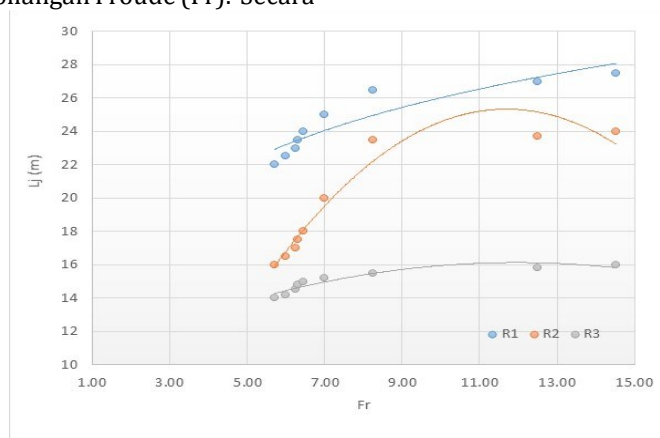
Gambar 7 Profil aliran pada kolam olak tipe bucket pada berbagai variasi R

Berdasarkan pada teori-teori yang ada ternyata panjang loncatan (L_j) bukan hanya dipengaruhi

oleh tinggi air saat meloncat dan setelah meloncat namun dipengaruhi oleh karakteristik aliran saat

meloncat yang disajikan dalam bentuk bilangan Froude. Adapun hubungan antara bilangan Froude saat meloncat (Fr_1) dengan panjang loncatan hidrolis (L_j) disajikan pada gambar 8. Bilangan Froude (Fr) mempengaruhi terhadap panjang loncatan hidrolis baik pada jari-hari $R_1 = 6$ cm, $R_2 = 7$ cm maupun $R_3 = 8$ cm. Namun pada $R_3 = 8$ cm naiknya cenderung datar sementara pada $R_2 = 7$ cm naik signifikan membentuk sebuah parabolik, hal ini juga terjadi pada $R_1 = 6$ cm namun kenaikan tidak signifikan seperti pada $R_2 = 7$ cm. Pada saat bilangan froude mencapai nilai $Fr = 12$ cenderung loncatannya stabil dan menurun. Hal ini menunjukkan bahwa ada batas maksimum dari nilai bilangan Froude (Fr). Secara

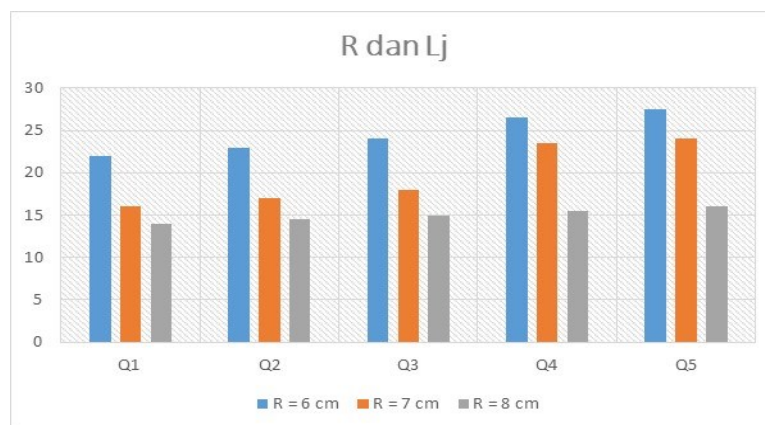
umum semakin tinggi nilai Fr maka cenderung panjang loncatan semakin tinggi. Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan (Khani et al., 2017) efek peredaman meningkat ketika kedalaman muka air meningkat dan bilangan froude menurun. Berdasarkan gambar 8, sekaligus menjelaskan bahwa pada saat jari-jari bucket (R) optimal maka bilangan Froude (Fr) tidak terus naik namun mengalami titik balik atau penurunan. Penurunan nilai Fr berarti kekritisitas aliran menurun sehingga efek gerusan semakin kecil yang berarti peredaman energi yang dilakukan semakin optimal.



Gambar 8 Grafik hubungan Fr dan L_j

Faktor jari—jari bucket perlu diperhatikan juga, yaitu nilainya tidak boleh terlalu tinggi karena tidak memberikan efek terhadap panjang loncatan hidrolis yang terjadi, sebagaimana dilustrasikan dalam gambar 9. Untuk keperluan aplikasi lapangan disarankan pemakaian nilai

jari-jari bucket lebih rendah dari beda tinggi air di bagian hulu dan hilir bendung dengan kolam olakan tipe bucket sehingga persamaan panjang loncatan hidrolis (L_j) pada kolam olak tipe bucket dapat digunakan.



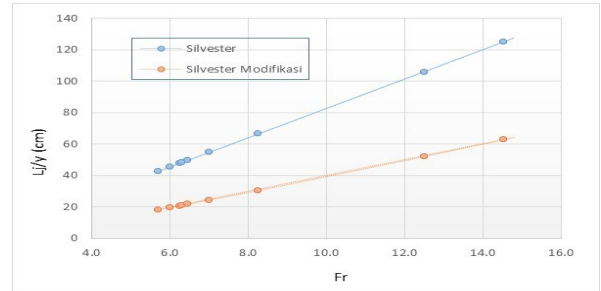
Gambar 9 Grafik hubungan R dan L_j

Hasil uji model fisik yang telah dilakukan lebih bersesuaian dengan persamaan (6) bahwa panjang loncatan hidrolis tidak hanya dipengaruhi oleh nilai y_1 , namun juga nilai Fr , persamaan tersebut :

$$\frac{L_j}{y_1} = \sigma (Fr - 1)^\eta \dots\dots\dots(6)$$

Dalam persamaan ini tidak ada penjelasan bagaimana jika persamaan tersebut diterapkan pada kolam olak tipe bucket. Dalam penjelasannya hanya diterangkan ada nilai η serta nilai σ merupakan koefisien yang tergantung dari bentuk saluran. Dalam uji model fisik ini menggunakan saluran persegi empat maka jika diterapkan persamaan (6) diperoleh $\eta = 1,01$ serta $\sigma = 9,75$ dan η sebesar 1,01. Apabila dibandingkan dengan hasil uji model fisik masih memiliki kesalahan relatif, NSE, MAE dan RMSE yang masih besar. Selanjutnya dilakukan optimasi terhadap nilai σ dan nilai η pada rumus Silvester agar mendapatkan kesalahan relatif, NSE, MAE, RMSE yang lebih kecil yang hasil akhirnya disajikan pada

tabel 1. Dari hasil modifikasi nilai σ sebesar 3,0 dan η sebesar 1,17, kesalahan relatif sudah menurun dari 110% menjadi 25,8%. Adapun nilai NSE = 0,9, Nilai MAE = 6 dan RMSE = 3,1. Untuk melihat perbedaan persamaan Silvester dengan Silvester Modifikasi dibuat grafik hubungan antara L_j/Y dengan Fr sebagaimana disajikan pada gambar 10.



Gambar 10 Hubungan L_j/Y dengan Fr pada Silvester dan Silvester Modifikasi

Tabel 1 Perbandingan L_j Observasi, Silvester & Modifikasi

No	Obs L_j (cm)	y_1 (cm)	Fr	Silvester		Silvester Modifikasi					
				$\sigma = 9.75$		$\eta = 1.01$		$\sigma = 3$		$\eta = 1.17$	
				Lj (cm)	ΔE (%)	Parameter	Lj (cm)	ΔE (%)	Parameter	Parameter	
1	22.0	1.1	5.7	47.6	116.4			20.3	7.6		
2	22.5	1.0	6.0	45.7	103.2			19.7	12.4		
3	23.0	0.9	6.2	43.1	87.4			18.7	18.6		
4	23.5	0.9	6.3	41.2	75.4			17.9	23.6		
5	24.0	0.8	6.5	40.8	69.8			17.8	25.7		
6	25.0	0.7	7.0	38.5	53.9			17.1	31.7		
7	26.5	0.5	8.2	31.3	18.1			14.3	46.0		
8	27.0	0.3	12.5	31.8	17.8			15.7	41.9		
9	27.5	0.1	14.5	18.7	32.2			9.4	65.7		
10	16.0	1.1	5.7	47.6	197.6			20.3	27.0		
11	16.5	1.0	6.0	45.7	177.2			19.7	19.5		
12	17.0	0.9	6.2	43.1	153.6	ΔE (%)	108.5	18.7	10.2	ΔE (%)	25.8
13	17.5	0.9	6.3	41.2	135.6	NSE	-18.8	17.9	2.5	NSE	0.9
14	18.0	0.8	6.5	40.8	126.5	MAE	19.0	17.8	1.0	MAE	6.0
15	20.0	0.7	7.0	38.5	92.4	RMSE	19.8	17.1	14.6	RMSE	3.1
16	23.5	0.5	8.2	31.3	33.2			14.3	39.1		
17	23.7	0.3	12.5	31.8	34.3			15.7	33.9		
18	24.0	0.1	14.5	18.7	22.3			9.4	60.7		
19	14.0	1.1	5.7	47.6	240.1			20.3	45.2		
20	14.2	1.0	6.0	45.7	222.0			19.7	38.9		
21	14.5	0.9	6.2	43.1	197.3			18.7	29.2		
22	14.8	0.9	6.3	41.2	178.6			17.9	21.2		
23	15.0	0.8	6.5	40.8	171.7			17.8	18.8		
24	15.2	0.7	7.0	38.5	153.2			17.1	12.4		
25	15.5	0.5	8.2	31.3	101.9			14.3	7.6		
26	15.8	0.3	12.5	31.8	101.4			15.7	0.8		
27	16.0	0.1	14.5	18.7	16.6			9.4	41.0		

KESIMPULAN

Dengan mengacu pada tujuan penelitian dan berdasarkan perhitungan dan hasil analisa diatas, bahwa persamaan panjang loncatan hidrolis (L_j) pada kolam olak tipe bucket yang telah dibandingkan dengan hasil uji model fisik di laboratorium

ternyata dipengaruhi oleh tinggi air saat meloncat (y_1) dan bilangan froude (Fr). Selanjutnya dari hasil penelitian ini diperoleh hasil bahwa faktor koreksi panjang loncatan (L_j) yang dipengaruhi oleh jari-jari kolam bucket (R), diperoleh dengan memodifikasi nilai σ menjadi 3,0 dan nilai η

menjadi 1,17 sehingga persamaan Silvester Modifikasi menjadi :

$$\frac{L_j}{Y_1} = 3,0 (Fr - 1)^{1,17} \dots\dots\dots (9)$$

Persamaan diatas dapat digunakan dengan efektif jika jari-jari bucket (R) tidak terlalu besar dan bilangan froude yang lebih besar dari 5. Nilai R yang direkomendasikan berkisar antara 0,5 - 0,8 dari beda tinggi air di hulu dan hilir bendung yang menggunakan kolam olak tipe bucket (R).

SARAN

Penelitian ini hanya meninjau atau memberikan koreksi terhadap persamaan silvester untuk kolam olak tipe bucket, kedepan perlu dilakukan tinjauan atau koreksi juga terhadap persamaan yang lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Jember atas pendanaan Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (HPUPT) pada Tahun Akademik 2021/2022 berdasarkan surat keputusan nomor 254/AU.III/LPPM-Riset/VI/2021 dan surat perjanjian penelitian nomor surat keputusan nomor 382/AU.III/LPPM-Riset/VII/2021.

DAFTAR PUSTAKA

D. Mao, F. Zhang, X. Zhong, and M. Lv. (2016). Application test of swallow-tailed flip bucket ski-jump energy dissipation for Huangdeng hydropower station. *Water Resources Power*, 34(3), 104–107.

Eghbalzadeh, A., Javan, M., Hayati, M., & Amini, A. (2016). Discharge prediction of circular and rectangular side orifices using artificial neural networks. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(2), 990–996. <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0440-y>

Eklund, S. (2017). *CFD modeling of ski-jump spillway in Stornnforsen*. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Farhoudi, J. (2010). *Pressure Fluctuation around Chute Blocks of SAF Stilling*. 203–212.

J. Wang, J. Deng, L. Lv, and Z. Y. (2017). Hydraulic Characteristics Of Swallow-Tailed Array Flip Buckets. *Journal of Hydraulic Engineering*, 36, 31–37.

Jorabloo, M., Maghsoodi, R., Sarkardeh, H. (2011). 3D simulation of flow over flip buckets at dams. *J. Am. Sci*, 7, 931–936.

Khani, S., Azhdary, M., & Nikookar, M. (2017). *Pressure Fluctuations Investigation on the*

Curve of Flip Buckets Using Analytical and Numerical Methods. 03(August), 165–171.

Moghadam, M. K., & Amini, A. (2019). *Intake design attributes and submerged vanes effects on sedimentation and shear stress : Intake design attributes and submerged vanes effects Intake design attributes and submerged vanes effects on sedimentation and shear stress*. April. <https://doi.org/10.1111/wej.12471>

Narayanan R. (1981). Cavitation induced by turbulence in stilling basin. In *Journal American Society of Civil Engineers. Hydraulics Division: Vol. v. 107*.

R. Maitre, S. Obolensky, E. de Q. (1954). Caractéristiques de l'Écoulement dans la Partie Aval des Evacuateurs de Surface. *La Houille Blanche*, 4, 481–511.

Schiebe. (1971). *The Stochastic Characteristics Of Pressure Fluctuations On A Channel Bed Due To The Turbulence In A Hydraulic Jump*. Univ. of Minnesota, at Minneapolis.

Sosrodarsono, S. Takeda, K. (1989). *Bendungan Tipe Urugan*. PT. Pradnya Paramita.

T.J. Rhone, A. J. P. (1959). Improved Tunnel Spillway Flip Buckets. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 126, 1270–1291.

● **10% Overall Similarity**

Top sources found in the following databases:

- 8% Internet database
- Crossref database
- 5% Submitted Works database
- 4% Publications database
- Crossref Posted Content database

TOP SOURCES

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	researchgate.net Internet	4%
2	Universitas Andalas on 2021-03-18 Submitted works	1%
3	jurnal.unmuhjember.ac.id Internet	1%
4	repository.embuni.ac.ke Internet	<1%
5	jurnalth.pusair-pu.go.id Internet	<1%
6	Universitas Muhammadiyah Sinjai on 2022-09-14 Submitted works	<1%
7	docplayer.info Internet	<1%
8	eprints.ums.edu.my Internet	<1%

9	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet	<1%
10	pt.scribd.com Internet	<1%
11	ejournal3.undip.ac.id Internet	<1%