

Pengaruh Tinggi Bukaannya Pintu Air Terhadap Karakteristik Aliran (Studi Kasus Saluran Sekunder D.I Saddang Kab. Pinrang)

Abdul Waaritshasan S.¹, Andi Musallamah², Ratna Musa³, Mas'ud SAR⁴, Muhammad Haris⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

Jl. Urip Sumoharjo KM 05 Makassar, Sulawesi Selatan

Email: ¹warishasan@yahoo.co.id; ²andimuss28@gmail.com; ³ratmus_tsipil@ymail.com;

⁴masud.sar@umi.ac.id; ⁵muhharis.umar@umi.ac.id

ABSTRAK

Optimalisasi bangunan air yang berperan mengatur debit maupun tinggi muka air baik di hulu maupun hilir bangunan air, rentan mengalami gerusan di sebelah hulu dan hilir bangunan pada pintu air. Berbagai upaya ditempuh sebagai upaya penanganan masalah, salah satunya melalui proses pengadaan landasan kolam olak yang dipadukan dengan ambang peredam energi. Dalam perencanaan bangunan air, perlu dilakukan pengkajian perubahan karakteristik korelasi antar parameter hidrolis dari loncatan air. Bangunan pintu sorong menggunakan debit tertentu dapat menjadi instrumen penelitian untuk mengkaji fenomena tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam memahami pengaruh tinggi bukaannya pintu air terhadap tidak hanya karakteristik aliran tetapi juga terhadap panjang loncatan yang terjadi akibat bukaannya pintu. Pengambilan data dilakukan secara langsung dengan mengambil bukaannya 20cm, 30cm, 40cm, dan 50 cm, dimana karakteristik aliran yang didapatkan yaitu superkritis dengan bilangan Froude tertinggi pada pintu B.AL.1 $Fr = 2,012$ (Superkritis), dan terendah pada B.AL.7 $Fr = 1,070$ (Superkritis). pada penelitian ini didapatkan bahwa pengaturan tinggi bukaannya pintu air mempengaruhi karakteristik aliran yaitu bilangan Froude, dimana semakin kecil bukaannya pintu air maka semakin tinggi bilangan Froudenya. Hal ini dikarenakan bukaannya pintu mempengaruhi debit dan kecepatan pada saluran dimana bukaannya pintu yang lebih kecil akan menghasilkan bilangan Froude dan panjang loncatan yang lebih besar.

Kata Kunci: Bukaannya pintu, karakteristik aliran, bilangan Froude

ABSTRACT

Optimization of water structures which play a role in controlling the discharge and water level both upstream and downstream of the water structures, is prone to scouring upstream and downstream of the buildings at the water gates. Various efforts have been taken as an effort to address the problem, including by procuring a stilling pond foundation combined with an energy damping threshold. In planning waterworks, it is critical to study changes in the correlation characteristics between hydraulic parameters of water jumps. Sliding doors using a certain discharge can be a research instrument to study this phenomenon. This research is expected to assist in understanding the effect of the height of the sluice opening on not only the flow characteristics but also on the length of the jump that occurs due to the sluice opening. Data collection was carried out directly by taking openings of 20cm, 30cm, 40cm, and 50 cm, where the flow characteristics obtained were supercritical with the highest Froude number at the B.AL.1 door $Fr = 2.012$ (Supercritical), and the lowest at B.AL. 7 $Fr = 1.070$ (Supercritical). In this study it was found that setting the height of the sluice opening affects the flow characteristics, namely the Froude number, where the smaller the sluice opening, the higher the Froude number. This is because the door opening affects the discharge and velocity on the channel where a smaller door opening will result in a larger Froude number and jump length.

Keywords: Gate opening, flow characteristics, Froude number

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Meninjau keteraturan aliran, air dapat mengalir secara beraturan atau tidak beraturan sedangkan ditinjau dari kecepatan alirannya, aliran air berpotensi mengalami percepatan dari aliran subkritis menjadi aliran kritis hingga superkritis yang kemudian dapat direayasa untuk berubah kembali menjadi aliran subkritis dengan perlakuan kejut-normal dengan loncatan hindrolik air (Nurjanah, 2014).

Penelitian terdahulu telah banyak membuktikan bahwa optimalisasi bangunan air yang berperan mengatur debit serta tinggi muka air pada hulu dan hilir bangunan air, namun rentan mengalami gerusan (*local scouring*) pada bangunan pintu air (Latif et al., 2019).

Beberapa upaya pemecahan dan pencegahan permasalahan tersebut telah dicoba seperti melalui pengadaan landasan kolam olak yang dipadukan melalui pemanfaatan ambang peredam energi (*end sill*) (Andar & Paulus, 2007). Salah satu parameter non-dimensial yang menggambarkan karakteristik aliran termasuk efek relatif dari efek inersia maupun gravitasi yaitu bilangan Froude.

Bilangan Froude yaitu bagian dari karakteristik aliran yang merupakan besaran nondimensial yang merefleksikan efek relative dari efek inersia dan efek gravitasi. Berdasarkan bilangan Froude ini dapat ditentukan tipe aliran dari subkritis (aliran tenang) hingga super kritis (aliran cepat) (Albas & Permana, 2016).

Ketinggian muka air dan debit menjadi faktor pengaruh terhadap ketinggian aliran pada energi spesifik yang berarti bilangan Froude turut berkorelasi dengan tinggi bukaan pintu yaitu berbanding

terbalik dimana bukaan pintu yang semakin tinggi akan menghasilkan bilangan Froude yang semakin kecil (Albas & Permana, 2016)

Pengajian terhadap perubahan perilaku yang dicerminkan dari korelasi antar besaran hidrolis dari loncatan air perlu dilakukan sebagai bagian tak terpisahkan dari proses perencanaan bangunan air seperti saluran irigasi, bangunan pengendali sedimen, ataupun bangunan lainnya (Binilang, 2014). Sebagai contoh, instrumen bangunan pintu sorong dapat dimanfaatkan dalam suatu penelitian dengan kontrol terhadap kondisi debit tertentu. Pada penelitian lainnya, kajian analisa tinggi dan panjang loncatan air pada bangunan telah dilakukan seperti pengujian panjang loncatan air oleh Woyeiski (1931) dengan $C = 8$, Smetana (1933) $C = 6$, Silvester (1964), dan USBR Rajaratnam berdasarkan Angka *Froude*.

1.2 Tujuan Penelitian

- 1) Untuk menganalisis aliran pada setiap bukaan pintu air saluran sekunder Alitta D.I Saddang.
- 2) Untuk menganalisis pengaruh setiap bukaan pintu terhadap loncatan air pada saluran sekunder Alitta D.I Saddang.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Saluran Sekunder Alitta Daerah Irigasi Saddang Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan menjadi lokasi penelitian mempertimbangkan hal-hal berikut:

- 1) Kabupaten Pinrang merupakan wilayah daerah irigasi yang perlu diperhatikan karena distribusi kebutuhan air untuk daerah persawahan.
- 2) Lokasi yang memiliki saluran irigasi yang cukup memadai.



Gambar 1 Screenshot peta lokasi penelitian D.I Saddang Kab. Pinrang
Sumber: Google maps, 2020

2.2. Pengumpulan Data

a. Data Primer

- 1) Inventaris kondisi saluran
- 2) Dimensi saluran meliputi lebar penampang atas dan bawah serta tinggi saluran.
- 3) Data tinggi muka air pintu di hulu dan di hilir saluran
- 4) Data *current meter*.

b. Data Sekunder

Meliputi materi kepustakaan dan data dari institusi terkait antara lain UPTD Alitta yang meliputi:

- 1) Skema jaringan irigasi Alitta dan skema bangunan

- 2) Peta topografi saluran sekunder Alitta D.I Saddang.

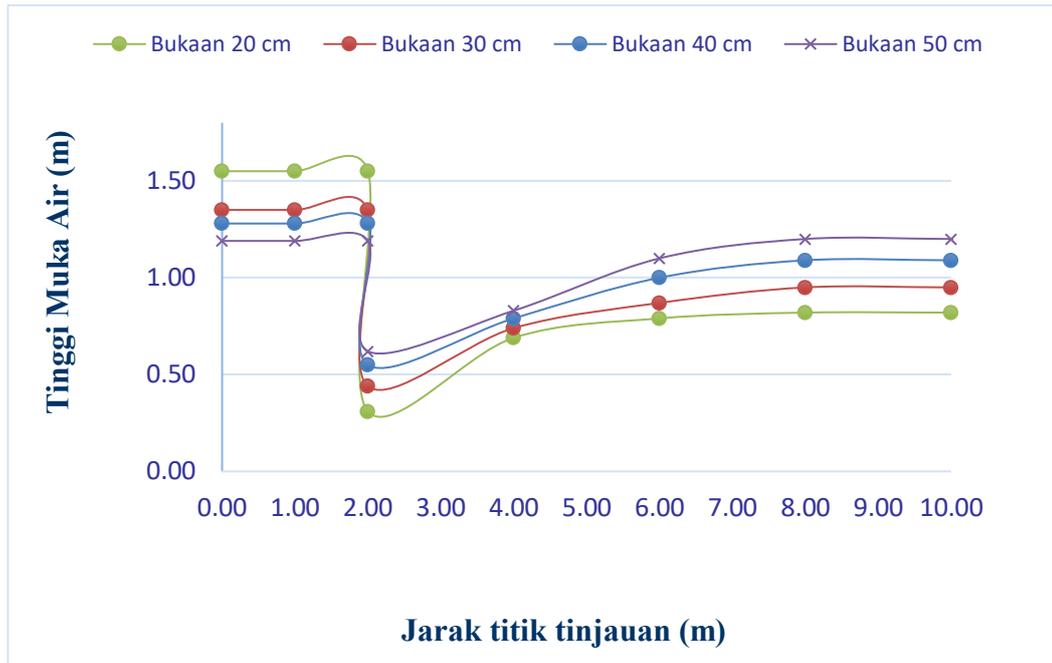
2.3. Variabel yang diteliti

- a. Variabel bebas (*independen*)
Meliputi kecepatan aliran, tinggi muka air, tinggi bukaan pintu, dan dimensi saluran.
- b. Variabel terikat
Meliputi debit pengaliran dan bilangan *Froude*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Profil Aliran

Profil aliran yang diperoleh disajikan pada gambar berikut:



Gambar 2 Profil aliran pada pintu sorong saluran sekunder alitta

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa bukaan pintu sorong yang semakin tinggi menghasilkan tinggi muka air yang semakin tinggi pula dengan panjang loncatannya yang semakin jauh.

3.2. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran diukur secara langsung di lapangan dengan alat *current meter* dengan pengambilan data dua titik.

3.3. Kalibrasi Koefisien Debit (Cd)

Untuk menghitung koefisien debit pada saluran maka digunakan persamaan berikut:

$$C_d = \frac{0,611}{\sqrt{1 - 0,611^2 \left(\frac{y_g}{y_1}\right)^2}}$$

Dimana:

C_d = Koefisien debit

y_g = Tinggi bukaan pintu (m)

y_1 = Tinggi muka air di hulu (m)

$$= \frac{0,611}{\sqrt{1 - 0,373 (0,129)^2}} = 0,613$$

3.4. Perhitungan Kalibrasi Debit (Q)

Untuk menghitung debit pada saluran maka digunakan persamaan berikut:

$$Q = C_d \times L \times Y_g \sqrt{2gxy_1}$$

Dimana:

Q = Debit ($m^3/detik$)

C_d = Koefisien debit

L = Lebar pintu (m)

Y_g = Tinggi bukaan pintu (m)

g = Gaya gravitasi ($m/detik^2$)

y_1 = Tinggi muka air di hulu (m)

$$= 0,622 \times 1,5 \times 0,4 \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,28} = 1,824 \text{ m}^3/detik$$

3.5. Perhitungan Bilangan Froude (Fr)

Untuk menghitung angka *Froude* pada saluran digunakan persamaan berikut:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \times D}}$$

Dimana:

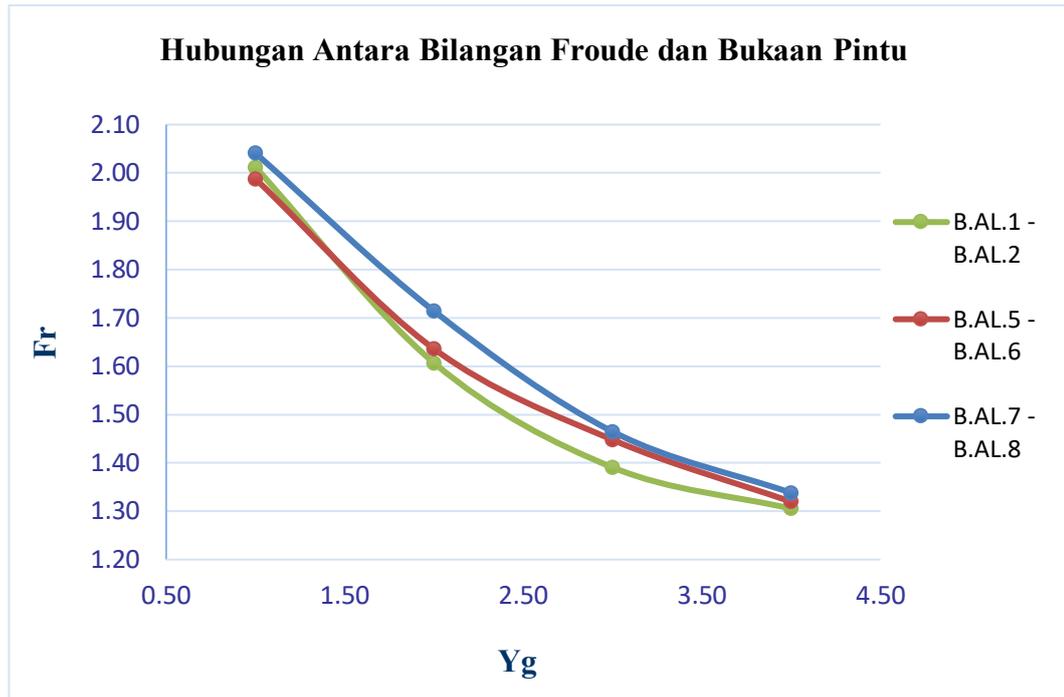
Fr = Bilangan *froude*

v = Kecepatan aliran ($m/detik$)

g = Gaya gravitasi ($m/detik^2$)

D = Kedalaman hidrolis (m)

$$= \frac{3,380}{\sqrt{9,81 \times 0,29}} = 2,012 \text{ (Super Kritis)}$$



Gambar 3 Grafik hubungan antara bilangan froude (Fr) dan bukaannya pintu (yg)

Gambar 3 menggambarkan bahwa bukaannya pintu berbanding lurus dengan bilangan froude dimana bukaannya pintu yang semakin besar menghasilkan bilangan Froude yang semakin besar pula. Sebaliknya, jika bukaannya pintu semakin kecil, bilangan froude yang didapatkan juga semakin kecil. Pada grafik diatas juga membuktikan bahwa karakteristik aliran merupakan super kritis.

3.6. Perhitungan Kedalaman Setelah Loncatan Air (y_2)

Loncatan air merupakan bentuk aliran yang mengalami perubahan dengan cepat (*rapidly varied flow*). Panjang loncatan air dapat dikalkulasi menggunakan formula berikut:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \times F_{r1}^2} - 1 \right)$$

Dimana:

$$L_j = 6 (0,56 - 0,31)$$

$$L_j = 1,500 \text{ m}$$

y_1 = Tinggi muka air di hulu (m)

y_2 = Tinggi muka air di hilir (m)

Fr = Bilangan froude

$$\frac{y_2}{0,31} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \times 2,012^2} - 1 \right)$$

$$y_2 = 0,74 \text{ m}$$

3.7. Perhitungan Panjang Loncatan (L_j)

Panjang loncatan hidrolis air merepresentasikan jarak antara permukaan depan loncatan air hingga suatu titik permukaan gelombang ombak di bagian hilir. Panjang loncatan air dapat dianalisis dengan formula sebagai berikut:

$$L_j = C (y_2 - y_1)$$

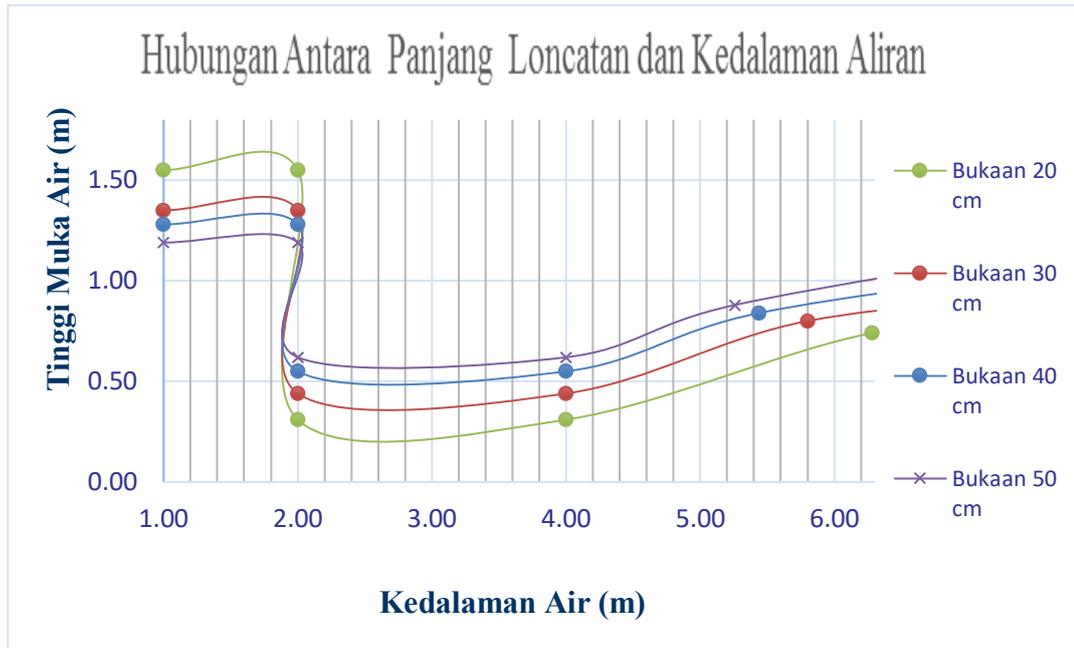
Dimana:

L_j = Panjang loncatan (m)

C = Konstanta (6)

y_2 = Tinggi muka air di hilir (m)

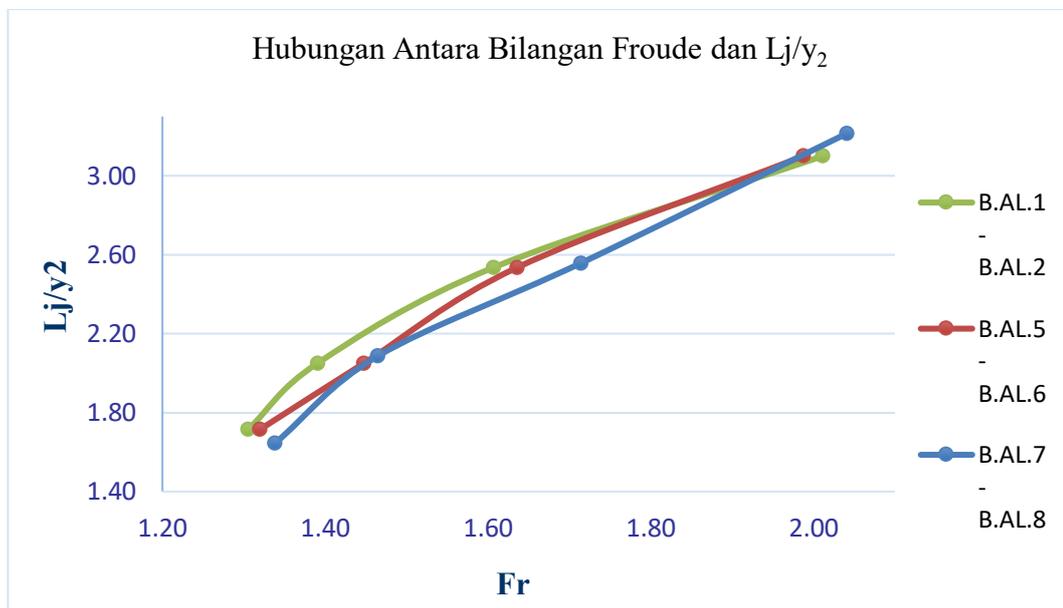
y_1 = Tinggi muka air di hulu (m)



Gambar 4 Grafik hubungan antara panjang loncatan dan bilangan Froude

Pengaruh bukaan pintu terhadap panjang loncatan dan kedalaman loncatan dapat disimpulkan bahwa bukaan pintu mempengaruhi tinggi dan kedalaman loncatan airnya, dimana semakin kecil

bukaan pintu semakin panjang loncatan air yang terjadi, sebaliknya jika bukaan pintu semakin besar maka loncatan air akan semakin pendek.



Gambar 5 Grafik hubungan bilangan froude dan panjang loncatan (L_j/y_2)

Semakin besar nilai bilangan *froude* maka Panjang loncatan air juga akan semakin besar, pengaruh ini disebabkan oleh perubahan ukuran pintu air dimana semakin kecil bukaan pintu air maka bilangan *froude* akan semakin besar,

sebaliknya semakin besar bukaan pintu air maka bilangan *froude* akan semakin kecil, sehingga menyebabkan Panjang loncatan air akan semakin pendek.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

- 1) Pada saluran sekunder alitta, bukaan pintu terendah diperoleh dengan bilangan *froude* yang besar, dibandingkan dengan bukaan pintu hingga tertinggi diperoleh bilangan *froude* yang kecil. Dari semua hasil yang diperoleh menandakan bahwa karakteristik aliran yang terjadi saat melalui pintu memberikan Analisa bahwa jenis aliran tersebut termasuk aliran superkritis, artinya nilai bilangan *froude* lebih dari satu hingga mendekati 1.
- 2) Pengaruh tiap bukaan pintu air terhadap Panjang loncatan air dapat disimpulkan bahwa tinggi bukaan pintu air mempengaruhi hasil Panjang dan tinggi loncatannya, dimana bukaan pintu berbanding terbalik dengan panjang dan tinggi loncatan air.

4.2 Saran

- 1) Untuk tindak lanjut penelitian ini disarankan adanya pengukuran debit saat banjir, atau pada saat musim hujan.
- 2) Variasi tinggi bukaan pintu disarankan tidak terbatas pada 4 bukaan apabila terjadi kebutuhan air di saluran yang lebih besar debit yang dicoba.
- 3) Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk meneliti energi spesifik guna menghitung gaya-gaya yang bekerja pada lantai sehingga tebal dan kekuatan lantai dapat direncanakan.

Daftar Pustaka

- Albas, J., & Permana, S. (2016). Kajian Pengaruh Tinggi Bukaannya Pintu Air Tegak (Sluiceway) Terhadap Bilangan Froude. *Jurnal Konstruksi*, 14(1), 35–45. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.14-1.366>
- Andar, J. H., & Paulus, N. (2007). Tinjauan Jarak Awal Loncat Air Akibat Perletakan End Sill Pada Pintu Air Geser Tegak (Sluice Gate). *Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 2*, 1–22.
- Binilang, A. (2014). Perilaku Hubungan Antar Parameter Hidrolis Air Loncat Melalui Pintu Sorong pada Saluran Terbuka. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(1), 41–44. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jime/article/view/4460>
- Latif, A. A., Pallu, M. S., Maricar, F., & Hatta, M. P. (2019). Pengaruh Tinggi Bukaannya Pintu Air Terhadap Bilangan Froude Dengan Dasar Tanah Lempung Pada Saluran Terbuka. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 181–186.
- Nurjanah, R. . D. (2014). Analisis Tinggi dan Panjang Loncat Air pada Bangunan Ukur Berbentuk Setengah Lingkaran. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(3), 578–582.