

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Aliran

Penelitian ini kondisi aliran dibuat dalam keadaan permanen (*steady uniform flow*), di mana berbagai variabel aliran seperti kedalaman tampang basah (h), kecepatan aliran (v), dan debit pada setiap tampang basah (Q) di sepanjang aliran konstan tidak berubah terhadap waktu. Pada aliran ini garis energi, garis muka air dan dasar saluran saling sejajar. Kondisi kemiringan saluran dibuat bervariasi ($I_s = 0\%$, 0.25% , 0.5%) dan kekasaran saluran tidak diperhitungkan.

Pengukuran kedalaman gerusan lokal di sekitar pilar dilakukan dua kali untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat. Kedalaman gerusan lokal menggunakan variasi debit dan variasi kemiringan saluran. Debit rata-rata pada bentuk pilar persegi panjang yaitu: $Q_1 = 0,0004511 \text{ m}^3/\text{dtk}$ atau $455,11 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman aliran (ds_1) = 4,5 cm, $Q_2 = 0,00057267 \text{ m}^3/\text{dtk}$ atau $572,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman aliran (ds_2) = 5 cm, $Q_3 = 0,00064689 \text{ m}^3/\text{dtk}$ atau $646,89 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman aliran (ds_3) = 5,5 cm. Sedangkan debit rata-rata pada bentuk pilar trapezoid yaitu:

$Q_1 = 0,00045296 \text{ m}^3/\text{dtk}$ atau $452,96 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman aliran (ds_1) = 4,5 cm, $Q_2 = 0,00058078 \text{ m}^3/\text{dtk}$ atau $580,78 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman aliran (ds_2) = 5 cm, $Q_3 = 0,000643,56 \text{ m}^3/\text{dtk}$ atau $643,56 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman aliran (ds_3) = 5,5cm.

Penelitian gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar ini di lakukan pada kondisi aliran *clear water scour* (gerusan tanpa angkutan sedimen), dengan kedalaman aliran tergantung nilai debit dan sama sepanjang saluran dengan bilangan *froude* (Fr) < 1 atau pada saat kondisi aliran pada keadaan sub kritik. Tingkat kekritikan aliran dapat ditentukan dengan mencari bilangan Froude. Dari perhitungan karakteristik aliran didapatkan angka Froude (Fr) < 1,0 disebut aliran sub kritik. Aliran sub kritik adalah naiknya permukaan air ini merupakan gejala alami dari aliran dimana untuk memperoleh aliran yang stabil. Perhitungan nilai

Tabel 5.1 Perhitungan karakteristik aliran bentuk pilar persegi panjang bukaan I

Volume (cm ³)	2253,33	2275	2298
Waktu (detik)	5	5	5
Debit (cm ³ /dtk)	450,67	455	459,67
Tinggi aliran (cm)	4,5	4,5	4,5
A (cm ²)	45	45	45
K (cm)	19	19	19
V (cm/dtk)	10,015	10,11	10,213
R (cm)	2,368	2,368	2,368
Angka froude (Fr)	0,15073	0,15218	0,1537

Tabel 5.2 Perhitungan karakteristik aliran bentuk pi'ar persegi panjang bukaan II

Volume (cm ³)	2835	2876,67	2878,33
Waktu (detik)	5	5	5
Debit (cm ³ /dtk)	567	575,33	575,67
Tinggi aliran (cm)	5	5	5
A (cm ²)	50	50	50
K (cm)	20	20	20
V (cm/dtk)	11,34	11,507	11,513
R (cm)	2,5	2,5	2,5
Angka froude (Fr)	0,16192	0,1643	0,1644

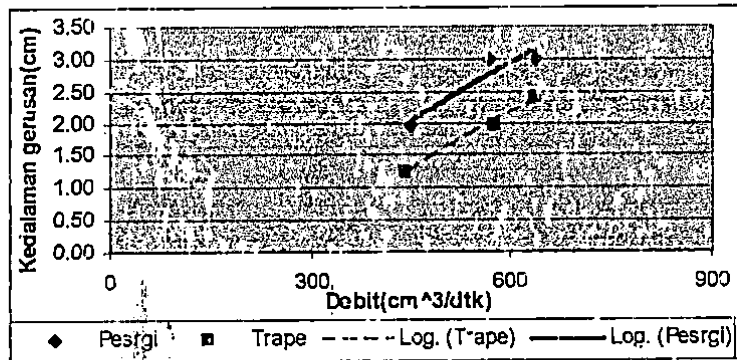
Tabel 5.3 Perhitungan karakteristik aliran bentuk pilar persegi panjang bukaan III

Volume (cm ³)	3191,667	3245	3266,667
Waktu (detik)	5	5	5
Debit (cm ³ /dtk)	638,33	649	653,33
Tinggi aliran (cm)	5,5	5,5	5,5
A (cm ²)	55	55	55
K (cm)	21	21	21
V (cm/dtk)	11,61	11,8	11,879
R (cm)	2,619	2,619	2,619
Angka froude (Fr)	0,15808	0,15808	0,15808

B. Kedalaman Gerusan

1. Pengaruh variasi debit terhadap kedalaman gerusan

1.1. Hubungan debit dengan kedalaman gerusan pada kemiringan 0%.



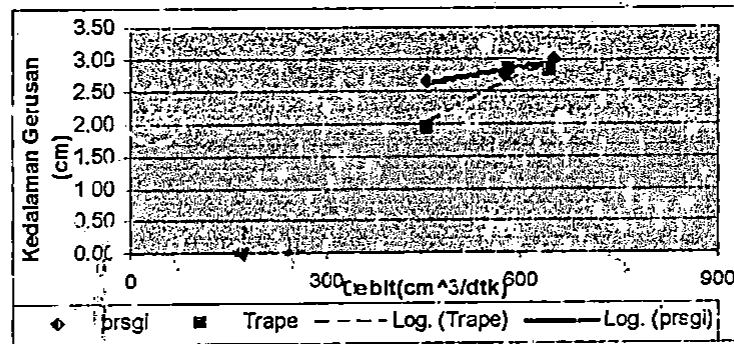
Gambar 5.1. Hubungan debit dengan kedalaman gerusan pada waktu 30 menit.

Dari Gambar 5.1. di atas dapat dilihat kedalaman gerusan yang terjadi pada berbagai bentuk pilar yang diuji untuk berbagai macam debit. Pada dasarnya perubahan debit sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan yang terjadi untuk masing-masing bentuk pilar yang digunakan. Apabila debit yang digunakan kecil maka kedalaman gerusan yang terjadi akan kecil pula, begitu pula sebaliknya jika debit yang digunakan besar maka kedalaman gerusan yang terjadi semakin besar pula.

Pengujian ketiga bukaan dari variasi debit pada kemiringan 0% untuk bentuk pilar persegi panjang adalah $Q_1 = 450,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_2 = 567 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_3 = 638,33 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman gerusan $ds_1 = 1,95 \text{ cm}$; $ds_2 = 3 \text{ cm}$; $ds_3 = 3 \text{ cm}$. Sedangkan untuk bentuk pilar trapezoid adalah $Q_1 = 442,17 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_2 = 576 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_3 = 637,33 \text{ cm}^3/\text{dtk}$, dengan kedalaman gerusan $ds_1 = 1,25 \text{ cm}$; $ds_2 = 2,95 \text{ cm}$; $ds_3 = 2,85 \text{ cm}$.

Dari pengamatan dan dari Gambar 5.1. dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan variasi debit diatas pada kemiringan 0%, kedalaman gerusan yang

1.2. Hubungan debit dengan kedalaman gerusan pada kemiringan 0.25%



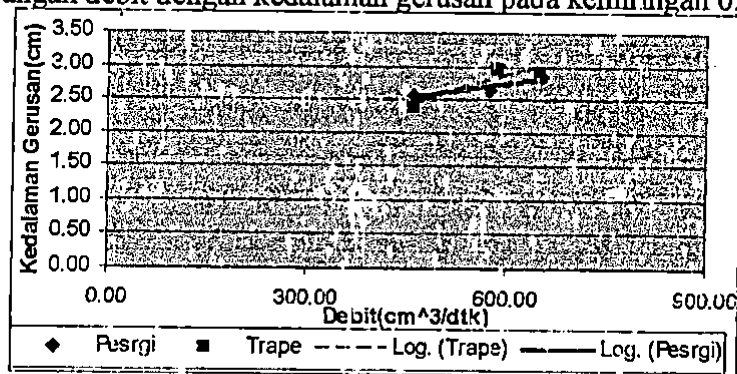
Gambar 5.2. Hubungan debit dengan kedalaman gerusan pada waktu 30 menit.

Dari Gambar 5.2. di atas dapat dilihat kedalaman gerusan yang terjadi pada berbagai bentuk pilar yang diuji untuk berbagai macam debit. Pada dasarnya perubahan debit sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan yang terjadi untuk masing-masing bentuk pilar yang digunakan. Pada kemiringan 0,25% ini terjadi *fluktuatif* kedalaman gerusan dari kemiringan 0%. Perubahan kedalaman gerusan pada bentuk pilar persegi panjang, peningkatan pada ds_1 dari 1,95 cm menjadi 2,65 cm, penurunan pada ds_2 dari 3 cm menjadi 2,75 cm, kondisi tetap pada ds_3 cm tetap menjadi 3 cm. Sedangkan untuk bentuk pilar trapezoid, terjadi peningkatan kedalaman gerusan pada ds_1 dari 1,25 cm menjadi 1,95 cm, penurunan pada ds_2 dari 2,95 cm menjadi 2,85 cm, penurunan pada ds_3 dari 2,85 cm menjadi 2,8 cm. Peningkatan terjadi karena penambahan kemiringan saluran, mengakibatkan kecepatan dari aliran bertambah, sehingga material akan tergerus. Penurunan terjadi karena ada tambahan material *supply* (*penambahan material*) dari hulu saluran, sehingga tidak jarang di hulu saluran juga terjadi proses gerusan dan material yang berada di daerah hulu terbawa ke sekitar pilar.

Pengujian ketiga bukaan dari variasi debit pada kemiringan 0,25% untuk bentuk pilar persegi panjang adalah $Q_1 = 455 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_2 = 575,33 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_3 = 649,00 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman gerusan $ds_1 = 2,65 \text{ cm}$; $ds_2 = 2,75 \text{ cm}$; $ds_3 = 3 \text{ cm}$. Sedangkan untuk bentuk pilar trapezoid adalah $Q_1 = 455 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_2 =$

Dari pengamatan dan dari Gambar 5.2. dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan variasi debit diatas pada kemiringan 0,25%, kedalaman gerusan yang paling efisien terjadi pada bentuk pilar trapezoid.

1.3. Hubungan debit dengan kedalaman gerusan pada kemiringan 0,5%



Gambar 5.3. Hubungan debit dengan kedalaman gerusan pada waktu 30 menit.

Dari Gambar 5.3. di atas dapat dilihat kedalaman gerusan yang terjadi pada berbagai bentuk pilar yang diuji untuk berbagai macam debit. Pada dasarnya perubahan debit sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan yang terjadi untuk masing-masing bentuk pilar yang digunakan. Sama dengan kasus kemiringan 0,25%, kemiringan 0,5% juga terjadi *fluktuatif* kedalaman gerusan di sekitar pilar. Perubahan pada bentuk pilar persegi panjang ds_1 dari 2,65 cm menjadi 2,55 cm, ds_2 dari 2,75 cm menjadi 2,65 cm, ds_3 dari 3 cm menjadi 2,85 cm. Sedangkan pada bentuk pilar trapezoid ds_1 dari 1,95 cm menjadi 2,40 cm, ds_2 dari 2,85 cm menjadi 2,95 cm, ds_3 dari 2,80 cm menjadi 2,90 cm.

Pengujian ketiga bukaan dari variasi debit pada kemiringan untuk bentuk pilar persegi panjang adalah $Q_1 = 459,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_2 = 575,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_3 = 653,33 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman gerusan $ds_1 = 2,55 \text{ cm}$; $ds_2 = 2,65 \text{ cm}$; $ds_3 = 2,85 \text{ cm}$. Sedangkan untuk bentuk pilar trapezoid adalah $Q_1 = 461,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_2 = 585,00 \text{ cm}^3/\text{dtk}$; $Q_3 = 650,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$, dengan kedalaman gerusan $ds_1 = 2,40 \text{ cm}$; $ds_2 = 2,95 \text{ cm}$; $ds_3 = 2,90 \text{ cm}$.

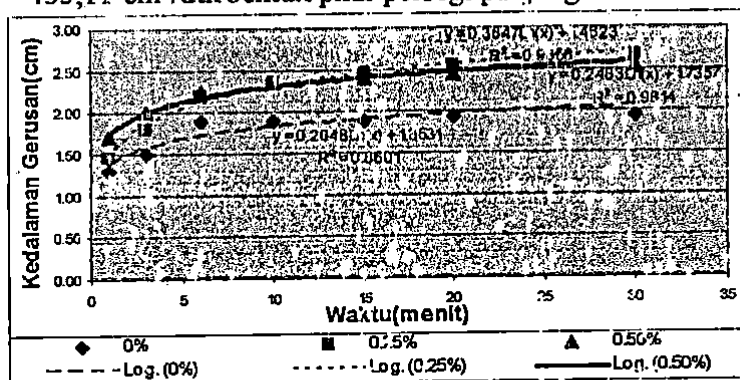
Dari pengamatan dan dari gambar pada kondisi kemiringan saluran kedalaman saluran 0,5% bentuk pilar persegi panjang mengalami perubahan di...

dilakukan peninjauan lebih dari 30 menit kedalaman gerusan yang terjadi pada pilar persegi panjang akan bertambah, sedangkan untuk bentuk pilar trapezoid kedalaman gerusan yang terjadi sudah konstan, baik untuk masa peninjauan yang lebih lama, tidak akan terjadi penambahan kedalaman gerusan. Jadi dapat disimpulkan bentuk yang paling baik digunakan untuk pilar jembatan bentuk pilar trapezoid. Alasan lain yang kuat bentuk pilar yang kita pilih ini yaitu bentuk trapezoid, di lapangan pembangunan jembatan dibangun di daerah yang datar atau kemiringan saluran yang tidak terlalu besar kemiringannya. Dari dua variasi kemiringan saluran di atas yaitu 0% dan 0,25% yang lebih mendekati kondisi di lapangan memilih bentuk pilar trapezoid.

2. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan dan variasi kemiringan.

2.1. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada debit bukaan I,

$Q_1 = 455,11 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ bentuk pilar persegi panjang.



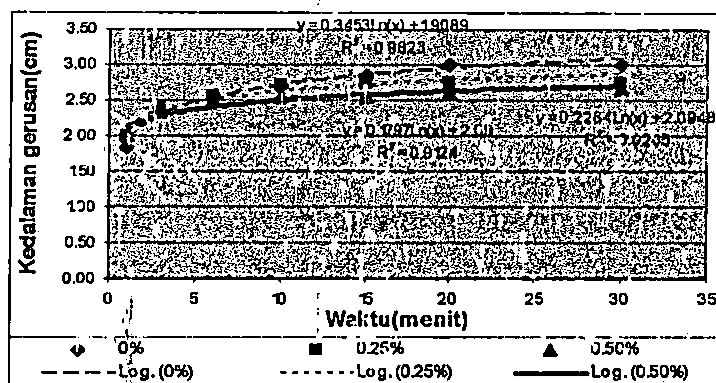
Gambar 5.4. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada debit $455,11 \text{ cm}^3/\text{dtk}$

Dari Gambar 5.4. dapat dilihat perubahan kedalaman gerusan yang diakibatkan oleh variasi kemiringan 0%; 0,25%; 0,5%. Pada kemiringan 0% peningkatan kedalaman gerusan terjadi mulai dari menit ke 1 sampai menit ke 20, setelah menit ke 20 tidak terjadi penambahan kedalaman gerusan. Adapun kedalaman gerusan yang terjadi pada kemiringan 0% secara berturut-turut adalah: 0 cm; 1,30 cm; 1,50 cm; 1,90 cm; 1,90 cm; 1,95 cm; 1,95 cm. Sedangkan pada

dengan kemiringan 0%, kemiringan 0,25% gerusan yang terjadi lebih besar. Hal ini disebabkan oleh kemiringan yang terjadi sehingga kecepatan aliran lebih besar dan mengakibatkan material yang terangkut lebih banyak. Pada kemiringan 0,5% pada menit ke 1 sampai menit ke 6, gerusan yang terjadi juga lebih besar dibandingkan dari kemiringan 0% dan 0,25%. Pada menit ke 20 terjadi penurunan kedalaman gerusan, menit ke 30 terjadi peningkatan dari menit ke 20. Penurunan yang terjadi disebabkan bertambahnya material (*supplay*) dari hulu saluran, saluran tidak jarang di hulu saluran juga terjadi proses gerusan dan material yang berada di daerah hulu terbawa ke sekitar pilar.

2.2. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada debit bukaan II,

$Q_2 = 572,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ bentuk pilar persegi panjang.

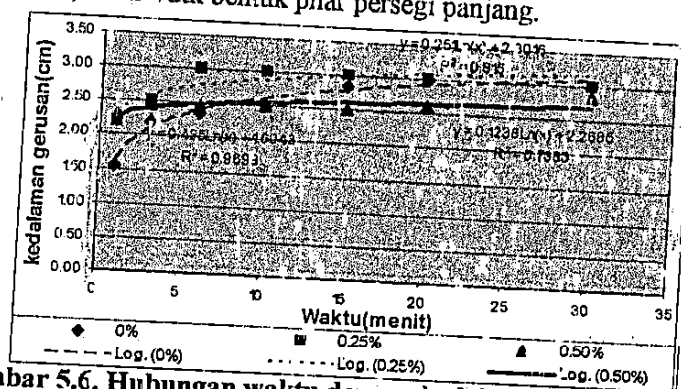


Gambar 5.5. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada debit $572,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$

Dari Gambar 5.5. dapat dilihat kedalaman gerusan yang terjadi variasi kemiringan saluran dengan debit $572,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$. Pada bentuk pilar persegi panjang ini peningkatan kedalaman gerusan pada menit ke 1 hampir sama pada setiap variasi kemiringan. Pada menit ke 15 masih mengalami peningkatan kedalaman gerusan, setelah menit ke 15 sampai menit ke 30, kemiringan 0% tidak berubah. Adapun kedalaman gerusan (d_s) = 0 cm; 1,85 cm; 2,35 cm; 2,55 cm; 2,70 cm; 2,85 cm; 3 cm; 3 cm. Pada kemiringan 0,25% kedalaman gerusan pada menit ke 1 lebih cepat dengan $d_s = 2 \text{ cm}$. Peningkatan ini terjadi sampai

kedalaman gerusan lagi, bahkan terjadi penurunan dibandingkan dari kemiringan yang 0%. Adapun kedalaman gerusan (d_s) = 0 cm; 2 cm; 2,4 cm; 2,55 cm; 2,70 cm; 2,75 cm; 2,75 cm; 2,75 cm. Sama dengan hal sebelumnya penurunan kedalaman gerusan diakibatkan oleh adanya *supply* dari daerah hulu saluran. Pada kemiringan 0,5% hampir sama dengan kemiringan 0,25% terjadi peningkatan dan penurunan kedalaman gerusan di sekitar pilar.

2.3. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada debit bukaan III, $Q_3 = 646,89 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ bentuk pilar persegi panjang.

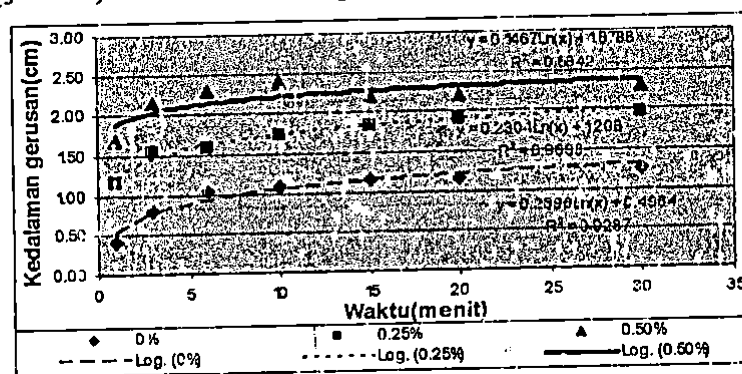


Gambar 5.6. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada debit $646,89 \text{ cm}^3/\text{dtk}$.

Dari Gambar 5.6. dapat dilihat menit ke 1 untuk setiap variasi kemiringan proses gerusan terjadi sangat cepat disebabkan debit yang digunakan lebih besar yaitu $646,89 \text{ cm}^3/\text{dtk}$. Pada dasarnya perubahan debit sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan yang terjadi. Apabila debit yang digunakan kecil maka kedalaman gerusan yang terjadi akan kecil pula, begitu pula sebaliknya jika debit yang digunakan besar maka kedalaman gerusan yang terjadi semakin besar pula. Dilihat dari Gambar 5.6. pada kemiringan 0% kedalaman gerusan semakin bertambah secara pelan-pelan sampai pada menit ke 20, setelah menit ke 20 kedalaman gerusan tidak bertambah ataupun berkurang. Dengan kedalaman gerusan (d_s) = 0 cm; 1,55 cm; 2,2 cm; 2,35 cm; 2,50 cm; 2,85 cm; 3 cm; 3 cm. Pada kemiringan 0% kedalaman gerusan yang terjadi pada menit ke 1 kedalaman gerusan yang tidak terlalu besar seperti kemiringan 0,25% dan 0,5%. Pada

kemiringan 0,25% mempunyai kedalaman gerusan (h) = 0 cm; 2,2 cm; 2,5 cm; 3 cm; 3 cm; 3 cm; 3 cm; 3 cm. Kedalaman gerusan yang terjadi sangat cepat pada menit ke 1 dan pada menit ke 3 kedalaman gerusan mulai konstan yaitu mencapai 3 cm. Kedalaman yang sama tersebut terjadi dikarenakan pada menit tersebut di atas material dasar telah habis terkikis oleh aliran air yang melalui *flume* tersebut, ini terjadi juga dikarenakan ketebalan material dasar yang terbatas yang digunakan dalam penelitian ini kurang mencukupi terjadinya proses gerusan. Selain faktor debit dan kemiringan saluran, faktor kecepatan aliran juga sangat mempengaruhi dari kedalaman gerusan. Pada kemiringan 0,5% kedalaman pada menit ke 1 hampir sama dengan kemiringan 0,25% dan setelah menit ke 3, peningkatan kedalaman gerusan tidak terlalu besar, karena di sekitar pilar mendapat tambahan material (*supply*) dari daerah hulu saluran, jadi kedalaman gerusan di sekitar pilar. Pada peristiwa seperti ini akan terjadi proses gerusan di daerah hulu.

2.4. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada debit bukaan I,
 $Q_3 = 452,96 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ bentuk pilar trapezoid



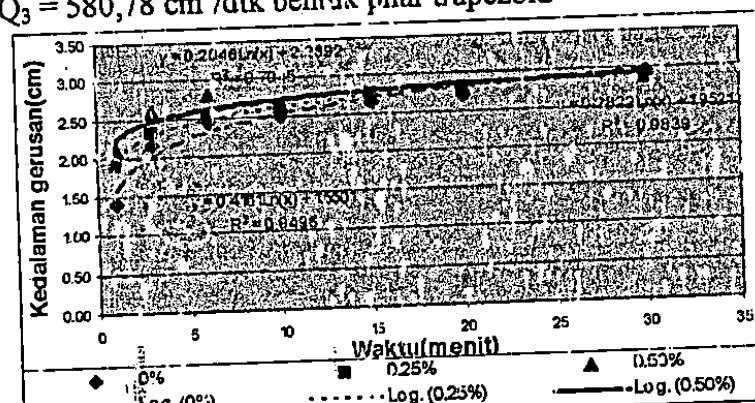
Gambar 5.7. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada debit $452,96 \text{ cm}^3/\text{dtk}$.

Dari Gambar 5.7. dapat dilihat dengan jelas perbedaan kedalaman gerusan pada setiap variasi kemiringan pada bukaan I dengan menggunakan bentuk pilar trapezoid. Pada kemiringan 0% mempunyai kedalaman gerusan (ds) = 0 cm; 0,4

yang terjadi secara pelan-pelan, sehingga pada untuk selang waktu peninjauan 30 menit, kedalaman gerusan tidak terlalu membahayakan struktur jembatan. Pada kemiringan 0,25% mempunyai kedalaman gerusan (ds) = 0 cm; 1,15 cm; 1,55 cm; 1,60 cm; 1,75 cm; 1,85 cm; 1,90 cm; 1,95 cm. Pada kemiringan 0,25% kedalaman gerusan yang terjadi pada menit ke 1 sama dengan kedalaman yang terjadi pada menit ke 15 pada kemiringan 0%. Ini memperlihatkan pengaruh kemiringan terhadap kedalaman gerusan, mengakibatkan kecepatan aliran bertambah. Pada kemiringan 0,5% mempunyai kedalaman gerusan (ds) = 0 cm; 1,70 cm; 2,15 cm; 2,30 cm; 2,40 cm; 2,20 cm; 2,20 cm; 2,30 cm. Dengan menggunakan kemiringan 0,5% kedalaman yang terjadi pada menit ke 1 hampir sama dengan kedalaman yang terjadi pada menit ke 6 sampai menit 10 pada kemiringan 0,25%, ini memperlihatkan pengaruh kecepatan dari aliran akibat kemiringan saluran. Pada menit ke 15 terjadi penurunan kedalaman dari 2,40 cm menjadi 2,20 cm, sampai menit ke 20 kedalaman gerusan tetap 2,20 cm. Setelah menit ke 20 tepatnya pada menit ke 30 kedalaman gerusan bertambah menjadi 2,30 cm. *Fluktuatif* kedalaman gerusan, diakibatkan debit aliran, kemiringan saluran, kemiringan. Hal-hal itu yang mengakibatkan material yang ada di sekitar pilar terbawa oleh aliran (tergerus).

2.5. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada debit bukaan II,

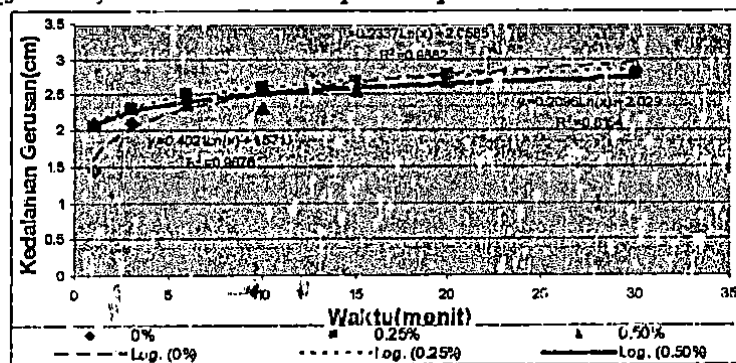
$$Q_3 = 580,78 \text{ cm}^3/\text{dtk bentuk pilar trapezoid}$$



Dari Gambar 5.8. di atas dapat dilihat nilai kedalaman yang terjadi pada berbagai waktu. Kedalaman gerusan yang terjadi *fluktuatif*. Adapun nilai kedalaman gerusan (ds) pada kemiringan 0%: 0 cm; 1,40 cm; 2,15 cm; 2,45 cm; 2,50 cm; 2,65 cm; 2,70 cm; 2,95 cm. Pada kemiringan 0%, kedalaman gerusan yang terjadi semakin bertambah dengan bertambahnya waktu. Kedalaman gerusan (ds) yang terjadi pada kemiringan 0,25%: 0 cm; 1,90 cm; 2,30 cm; 2,50 cm; 2,60 cm; 2,75 cm; 2,80 cm; 2,85 cm. Penambahan kedalaman gerusan dari kemiringan 0% ke 0,25% terjadi pada menit ke 0 sampai ke menit 20, pada menit ke 30 terjadi penurunan kedalaman gerusan dari 2,95 cm menjadi 2,85 cm. Ini juga bisa terjadi karena adanya *supply* material dasar dari daerah hulu saluran. Pada kemiringan 0,5% mempunyai nilai kedalaman gerusan (h) = 0 cm; 2,10 cm; 2,60 cm; 2,80 cm; 2,65 cm; 2,70 cm; 2,80 cm; 2,95 cm. Dibandingkan dengan kedalaman gerusan yang terjadi pada kemiringan 0,25%, kemiringan 0,5% mengalami peningkatan kedalaman disetiap variasi waktu peninjauan. Dilihat dari grafik kemiringan 0,5%, pada menit ke 10 mengalami penurunan kedalaman gerusan, dan setelah menit ke 10 kembali mengalami peningkatan kedalaman gerusan. Dari ketiga variasi kemiringan pada debit 580,78 cm³/dtk, pada menit ke 30 mempunyai kedalaman gerusan yang hampir sama.

2.6. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada debit bukaan III,

$Q_3 = 643,56 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ bentuk pilar trapezoid

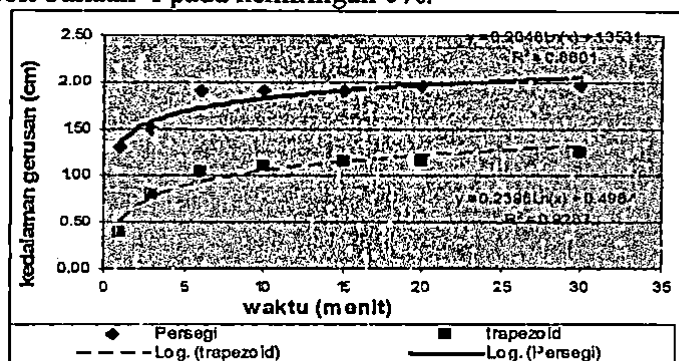


Dari Gambar 5.9. di atas dapat dilihat nilai kedalaman gerusan yang terjadi pada berbagai waktu. Kedalaman gerusan yang terjadi *fluktuatif* dari waktu ke waktu. Nilai kedalaman gerusan yang terjadi pada kemiringan 0% (h) = 0 cm; 1,45 cm; 2,10 cm; 2,40 cm; 2,55 cm; 2,65 cm; 2,75 cm; 2,85 cm. Pada kemiringan saluran 0%, terjadi penambahan kedalaman gerusan dari waktu ke waktu. Pada kemiringan 0,25% terjadi perubahan kedalaman gerusan (ds) = 0 cm menjadi 0 cm, dari 1,45 cm menjadi 2,05 cm, dari 2,10 cm menjadi 2,30 cm, dari 2,40 cm menjadi 2,50 cm, dari 2,55 cm menjadi 2,60 cm, dari 2,65 menjadi 2,70, dari 2,75 cm menjadi 2,80, dari 2,85 cm menjadi 2,80. Pada menit ke 30 terjadi penurunan kedalaman gerusan. Sedangkan kemiringan saluran 0,5% mempunyai nilai kedalaman gerusan (ds) = 0 cm; 2,10 cm; 2,30 cm; 2,35 cm; 2,30 cm; 2,55 cm; 2,70 cm; 2,90 cm. Pada menit ke 10 terjadi penurunan kedalaman gerusan, dan setelah menit ke 10 terjadi peningkatan kedalaman gerusan. Dari ketiga kemiringan di atas variasi kemiringan 0,5% yang mempunyai kedalaman gerusan yang paling dalam.

3. Membandingkan kedalaman gerusan lokal antara bentuk pilar persegi panjang dan trapezoid

3.1. Kedalaman gerusan lokal antara pilar persegi panjang dan trapezoid,

Debit bukaan I pada kemiringan 0%.



Gambar 5.10. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan Pada debit bukaan I.

Dari Gambar 5.10. di atas dapat dilihat hubungan kedalaman gerusan dengan perubahan waktu, kedalaman gerusan pada kedua pilar mempunyai perbedaan nilai yang besar dapat dilihat dari jarak kedua grafik. Pada bentuk

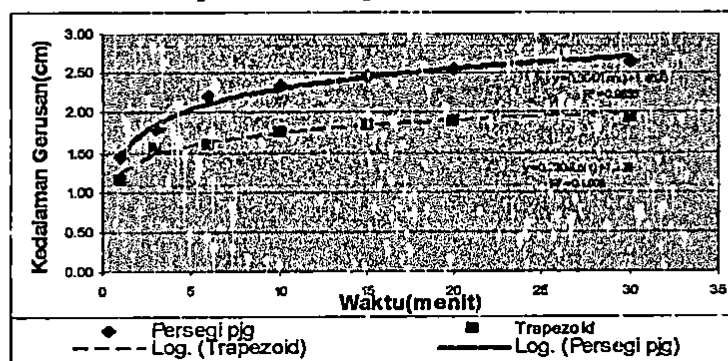
persegi panjang menggunakan debit $450,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman gerusan yang tercatat (d_s) = 0 cm; 1,3 cm; 1,5 cm; 1,9 cm; 1,9 cm; 1,9 cm; 1,95 cm; 1,95 cm. Dapat dilihat pada menit ke 6, 10, 13 tidak terjadi penambahan kedalaman gerusan dan pada menit ke 20 baru terjadi penambahan kedalaman dari 1,90 cm menjadi 1,95 cm. Setelah menit ke 20 sampai menit ke 30 tidak terjadi penambahan dengan kedalaman 1,95 cm.

Untuk bentuk pilar trapezoid menggunakan debit $442,17 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman gerusan (d_s) = 0 cm; 0,4 cm; 0,8 cm; 1,05 cm; 1,10 cm; 1,15 cm; 1,15 cm; 1,25 cm. Terjadi penambahan kedalaman gerusan sampai menit ke 15. Dari menit ke 15 sampai menit ke 20 tidak terjadi penambahan kedalaman gerusan. Pada menit ke 30 kembali terjadi penambahan kedalaman gerusan. Proses gerusan ini juga dipengaruhi oleh kemiringan dan kecepatan aliran yang akan mengangkut material.

Dari pengamatan dan dari Gambar 5.10. di atas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan debit untuk persegi panjang $450,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dan debit trapezoid $442,17 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ kedalaman gerusan yang paling efisien terjadi pada bentuk trapezoid. Pilar dengan bentuk trapezoid ini merupakan pilar yang paling baik digunakan pada kemiringan 0% untuk pilar jembatan dibandingkan pilar bentuk persegi panjang.

3.2. Kedalaman gerusan lokal antara pilar persegi panjang dan trapezoid,

Debit bukaan I pada kemiringan 0,25%.



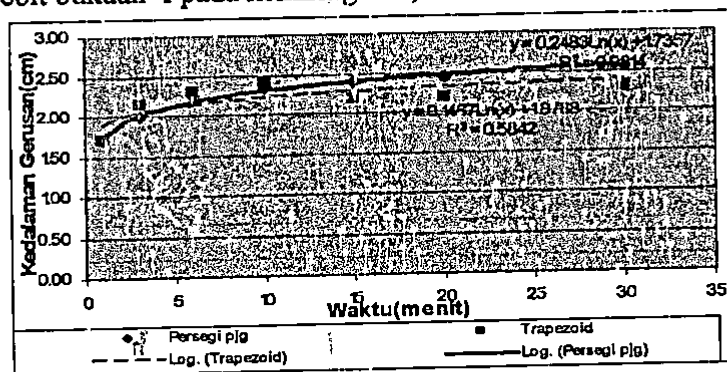
Gambar 5.11. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan

Dari Gambar 5.11. di atas dapat dilihat hubungan kedalaman gerusan dengan perubahan waktu, kedalaman gerusan kedua pilar mempunyai perubahan nilai yang cukup besar, dapat dilihat pada jarak kedua grafik semakin mendekat dibandingkan dari Gambar 5.10. Pada bentuk pilar persegi panjang menggunakan debit $455 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman gerusan (d_s) = 0 cm; 1,45 cm; 1,80 cm; 2,20 cm; 2,35 cm; 2,45 cm; 2,55 cm; 2,65 cm. Dapat dilihat dari nilai, kedalaman gerusannya semakin bertambah dengan perubahan waktu.

Untuk pilar trapezoid menggunakan debit $455 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman gerusan (d_s) = 0 cm; 1,35 cm; 1,55 cm; 1,60 cm; 1,75 cm; 1,85 cm; 1,90 cm; 1,95 cm. Sama dengan hal pada bentuk pilar persegi panjang, pilar bentuk trapezoid juga mengalami penambahan kedalaman gerusan terhadap perubahan waktu. Dengan penambahan kemiringan saluran, jarak grafik antara kedua juga dipengaruhi oleh kecepatan aliran.

Dari pengamatan dan dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan debit yang sama pada kedua bentuk pilar dan kemiringan 0,25%, pilar dengan bentuk trapezoid yang paling baik digunakan untuk perencanaan pilar jembatan.

3.3. Kedalaman gerusan lokal antara pilar persegi panjang dan trapezoid, Debit bukaan I pada kemiringan 0,5%.



Gambar 5.12. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada bukaan I

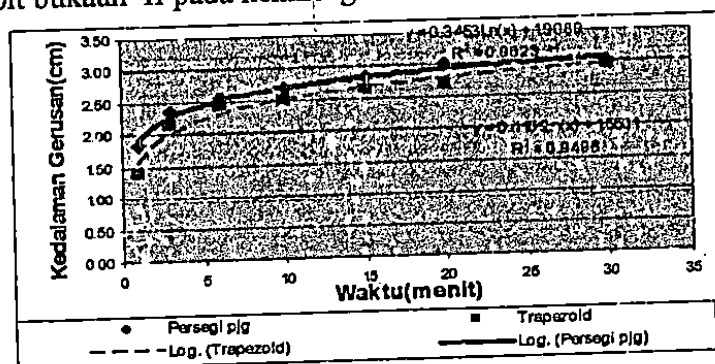
Dari Gambar 5.12. di atas dapat dilihat hubungan kedalaman gerusan dengan perubahan waktu, dimana pada kemiringan 0,5% menggunakan debit

trapezoid $461,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$. Adapun nilai kedalaman gerusan untuk pilar persegi panjang (ds) = 0 cm; 1,70 cm; 2 cm; 2,25 cm; 2,35 cm; 2,40 cm; 2,45 cm; 2,55 cm. Nilai kedalaman gerusan untuk pilar trapezoid (h) = 0 cm; 1,70 cm; 2,15 cm; 2,30 cm; 2,40 cm; 2,20 cm; 2,30 cm. Kedalaman gerusan yang terjadi pada pilar persegi panjang mengalami penambahan nilai kedalaman terhadap perubahan waktu. Sedangkan untuk pilar trapezoid mengalami penurunan kedalaman gerusan pada menit ke 15 sampai menit ke 20 dan pada menit ke 30 terjadi penambahan kedalaman gerusan.

Dibandingkan dari kedua Gambar 5.10. dan Gambar 5.11., Gambar 5.12. ini jarak antara kedua grafik lebih dekat, hal ini dipengaruhi oleh kemiringan saluran dan kecepatan aliran. Pada kemiringan saluran 0,5% dan bukaan ini bentuk pilar trapezoid masih paling baik untuk digunakan sebagai pilar jembatan.

3.4. Kedalaman gerusan lokal antara pilar persegi panjang dan trapezoid,

Debit bukaan II pada kemiringan 0%.

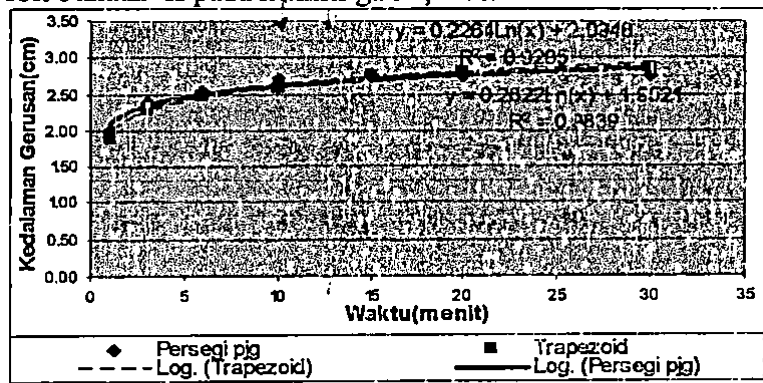


Gambar 5.13. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada bukaan II.

Dari Gambar 5.13. di atas dapat dilihat nilai kedalaman gerusan yang terjadi pada berbagai waktu. Kedalaman gerusan yang terjadi juga mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Nilai kedalaman gerusan untuk pilar persegi panjang (h) = 0 cm; 1,85 cm; 2,35 cm; 2,55 cm; 2,70 cm; 2,85 cm; 3 cm; 3 cm, dan debit yang digunakan $567 \text{ cm}^3/\text{dtk}$. Sedangkan nilai kedalaman gerusan untuk pilar trapezoid (h) = 0 cm; 1,40 cm; 2,15 cm; 2,45 cm; 2,50 cm; 2,65 cm; 2,70; 2,95 cm dengan menggunakan debit $576 \text{ cm}^3/\text{dtk}$. Kedalaman yang sama pada

material dasar telah habis terkikis oleh aliran air yang melalui *flume* tersebut, ini terjadi juga dikarenakan ketebalan material dasar yang terbatas yang digunakan dalam penelitian ini kurang terjadinya proses gerusan. Jarak dari kedua grafik ini di pengaruhi oleh debit, kemiringan saluran dan kecepatan aliran.

3.5. Kedalaman gerusan lokal antara pilar persegi panjang dan trapezoid, Debit bukaan II pada kemiringan 0,25%.



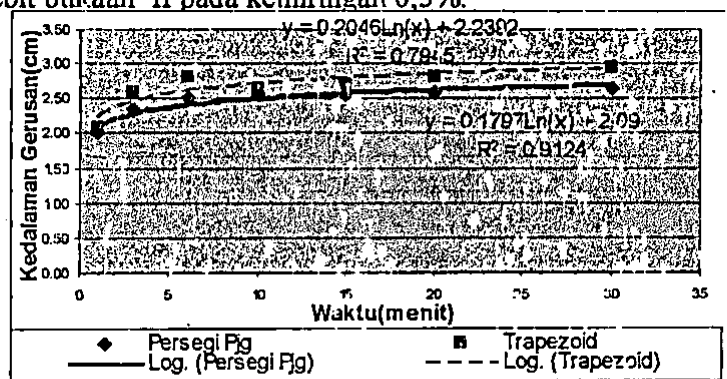
Gambar 5.14. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada bukaan II.

Dari Gambar 5.14. di atas dapat dilihat hubungan kedalaman gerusan yang terjadi meningkat dari waktu ke waktu. Peningkatan kedalaman gerusan ini sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya debit, kemiringan saluran dan bentuk pilar yang digunakan, dari gambar tersebut juga dapat dilihat perbedaan kedalaman gerusan yang terjadi untuk masing-masing pilar. Dari kedua bentuk pilar yang dibandingkan tersebut nampak perbedaan kedalaman gerusan. Kedalaman gerusan mengalami peningkatan sampai menit ke 15, setelah menit ke 15 tidak terjadi penambahan kedalaman sampai menit ke 30, untuk pilar dengan bentuk persegi panjang mulai dari kedalaman (d_s) = 0 cm; 2 cm; 2,4 cm; 2,55 cm; 2,7 cm; 2,75 cm; 2,75 cm; 2,75 cm, dengan menggunakan debit 575,33 cm³/dtk. Peningkatan kedalaman gerusan juga terjadi pada pilar dengan bentuk trapezoid mulai dari kedalaman (h) = 0 cm; 1,90 cm; 2,30 cm; 2,50 cm; 2,60 cm; 2,75 cm; 2,80 cm; 2,85 cm, dengan menggunakan debit 581,33 cm³/dtk. Peningkatan kedalaman

pengamatan yang telah dilakukan kedalaman maksimum terjadi pada menit ke 30 untuk masing-masing pilar. Pilar yang paling baik digunakan adalah bentuk pilar persegi panjang. Jarak antara kedua grafik sangat dekat, hal ini disebabkan oleh kemiringan saluran dan kecepatan aliran.

3.6. Kedalaman gerusan lokal antara pilar persegi panjang dan trapezoid,

Debit bukaan II pada kemiringan 0,5%.

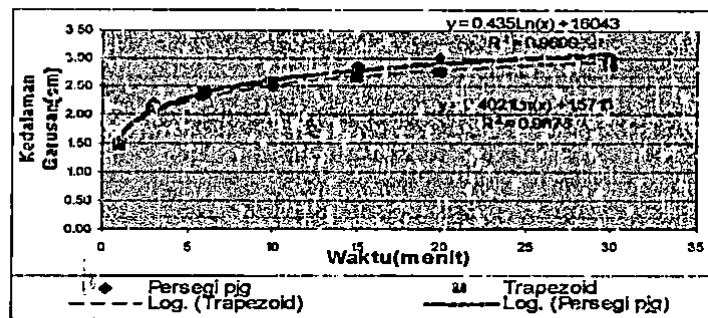


Gambar 5.15. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada bukaan II.

Dari Gambar 5.15. di atas dapat dilihat nilai kedalaman yang terjadi pada berbagai waktu. Kedalaman gerusan yang terjadi *fluktuatif* dari waktu ke waktu. Untuk pilar persegi panjang mempunyai kedalaman gerusan (ds) = 0 cm; 2,0 cm; 2,35 cm; 2,50 cm; 2,55 cm; 2,55 cm; 2,60 cm, 2,65 cm, pada menit ke 15 mengalami penurunan nilai kedalaman gerusan. Penurunan nilai ini disebabkan oleh debit yang digunakan 575,67 cm³/dtk, kemiringan saluran 0,5% dan kecepatan aliran yang mempengaruhi nilai kedalaman gerusan. Akibatnya di sekitar pilar adanya *supply* material dari daerah hulu. Penelitian ini tidak membahas berapa besarnya *supply* yang ada, penelitian ini hanya mencatat dalamnya gerusan yang terjadi akibat variasi debit dan variasi kemiringan saluran. Sedangkan kedalaman gerusan yang terjadi pada pilar trapezoid (ds) = 0 cm; 2,10 cm; 2,60 cm; 2,80 cm; 2,65 cm; 2,70 cm; 2,80 cm; 2,95 cm, dan menggunakan debit 585 cm³/dtk. Peningkatan kedalaman gerusan terjadi pada menit ke 1, 3, 6,

Dari pengamatan dan dilihat dari gambar, untuk kemiringan saluran 0,5% bentuk pilar yang cocok digunakan adalah bentuk pilar persegi panjang. Pada kenyataan dilapangan pembuatan jembatan sangat menghindari saluran dengan kemiringan yang besar.

3.7. Kedalaman gerusan lokal antara pilar persegi panjang dan trapezoid, Debit bukaan III pada kemiringan 0%.

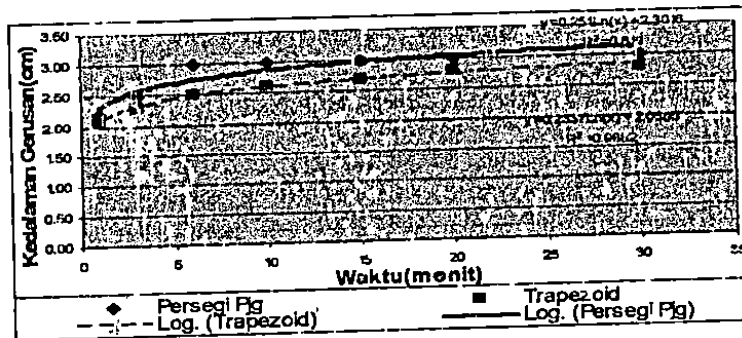


Gambar 5.16. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada bukaan III.

Dari Gambar, 5.16. di atas dapat dilihat perubahan kedalaman gerusan dengan adanya perubahan waktu. Pada percobaan ini menggunakan debit 638,33 cm³/dtk untuk pilar persegi panjang, dengan kedalaman gerusan yang terjadi (ds) = 0 cm; 1,55 cm; 2,20 cm; 2,35 cm; 2,50 cm; 2,85 cm; 3,0 cm; 3,0 cm. Sedangkan untuk bentuk pilar trapezoid menggunakan debit 637,33 cm³/dtk, dengan kedalaman gerusan (ds) = 0 cm; 1,45 cm; 2,10 cm; 2,40 cm; 2,55 cm; 2,65 cm; 2,75 cm; 2,85 cm. Pada pilar persegi panjang pada menit ke 20 dan ke 30 terjadi kesamaan kedalaman, ini terjadi dikarenakan pada menit tersebut di atas material dasar telah habis terkikis oleh aliran air yang melalui *flume* tersebut, ini terjadi juga dikarenakan ketebalan material dasar yang terbatas yang digunakan dalam penelitian ini kurang mencukupi terjadinya proses gerusan.

Dari pengamatan dan gambar dapat dikatakan pilar trapezoid lebih baik dibanding pada debit bukaan III dan kemiringan saluran 0%.

3.8. Kedalaman gerusan lokal antara pilar persegi panjang dan trapezoid,
Debit bukaan III pada kemiringan 0,25%.



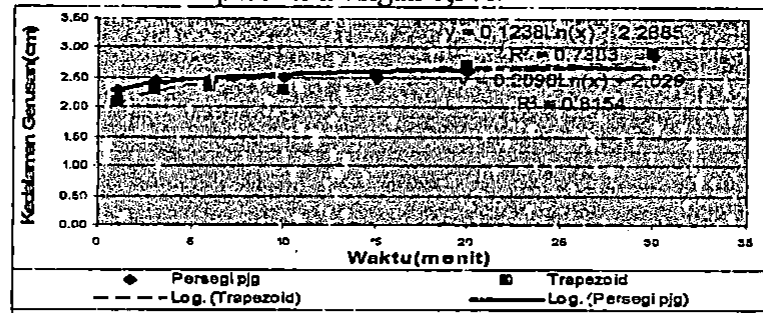
**Gambar 5.17. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan
Pada bukaan III**

Dari Gambar 5.17. di atas dapat dilihat nilai kedalaman gerusan yang terjadi pada berbagai waktu. Kedalaman gerusan yang terjadi juga mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Pada bentuk pilar persegi panjang menggunakan debit $649,00 \text{ cm}^3/\text{dtk}$, dengan kedalaman gerusan yang terjadi di sekitar pilar (ds) = 0 cm; 2,20 cm; 2,50 cm; 3,0 cm; 3,0 cm; 3,0 cm; 3,0 cm; 3,0 cm. Kedalaman gerusan yang mengalami persamaan terjadi pada menit ke 6, 10, 15, 20, 30 untuk pilar persegi panjang, sedangkan untuk pilar trapezoid mempunyai kedalaman gerusan (ds) = 0 cm; 2,05 cm; 2,30 cm; 2,50 cm; 2,60 cm; 2,70 cm; 2,80 cm; 2,80 cm, dan mengalami persamaan kedalaman pada menit ke 20 dan menit ke 30. Pilar yang mengalami persamaan kedalaman pada bentuk pilar persegi panjang dikarenakan ketebalan material dasar yang terbatas yang digunakan dalam penelitian ini kurang mencukupi terjadinya proses gerusan. Sedangkan pada bentuk pilar trapezoid dengan debit $642,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ hanya mampu membuat kedalaman gerusan yang paling maksimum 2,80 cm.

Jadi dari pengamatan bentuk pilar trapezoidlah yang cocok dan baik untuk

3.9. Kedalaman gerusan lokal antara pilar persegi panjang dan trapezoid,

Debit bukaan III pada kemiringan 0,5%.



Gambar 5.18. Hubungan waktu dengan kedalaman gerusan pada bukaan III.

Dari Gambar 5.18. di atas dapat dilihat nilai kedalaman gerusan yang terjadi pada berbagai waktu. Peningkatan kedalaman gerusan ini sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya debit, kemiringan saluran dan bentuk pilar yang digunakan, dari gambar tersebut juga dapat dilihat perbedaan kedalaman gerusan yang terjadi pada masing-masing pilar. Dari kedua bentuk pilar yang dibandingkan tersebut nampak perbedaan kedalaman. Kedalaman gerusan pada bentuk pilar persegi panjang dengan menggunakan debit $653,33 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ adalah (h) = 0 cm; 2,30 cm; 2,45 cm; 2,45 cm; 2,50 cm; 2,50 cm; 2,60 cm; 2,85 cm. Kedalaman gerusan yang terjadi pada menit ke 3 dan menit ke 6 sama, menit ke 10 dengan menit ke 15, hal ini disebabkan oleh besarnya debit yang melewati *flume*, kemiringan saluran yang mengakibatkan penambahan material dasar di sekitar pilar. Sedangkan untuk bentuk pilar trapezoid menggunakan debit $650,67 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dan mempunyai nilai kedalaman gerusan (h) = 0 cm; 2,10 cm; 2,30 cm; 2,35 cm; 2,30 cm; 2,55 cm; 2,70 cm; 2,90 cm. Dari nilai tersebut pada menit ke 10 terjadi penurunan nilai kedalaman, hal ini sama dengan kasus pada pilar persegi panjang.

Dari pengamatan dan gambar dapat disimpulkan, untuk kondisi dengan debit besar seperti bukaan ketiga ini, kemiringan saluran yang digunakan cukup besar dan kecepatan aliran juga besar maka bentuk pilar yang baik untuk digunakan pada jembatan adalah bentuk pilar persegi panjang.