

KINERJA PERKUATAN TEBING SALURAN DENGAN BRONJONG DI BELOKAN 120⁰ AKIBAT BANJIR BANDANG (UJI EKSPERIMENTAL DI LABORATORIUM)

Darwizal Daoed¹, Sunaryo², Bambang Istijono³ dan Wahyu Putra Utama⁴

ABSTRAK

Kawasan perbukitan yang mana kemiringan lerengnya sangat tajam dan tajam, yakni lebih dari 30o sangat sering terjadi keruntuhan tebing. Akibat keruntuhan tebing ini akan menyebabkan lembah tertimbun oleh material tanah, batuan dan pohon. Ketika curah hujan besar dan intensitas tinggi lembah akan terisi air, sedangkan debit air yang mengalir relatif kecil. Hal ini disebabkan oleh adanya tumpukan material runtuh yang berada di lembah yang secara tidak langsung berfungsi sebagai bendung alamiah. Suatu ketika bendung ini akan jebol dan terjadilah banjir bandang (flashflood). Banjir bandang dapat merubah geometri saluran, terutama pada daerah belokan. Trase belokan akan berubah menjadi lurus akibat hantaman banjir. Disamping merubah alur aliran dapat juga memperlebar dasar saluran. Untuk mempertahankan agar saluran tidak berubah secara geometrik, maka dilakukan pembuatan dinding bronjong sebagai perkuatan. Tetapi dari sekian banyak dinding bronjong yang dibuat ada beberapa yang tidak berfungsi dengan baik. Dimana kelihatan dalam jangka waktu kurang dari dua tahun dinding dari bronjong sudah runtuh. Ketidakstabilan bronjong disebabkan oleh daya rusak air yang membentur tebing saluran. Benturan air ke sisi luar dan kembali ke sisi dalam membentuk gerakan spiral menuju ke hilir tikungan. Pada penelitian terdahulu sisi luar tikungan pada bagian hilir dominan tergerus dan pada sisi dalam terjadi penumpukan sedimen (Daoed, Februarman,2008). Untuk itu perlu dilakukan perkuatan pada sisi luar belokan dan dilakukan pengujian terhadap kinerja bronjong pada ujung hilir tikungan dan awal tikungan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa, keruntuhan bronjong terjadi pada awal dan akhir tikungan, dan setelah diperkuat dengan perkuatan gabungan arah horizontal dan vertikal (menjadikan elemen struktur lebih kompak), dan kemiringan dasar saluran ekstrim yakni hingga 7%, terlihat hanya bagian hilir tikungan saja yang mengalami keruntuhan. Sebaliknya untuk kemiringan lebih terjal, maka keruntuhan semakin cepat. Ini menunjukkan, bahwa bagian hilir tikungan perlu didesain dengan perkuatan yang lebih stabil.

Kata kunci : Kemiringan, belokan, bronjong, saluran.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kawasan perbukitan yang mana kemiringan lerengnya sangat tajam dan tajam, yakni lebih dari 300 sangat sering terjadi keruntuhan tebing. Akibat keruntuhan tebing ini akan menyebabkan lembah tertimbun dan material tanah, batuan dan pohon. Ketika curah hujan besar dan intensitas tinggi lembah akan terisi air, sedangkan debit air yang mengalir relatif kecil. Hal ini disebabkan oleh

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, darwizaldoed@ft.unand.ac.id

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas

³ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas

⁴ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas

adanya tumpukan material runtuh yang berada di lembah yang secara tidak langsung berfungsi sebagai bendung alamiah. Suatu ketika bendung ini akan jebol dan terjadilah banjir bandang (*flash flood*).

Banjir bandang dapat merubah geometri saluran, terutama pada daerah belokan. Trase belokan akan berubah menjadi lurus akibat hantaman banjir. Disamping merubah alur aliran dapat juga memperlebar dasar saluran. Untuk mempertahankan agar saluran tidak berubah secara geometrik, maka dilakukan pembuatan dinding bronjong sebagai perkuatan. Bronjong adalah “konstruksi sebagai penahan dan pelindung yang terbuat dari anyaman dari belahan-belahan bamboo atau kawat-kawat atau dari bahan- bahan lain, yang diisi dengan batu-batu untuk tujuan tertentu” (dikutip dari buku Bronjong Dinas PU).

Hal ini dilakukan sebagai tindakan darurat dan juga pembuatannya lebih cepat dan teknologinya sederhana. Tetapi dari sekian banyak dinding bronjong yang dibuat ada beberapa yang tidak berfungsi dengan baik. Dimana kelihatan dalam jangka waktu 1-2 tahun dinding dari bronjong sudah runtuh. Bahkan di beberapa tempat dapat lebih mempercepat terjadinya gerusan, karena penempatan bronjong yang salah. Sehingga mengkhawatirkan akan menyebabkan bencana susulan. Telah banyak bangunan bronjong yang telah dibangun, namun banyak pula bangunan bronjong yang mengalami kerusakan. Salah satu penyebab terjadinya kerusakan pada bronjong adalah akibat gerusan. Gerusan itu sendiri terjadi akibat banyaknya penambang pasir liar di hilir bronjong. Dampak dari penambangan ini mengakibatkan penurunan dari elevasi dasar sungai, sehingga kemiringan dasar sungai akan semakin curam. Dengan curamnya kemiringan dasar sungai, maka akan merubah pula kecepatan alirannya dengan demikian kedalaman normal sungai menjadi semakin rendah dan kecepatan aliran di hilir bronjong menjadi semakin besar. Pengaruh penambahan kecepatan ini akan mengakibatkan gerusan di dasar sungai yang secara perlahan akan bergerak ke hulu sampai pada kaki bronjong (Priyantoro, 1987 : 2).



Gambar 1. Pembangunan Bronjong Batu Kali pada Belokan di Batang Limau Manih, Kecamatan Pauh, Padang

1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental tentang perilaku struktur bronjong batu kali pada tikungan. Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengamati kinerja struktur bronjong sebagai dinding penahan tebing.
2. Untuk mengamati pengaruh kemiringan saluran terhadap volume keruntuhan dari bronjong.
3. Untuk memprediksi berapa lama bronjong masih berfungsi dengan baik.

Manfaat yang diharapkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi para teknisi dibidang hidrolika dan dapat meningkatkan ketelitian perencanaan khususnya dalam perencanaan pemasangan bronjong batu kali yang bisa tahan terhadap bencana, khususnya banjir bandang.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan diantaranya yaitu :

1. Material sedimen yang digunakan untuk penelitian ini adalah sedimen alam non kohesif. Material diambil dari material dasar Sungai Batang Kuranji, Padang, Propinsi Sumatera Barat.
2. Penelitian ini menggunakan saluran buatan yang berupa flume berbentuk segi empat dengan lebar saluran 0,4 m, tinggi dinding saluran 0,4 m, dan total panjang saluran 12,8 m yang dinding dan dasar salurannya terbuat dari acrylic dan memiliki belokan di bagian tengahnya yang ada di Laboratorium Mekanika Fluida Dan Hidrolika, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang.
3. Kondisi aliran adalah clear water, (dibuat untuk memudahkan pemantauan penggerusan).
4. Elemen bronjong dengan skala 1:40 terdiri atas 2 macam yaitu bronjong tidak terikat satu sama lain dan bronjong terikat satu sama lain.
5. Kemiringan saluran arah memanjang divariasikan untuk mensimulasikan banjir bandang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Hasil penelitian terdahulu pada belokan dengan sudut tikungan 60o dan 120o menunjukkan, bahwa keruntuhan atau gerusan dominan terjadi pada bagian tengah hingga ujung bagian hilir tikungan. Sedangkan pengendapan dominan terjadi pada tikungan sebelah dalam bagian awal tikungan hingga bagian tengah. (Darwizal, Februarman, dkk 2006). Pengaruh kemiringan melintang (superelevasi) saluran ke arah dalam tikungan pada daerah belokan menunjukkan bahwa, sedimentasi dan erosi semakin besar dibandingkan dengan tanpa superelevasi (Darwizal, Februarman, Rahmadona 2009). Sebaliknya untuk kemiringan arah melintang (superelevasi) ke arah luar tikungan menunjukkan semakin besar superlelevasi, maka pengikisan dan pengendapan akan semakin kecil dibandingkan dengan tanpa superlelevasi (Darwizal, Ahasanul 2011).

Perilaku bronjong sebagai dinding penahan pada belokan menunjukkan hasil yang baik, tetapi masih cepat runtuh, terutama pada bagian awal dan akhir tikungan. Terdapat kecenderungan bahwa gerusan sedimen yang paling besar terjadi pada awal dan akhir tikungan. Model bronjong $h/b = 1$ lebih efektif digunakan untuk menahan sedimen dibandingkan dengan model bronjong $h/b < 1$ (Darwizal, Nofri E, 2012) . Disamping itu stabilitas struktur bronjong pada tikungan 120o, terutama pada bagian akhir tikungan menuju daerah lurus, dimana keruntuhan semakin cepat. (Darwizal, Atika T.,2014).

2.2. Bronjong

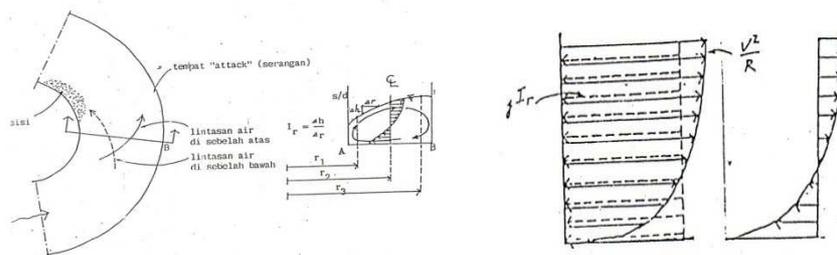
Bronjong/gabion merupakan suatu konstruksi yang tersusun dari batuan pecah dan di ikat oleh anyaman kawat. Tujuan dari pemasangan bronjong ini sendiri adalah untuk melindungi lereng tebing sungai.



Gambar 2. Bronjong sebagai Pelindung Tebing Sungai

2.3. Perilaku Aliran di Tikungan

Gerakan air pada saluran terbuka yang membelok, akan mengalami gaya lemparan ke sisi luar belokan yang disebut gaya sentripetal. Pada kondisi ini, aliran akan berusaha bergerak ke sisi luar. Pada Gambar 2 ditunjukkan skema gaya yang terjadi pada aliran di belokan dan sketsa pembentukan aliran helicoidal. Pada skema tersebut terlihat bahwa gaya sentripetal akan lebih besar di permukaan karena distribusi vertikal kecepatan di dekat permukaan adalah lebih besar dari pada di dekat dasar.



Gambar 3. Skema gaya pada aliran di belokan dan pembentukan aliran helicoidal

Sungai yang mempunyai belokan yang kurang lebih teratur biasa disebut meander. Pada meander sungai secara umum mempunyai kemiringan dasar yang sangat landai. Dasar sungai pada sisi luar belokan umumnya akan lebih dalam karena adanya kecepatan yang lebih besar pada sisi luar belokan tersebut. Gaya sentrifugal pada belokan akan menyebabkan timbulnya arus melintang sungai yang selanjutnya bersama dengan aliran utama akan membentuk aliran helicoidal. Besarnya kecepatan arus melintang ini berkisar antara 10%-15% dari kecepatan arah utama aliran (Kinori, 1984 dan Legono, 1986). Aliran pada saluran yang mengalami belokan dan kemiringan arah melintang (superelevasi) akan terjadi penggerusan pada sisi luar belokan terutama bagian hilir tikungan dan pengendapan terjadi pada sisi bagian dalam belokan, mulai dari bagian tengah hingga hilir tikungan (Daoed, dkk 2009).

2.4. Banjir Bandang

Banjir bandang merupakan suatu proses aliran air yang deras dan pekat karena disertai dengan muatan masif bongkah-bongkah batuan dan tanah serta batang-batang kayu (debris) yang berasal dari arah hulu sungai. Banjir bandang ini dipicu oleh faktor hidrologi yaitu intensitas hujan yang tinggi, faktor klimatologis, dan juga geologis antara lain longsor dan pembendungan alamiah di daerah hulu (Meon, 2006). Selain berbeda dari segi muatan yang terangkut di dalam aliran air

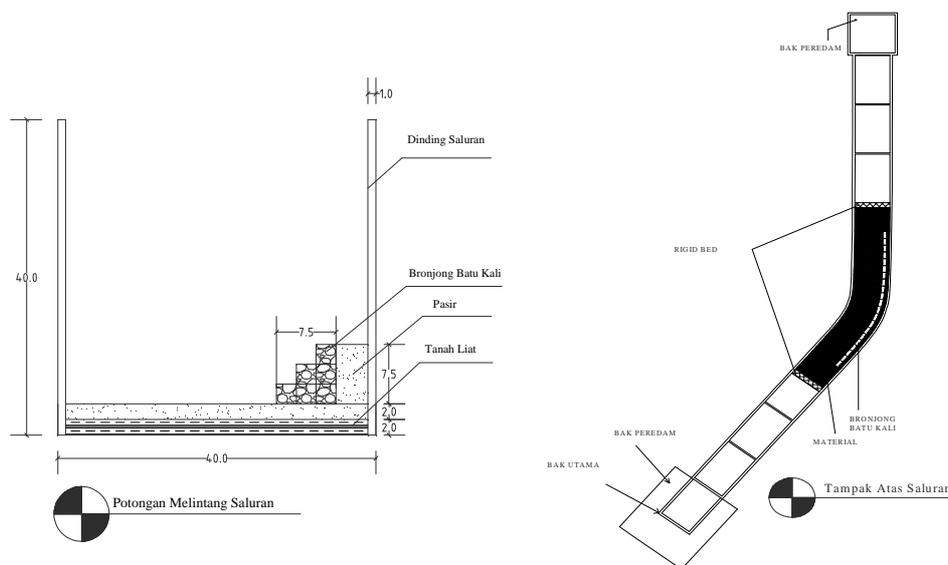
tersebut, banjir bandang ini juga berbeda dibandingkan banjir biasa. Sebab, dalam proses banjir ini, terjadi kenaikan debit air secara tiba-tiba dan cepat (Price, 2009).

3. METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada saluran terbuka dengan dimensi 40 cm x 40 cm dan panjang total saluran 12,0 m. Belokan diletakan pada jarak 5,5 m dari awal dibangkitkannya banjir. Banjir bandang dibangkitkan dengan melakukan variasi terhadap kemiringan arah memanjang (longitudinal). Masing-masing debit banjir yang dibangkitkan melalui variasi kemiringan saluran arah memanjang, kemudian dilakukan pengamatan terhadap volume bronjong yang runtuh.

Belokan saluran juga berupa penampang segiempat dengan lebar 40 cm, tinggi 40 cm dan panjang belokan 1,0 – 1,5 m dan panjang saluran setelah belokan adalah 4,0 - 4,5 m. Pada ujung-ujung saluran dilengkapi dengan tanki perata arus dan penampung air. Air dialirkan melalui pipa dan dinaikan dengan pompa (60-120) l/menit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 3, berikut ini.

Material pasir dan kerikil diambil dari Batang Kuranji, yang telah disaring dan dicuci, sehingga cukup bersih. Untuk kerikil dipilih batu pecah agar lebih mendekati dengan kondisi sebenarnya. Elemen bronjong dibuat 2,5 x 2,5 x 5 cm per unit yang terselubung dengan jaringan kawat, kemudian disusun masing-masing 3 lapis horizontal dan vertikal. Untuk susunan ke arah memanjang dilakukan seperti susunan batu bata.



Gambar 4. Sketsa tampak atas dan potongan melintang saluran

4. HASIL

4.1. Kinerja Struktur Bronjong sebagai Dinding Penahan Tebing Akibat Banjir Bandang

Setelah dilakukan percobaan dengan melakukan pengaliran air melalui berbagai kemiringan, dominan keruntuhan bronjong terdapat pada awal dan akhir tikungan. Gambar 4 menunjukkan salah satu bentuk keruntuhan di awal dan akhir tikungan yang terjadi.



Gambar 5. Kondisi bronjong dengan b/h =1 dan tanpa perkuatan pada kemiringan saluran 5% setelah dialirkan banjir dengan volume 0,09 m³

4.2. Pengaruh Kemiringan Saluran terhadap Volume Keruntuhan dari Bronjong

Pada pengamatan kedua ini dilakukan dengan membangkitkan banjir bandang melalui berbagai variasi kemiringan saluran, tetapi volume air yang di alirkan tetap. Diperoleh volume bronjong yang runtuh seperti pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Volume keruntuhan bronjong terhadap berbagai kemiringan saluran.

	Kemiringan (S)	kecepatan			volume air (cm3)	keruntuhan bronjong	
		jarak (cm)	waktu(dtk)	total kec.(cm/dtk)		jumlah	(cm3)
Percobaan I	1%	325	2,65	122,642	0,083655	1	31,25
		325	2,19	148,402	0,113685	2	62,5
		325	1,92	169,271	0,126555	6	187,5
	3%	325	2,13	152,582	0,06435	0	0
		325	1,72	188,953	0,10296	7	218,75
		325	1,56	208,333	0,14586	33	1031,25
	5%	325	1,72	188,953	0,070785	5	156,25
		325	1,65	196,970	0,09009	15	468,75
		325	1,47	221,088	0,12441	41	1281,25
percobaan II	1%	325	2,41	134,855	0,07722	0	0
	3%	325	2,32	140,086	0,07722	0	0
	5%	325	2,2	147,727	0,07722	9	281,25

4.3. Pengamatan Keruntuhan Bronjong dengan Perkuatan Horizontal dan Vertikal

Pada pengamatan ini elemen bronjong diikat satu sama lain sebanyak 4 elemen horizontal dan vertikal, seperti gambar berikut :



(a) Pengikatan arah horizontal saja (b) Pengikatan arah horizontal dan vertikal
Gambar 6. Bronjong dengan perkuatan horisontal gabungan (horizontal dan vertikal)

Adapun jumlah bidang runtuh untuk masing-masing perlakuan di atas diperoleh, seperti pada tabel-2 berikut.

Tabel 2. Volume Keruntuhan dan Lama Runtuh Bronjong dengan Perkuatan Horizontal dan Gabungan dengan Variasi Kemiringan Saluran

	Slope (S)	volume air (cm ³)	Keruntuhan bronjong		
			Jumlah	Volume (cm ³)	Lama Runtuh (menit)
Perkuatan horizontal	1%	0,09009	0	0	Tidak runtuh
	3%	0,09009	0	0	Tidak runtuh
	5%	0,09009	6	187,5	2,05
			1besar+2kecil		
	7%	0,09009	39	1218,75	1,56
7besar+11kecil					
Perkuatan gabungan	1%	0,09009	0	0	Tidak runtuh
	3%	0,09009	0	0	Tidak runtuh
	5%	0,09009	0	0	Tidak runtuh
	7%	0,09009	25	781,25	2,23
1 gbngn+1kecil					

Pada gambar-gambar dibawah ini dapat diamati perilaku keruntuhan pada daerah hilir dan hulu belokan setelah dialirkan banjir bandang.



Gambar 7. Kondisi Bronjong dengan perkuatan horizontal pada kemiringan saluran 5% setelah dialirkan banjir



Gambar 8. Kondisi bronjong dengan perkuatan horizontal pada kemiringan saluran 7% setelah dialirkan banjir



Gambar 9. Kondisi Bronjong dengan perkuatan gabungan pada kemiringan saluran 7% setelah dialirkan banjir

5. ANALISIS

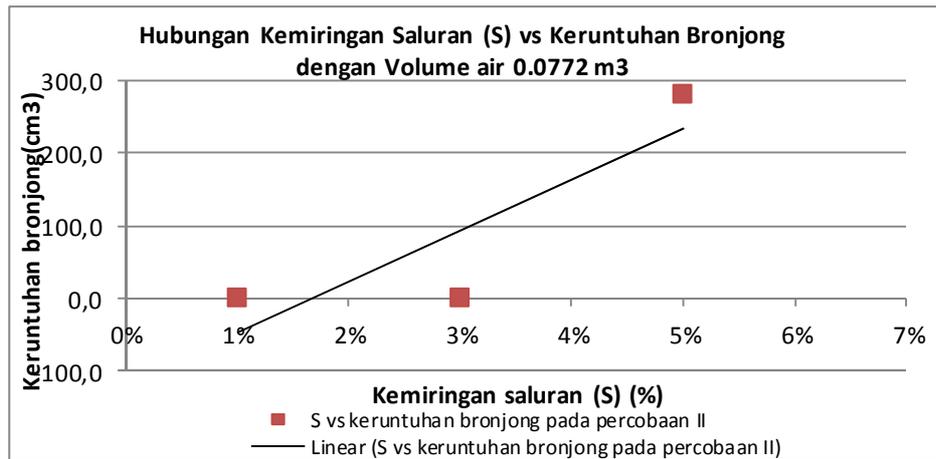
5.1. Letak Keruntuhan Bronjong pada Tikungan 120°

Untuk bronjong yang diletakkan di tikungan saluran ternyata tidak sepenuhnya stabil terutama pada bagian awal dan akhir tikungan, dimana bronjong akan cepat runtuh pada kedua daerah tersebut.

Hal ini disebabkan aliran yang mengalir melalui belokan akan membentuk aliran hellicoidal yakni berupa spiral yang bergerak ke arah hilir. Sehingga pada daerah hilir bagian luar tikungan akan terjadi pengikisan yang terus menerus selama pengaliran.

5.2. Analisis Keruntuhan Bronjong terhadap Volume Air Tetap dengan Kemiringan Arah Memanjang Bervariasi pada Tikungan 120⁰

Terlihat bila kemiringan arah memanjang diperbesar, maka keruntuhan akan lebih cepat terjadi dengan volume air tetap. Pada grafik di bawah ini terdapat hubungan antara kemiringan saluran dengan volume keruntuhan., dimana volume air ditetapkan sebesar 0.0772 m³

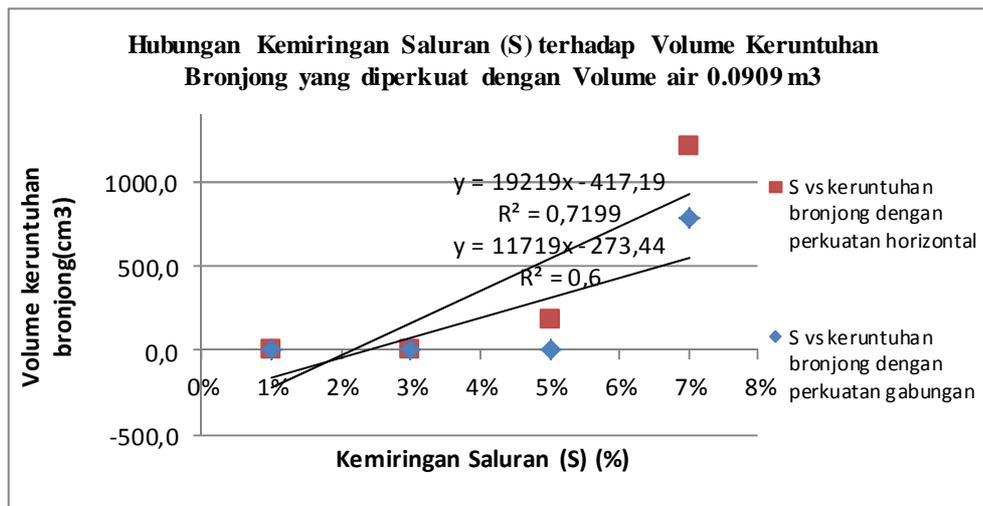


Gambar 10. Grafik Hubungan Kemiringan Saluran terhadap Volume keruntuhan bronjong volume air 0,0772 m³

Dari grafik terlihat bahwa, volume keruntuhan bronjong semakin besar pada kemiringan saluran semakin besar pula.

5.3. Analisis Pengaruh Bronjong dengan Perkuatan Horizontal dan Perkuatan Gabungan terhadap Volume Air Tetap pada Tikungan 120⁰

Dari tabel-2 menunjukkan bahwa, keruntuhan bronjong tidak terjadi pada kemiringan kecil dari 5%, sebaliknya untuk kemiringan lebih besar dari 5% keruntuhan lebih signifikan. Gambar 10 di bawah ini juga memperlihatkan hubungan keruntuhan bronjong dengan kemiringan saluran. Dimana pada perkuatan bronjong gabungan kinerjanya lebih baik dibandingkan perkuatan hanya horizontal saja.



Gambar 11 Grafik Hubungan kemiringan saluran terhadap volume keruntuhan bronjong yang diperkuat dengan volume air 0,09009 m³

6. PEMBAHASAN

Dari perlakuan yang dibuat terlihat bahwa perkuatan tebing dengan bronjong yang diperkuat gabungan cukup baik dibandingkan dengan perkuatan horizontal. Tetapi perlu diamati, bahwa penggerusan masih dominan terjadi pada hilir tikungan. Hal ini terjadi hampir disetiap perlakuan terutama pada kemiringan saluran lebih dari 5%. Sementara itu pada kemiringan saluran 7% keruntuhan terpusat pada akhir tikungan. Hal ini terjadi karena pusaran air sudah terlalu besar dan meliwati tinggi dari tebing, sehingga penggerusan sudah meliwati bronjong. Untuk lama waktu runtuh terlihat bahwa semakin besar kemiringan saluran, maka pukulan air yang datang ke belokan semakin besar, sehingga keruntuhan akan semakin cepat terjadi. Juga bila bronjong diperkuat vertikal dan horizontal akan lebih lama runtuh daripada hanya horizontal saja.

7. KESIMPULAN

Setelah mengamati dan menganalisa data yang ada, dapat disimpulkan beberapa poin berikut :

1. Ada kecenderungan perkuatan dengan bronjong yang berada di awal dan akhir tikungan rentan terhadap keruntuhan.
2. Semakin besar kemiringan saluran, maka semakin besar volume keruntuhan bronjong baik dengan perkuatan maupun tanpa perkuatan.
3. Bronjong yang diberikan perkuatan secara gabungan jauh lebih baik daripada perkuatan hanya arah horizontal saja.
4. Waktu runtuh bronjong dengan perkuatan gabungan lebih lama dari pada perkuatan hanya horizontal saja.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Daod D., Hadie M.S.N., Junaidi (2006), Pengaruh Variasi Geometri Tikungan Terhadap Karakteristik Penyebaran Sedimen Dan Pembentukan Lapisan Armouring Di Dasar Saluran, Universitas Andalas, Padang.
- Daod, Darwizal, Februarman, M. Subhi NH., (2009), Pengaruh Bentuk dan Superelevasi Tikungan Terhadap Pola Penyebaran Sedimen, Laporan Hasil Penelitian Fundamental, Dikti Dep. Diknas.

- Efendi N, (2013), Studi Eksperimental Pola Gerusan Akibat Variasi Struktur Bronjong pada Tikungan 120⁰, Universitas Andalas, Tugas Akhir, Padang
- Harvien, Rizki (2006), Studi Eksperimental Pola Pembentukan Profil Dasar Saluran Pada Belokan 60 dan 90 Derajat, Universitas Andalas, Tugas Akhir, Padang
- Jansen P. Ph. (1979), Principles of River Engineering-The Non Tidal Alluvial River, CIP-gegevens Kononklijke Bibliotheek Den Haag, Facsimile edition, 1994.
- Khalik A (2009), Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Melintang Ke Arah Dalam Tikungan Saluran Terhadap Pola Penyebaran Sedimen, Universitas Andalas, Tugas Akhir, Padang.
- Kironoto, Bambang Agus (1997), Hidraulika Traspor Sedimen, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.