

LINTASAN BASAH MELALUI DASAR SUNGAI UNTUK LALU LINTAS KENDARAAN

Lanneke Tristanto¹⁾, Setyo Hardono²⁾, Rully Ranastra³⁾

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan^{1,2,3)}

Jl. A.H. Nasution 264, Bandung 40294

Email: lanneketristanto@gmail.com¹⁾, setyehardono@yahoo.com²⁾, rully.ranastra@gmail.com³⁾

Diterima : 26 Oktober 2009 ; Disetujui : 21 Desember 2009

ABSTRAK

Lintasan basah melalui dasar sungai sering dianggap sebagai lintasan darurat karena diharapkan dalam beberapa tahun akan diganti dengan jembatan permanen. Walaupun demikian, suatu lintasan yang direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, akan lebih bermanfaat dibanding jembatan yang kurang memenuhi syarat karena keterbatasan dana. Alinyemen vertikal lintasan basah merupakan kriteria perencanaan utama dalam memenuhi persyaratan keamanan dan kenyamanan lalu lintas kendaraan. Lintasan basah sesuai untuk profil sungai yang lebar dan landai serta keadaan banjir yang cepat surut. Makalah ini menjelaskan dasar perencanaan dan pelaksanaan lintasan basah tipe bronjong dan tipe lantai beton. Berdasarkan hasil kajian studi kasus yang membandingkan biaya aktual dari konstruksi lintasan basah terhadap jembatan semi-permanen tipe Bailey dan jembatan pejalan kaki tipe cable-stayed, terbukti bahwa lintasan basah tipe bronjong adalah solusi yang paling murah dan efisien.

Kata kunci: lintasan basah, alinyemen vertikal, bronjong, lintasan basah tipe bronjong, lintasan basah tipe lantai beton

ABSTRACT

Fords are frequently regarded as temporary crossings as it is expected that they will be replaced by permanent bridging in the near future. However, a properly constructed ford will be more effective than a poorly built bridge due to lack of funding. The main criterion for ford design is the vertical alignment to meet the required safety and comfort in vehicle riding quality. Fords are most suitable for wide rivers with short flooding periods. This paper describes the principals for design and construction of gabion and concrete ford types. The case study evaluation of an actual ford construction compared to the costs of a semi-permanent Bailey bridge and cable-stayed foot-bridge, reveals that the gabion ford is the most economical and efficient solution.

Key words: ford/weir/dip, vertical alignment, gabion, gabion ford, concrete ford

PENDAHULUAN

Lintasan basah dikembangkan berdasarkan model tekan dari struktur purba yang menggunakan batu-batu injak untuk penyeberangan kolam. Pada masa lampau lintasan basah dilaksanakan dengan cara uji-

coba karena belum tersedia suatu kriteria. Setelah lintasan basah selesai, diadakan percobaan dengan menjalankan mobil melalui lintasan, untuk membuktikan tingkat kenyamanan. Untuk membatasi uji coba tersebut, maka telah disusun kriteria perencanaan (Bingham,1979).



Hasil percobaan mewujudkan persyaratan alinyemen vertikal sebagai kriteria utama untuk menjaga keamanan dan kenyamanan lalu lintas kendaraan yang melalui dasar sungai. Makalah ini membahas segi perencanaan dan pelaksanaan lintasan basah tipe bronjong dan tipe lantai beton.

Pengkajian penghematan biaya potensial dalam disain lintasan basah pernah dilakukan di Amerika Serikat. Dengan anggapan bahwa semua tipe memiliki umur pelayanan 5 tahun, diperoleh perbandingan biaya pelaksanaan tipe bronjong sekitar 1/2 dari tipe lantai beton polos tanpa pipa gorong-gorong, dan 1/6 dari tipe lantai beton bertulang dengan pipa gorong-gorong (Hall, 1979). Biaya lintasan basah juga perlu diperbandingkan dengan biaya gorong-gorong atau jembatan sehingga terwujud suatu pertimbangan ekonomis yang memperhitungkan keadaan dan bahan setempat yang tersedia.

Lintasan basah tipe bronjong (Gambar 1.) yang memfasilitasi transportasi peralatan dan bahan dalam pelaksanaan proyek percontohan jembatan pejalan kaki tipe *cable-stayed* di sungai Cimandiri-Sukabumi menjadi studi kasus. Biaya pembuatan lintasan basah aktual diperbandingkan dengan perkiraan biaya jembatan semi-permanen tipe *Bailey* dan biaya aktual jembatan pejalan kaki tipe *cable-stayed*.

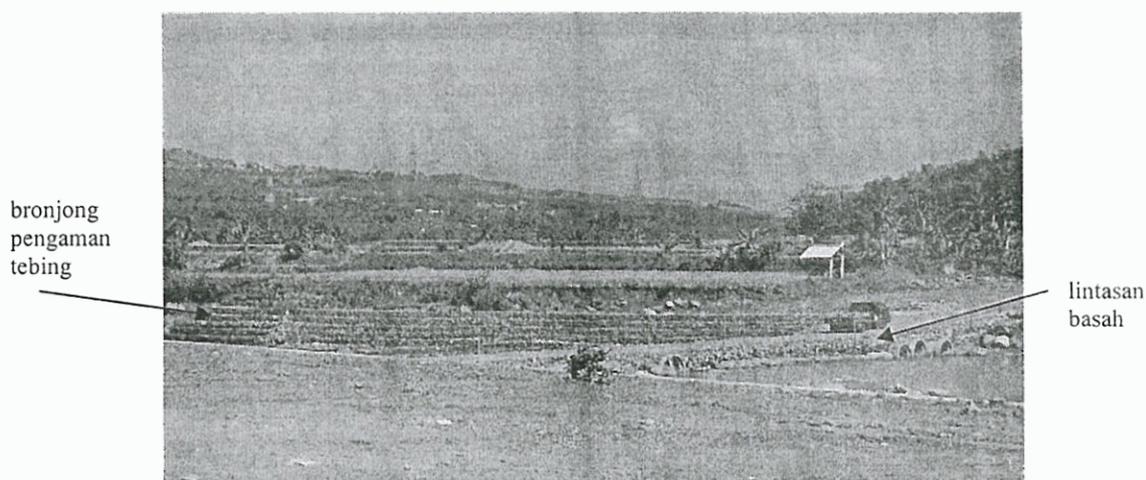
KAJIAN PUSTAKA

Sumber kajian lintasan basah

Dasar disain untuk lintasan basah tipe bronjong mengacu pada pengkajian penggunaan bronjong untuk lintasan basah di jalan perdesaan dan lokal yang dilakukan di Amerika Serikat (Leydecker, 1979). Keamanan dan kenyamanan alinyemen vertikal yang merupakan kriteria utama dalam pembuatan lintasan basah mengacu pada pengkajian disain dan pelaksanaan lintasan basah untuk lalu lintas kendaraan yang dilakukan di Amerika Serikat (Bingham, 1979).

Hasil kajian disain lintasan basah

Data dasar yang diperlukan untuk disain lintasan basah meliputi profil penampang sungai dan penampang melintang jalan penghubung, tinggi air normal dan air banjir, meander sungai dengan profil dan topografi, tinggi jalan penghubung dan luas daerah drainase sungai. Ujung-ujung lintasan harus kurang lebih berada pada elevasi air banjir yang telah dikoreksi dengan memperhitungkan penyempitan akibat konstruksi lintasan.



Gambar 1. Lintasan basah tipe bronjong dengan bentang 60 m

Panjang kurva vertikal L ditentukan oleh perubahan derajat kelandaian r yang maksimum diijinkan menurut kecepatan rencana sesuai peraturan geometrik jalan yang berlaku. Kurva cekung lebih berbahaya karena dipengaruhi oleh gaya gravitasi pada berat kendaraan, sehingga alinyemen direncanakan dengan nilai r lebih kecil. Untuk kelandaian G maximum 9% dan kecepatan rencana 45 km/jam, panjang kurva vertikal L minimum untuk mencapai kenyamanan adalah 200 feet, dan 400 feet untuk kecepatan rencana 60km/jam. Pada sungai yang tidak lebar, panjang kurva vertikal L harus ditentukan sesuai batasan perubahan derajat kelandaian vertikal r (Gambar 2). Panjang kurva vertikal L

berbentuk parabola (Caltrans, tt) dan harus direncanakan sebesar mungkin agar diperoleh alinyemen optimal sesuai perumusan berikut :

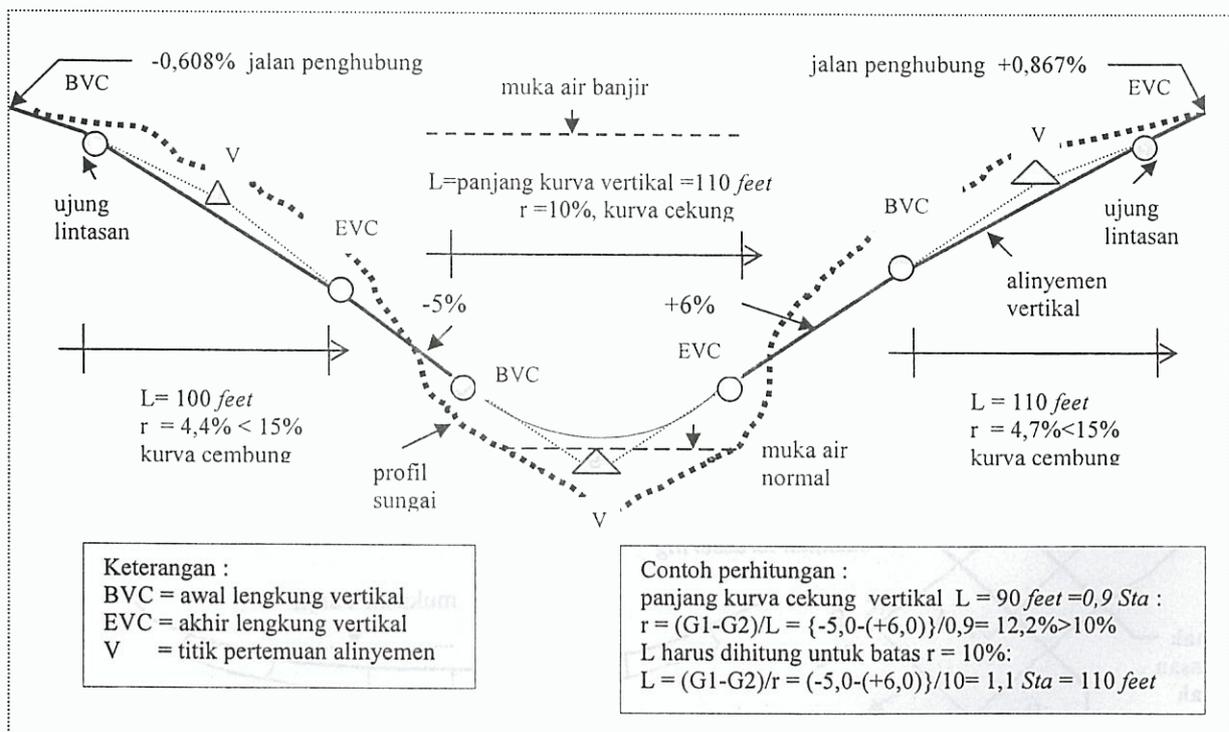
$$L = (G_1 - G_2) / r \quad \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- r = perubahan derajat kelandaian vertikal dalam persen sesuai batasan Tabel 1
- G_1, G_2 = kelandaian jalan dalam persen, naik adalah nilai positif dan turun adalah nilai negatif, G maksimum 9%
- L = panjang kurva vertikal, nilai mutlak dalam satuan *Sta*
(1,0 *Station* = 100 feet = 30,5m)

Tabel 1. Perubahan derajat kelandaian vertikal maksimum (r %)

	Kecepatan rencana	Kurva cekung	Kurva cembung
Jalan perdesaan	45 km/jam	$r \leq 10\%$	$r \leq 15\%$
Jalan lokal	60 km/jam	$r \leq 8\%$	$r \leq 12\%$



Gambar 2. Contoh sketsa profil sungai dan alinyemen vertikal lintasan basah



HIPOTESIS

Lintasan basah merupakan teknologi tepat guna untuk pembukaan jalan baru di pedalamam atau jalan akses di proyek jembatan, dan biaya yang diperlukan jauh lebih murah serta efisien dibanding jembatan darurat

METODOLOGI

Uji coba pelaksanaan lintasan basah dikaji dari segi kinerja terhadap lalu lintas kendaraan dan biaya aktual. Perbandingan biaya diperoleh dari data mobilisasi lintasan basah tipe bronjong dan jembatan pejalan kaki tipe *cable-stayed*. Sebagai alternatif pembanding dipilih jembatan semi-permanen tipe *Bailey-panel* yang juga sering digunakan.

HASIL DAN ANALISIS

Kondisi awal sungai di lokasi lintasan basah

Prototipe jembatan pejalan kaki tipe *cable-stayed* dengan bentang total 240m telah dibangun melintasi sungai Cimandiri-Sukabumi yang sering mengalami banjir sesaat. Pelaksanaan jembatan yang memerlukan akses lalu lintas kendaraan dari kedua tebing sungai telah didukung oleh lintasan basah tipe

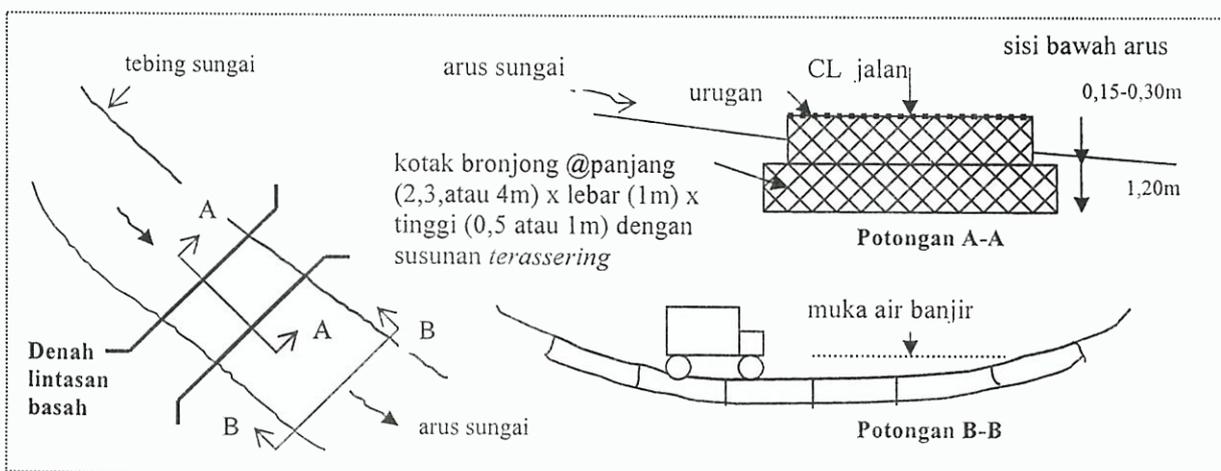
bronjong. Lokasi pembuatan lintasan basah dipilih pada bagian sungai paling landai dengan bentang 60m yang sependek mungkin. Lintasan basah adalah struktur pelantaian dasar sungai yang menggunakan bahan bronjong atau beton. Batasan perencanaan, pilihan tipe dan tahapan pelaksanaan untuk lintasan basah tipe bronjong dan lantai beton merupakan hasil kajian dengan uraian sebagai berikut.

Lintasan basah tipe bronjong

• Persyaratan dan fungsi

Lintasan basah tipe bronjong merupakan bendungan rembes air yang melayani lalu lintas (Gambar 3). Batas debit sungai adalah maksimum $15 \text{ m}^3/\text{detik}$, atau ditanggulangi dengan menggunakan beberapa pipa gorong-gorong di bagian aliran air deras atau palung sungai. Dengan demikian air normal merembes melalui bronjong dan pipa gorong-gorong, dan air banjir seketika meluap diatas bronjong.

Butir-butir halus yang terbawa aliran menjadi bahan pengikat untuk urugan batu sehingga permukaan menjadi rata dan pandangan lebih menyatu dengan alam sekitarnya. Dasar sungai harus landai sehingga mudah mengikuti alinyemen dan kecepatan rencana jalan penghubung. Tipe perkerasan jalan penghubung sebaiknya mengikuti lintasan dengan jalan kerikil.



Gambar 3. Sketsa lintasan basah tipe bronjong

- **Pelaksanaan lintasan basah tipe bronjong**

Pelaksanaan secara manual dilakukan dengan mengadakan galian selebar jalur jalan dan sedalam 1,2m sepanjang sisi bawah arus. Elevasi permukaan jalan pada titik terendah lintasan harus berada minimal 15 cm di atas dasar sungai di sisi bawah arus. Pipa gorong-gorong pada elevasi dasar palung sungai ditempatkan dengan keran atau *shovel*, dengan timbunan batu di atas pipa gorong-gorong minimal 50 cm. Kotak bronjong diikat satu dengan lain di darat dan kemudian ditempatkan dalam galian. Kotak bronjong yang tengah diisi terlebih dahulu agar berfungsi sebagai jangkar. Selama pengisian kotak bronjong berlangsung, alinyemen ditarik lurus dengan sling yang tertahan pada alat berat/truk. Setelah kotak bronjong selesai diisi dan tepi atasnya diratakan dengan lapisan batu permukaan, kotak diikat dan ditutup. Kemudian permukaan jalan diurug dengan pasir dan kerikil/sirtu dan sepanjang tepi

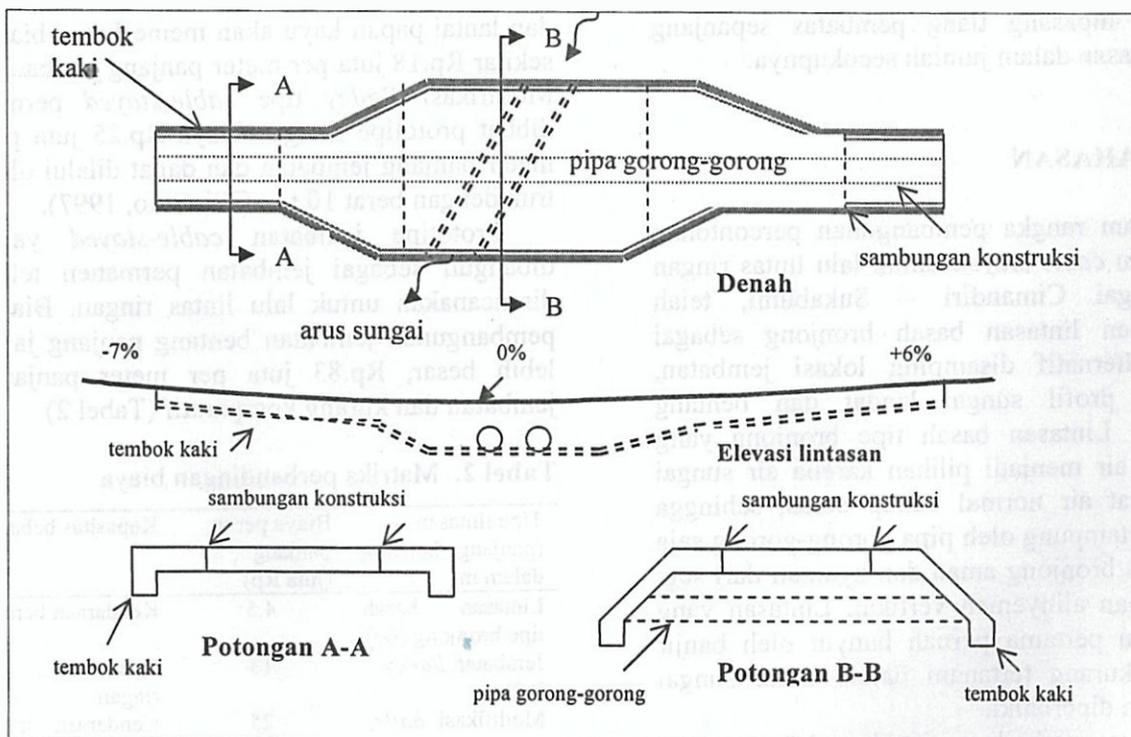
lintasan dipasang tiang pembatas dalam jumlah secukupnya

Kotak bronjong dapat diisi sebelum ditempatkan, dalam hal ini kotak bronjong tidak boleh dijatuhkan melainkan diangkat secara berhati-hati dengan keran/*shovel* kedalam dasar galian (Dept.P.U, 2008).

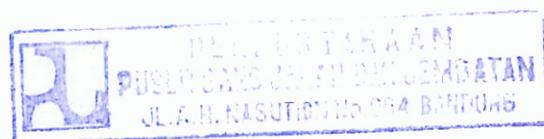
- **Lintasan basah tipe lantai beton**

- **Persyaratan dan fungsi**

Lintasan basah tipe lantai beton merupakan bendungan yang melayani lalu lintas, sebagai lintasan semi-permanen dengan umur rencana lebih panjang dari lintasan tipe bronjong (Gambar 4). Batas debit sungai diperbolehkan diatas 15 m³/detik. Air normal merembes melalui pipa gorong-gorong, dan air banjir seketika meluap di atas lintasan. Dasar sungai harus landai sehingga mudah mengikuti alinyemen dan kecepatan rencana jalan penghubung. Tipe perkerasan jalan penghubung mengikuti lintasan dengan permukaan jalan halus.



Gambar 4. Sketsa lintasan basah tipe lantai beton



- **Perencanaan dan pelaksanaan lintasan basah tipe lantai beton**

Perencanaan dilakukan dengan menentukan jumlah pipa gorong-gorong yang diperlukan berdasarkan tinggi air normal dan profil penampang sungai. Elevasi pipa gorong-gorong ditentukan berdasarkan penampang melintang sungai dan tinggi timbunan di atas pipa minimal 50 cm. Setelah ditentukan elevasi terendah lantai, diusahakan agar struktur serendah mungkin sehingga tekanan air dan hanyutan berkurang. Lantai beton direncanakan dengan tebal minimum 15cm, mutu beton minimum $f_c' 20$ MPa, penulangan praktis dari kisi-kisi atau batang baja, serta diberi tembok kaki sekeliling lantai.

Pelaksanaan dilakukan dengan memasang lantai pada timbunan yang dipadatkan di atas pipa gorong-gorong. Sambungan konstruksi dibuat setiap 5-6m untuk mencegah terjadinya retakan dalam beton. Lantai dapat dibuat segmental dan ditempatkan dengan keran, dengan sambungan konstruksi yang diberi jangkar penghubung dan cat penutup sebelum segmen berikut ditempatkan. Setelah lantai selesai, dipasang tiang pembatas sepanjang tepi lintasan dalam jumlah secukupnya.

PEMBAHASAN

Dalam rangka pembangunan percontohan jembatan *cable stayed* untuk lalu lintas ringan di sungai Cilandir – Sukabumi, telah digunakan lintasan basah bronjong sebagai jalan alternatif disamping lokasi jembatan, dengan profil sungai landai dan bentang terkecil. Lintasan basah tipe bronjong yang rembes air menjadi pilihan karena air sungai pada saat air normal cukup deras, sehingga tidak tertampung oleh pipa gorong-gorong saja. Lintasan bronjong aman dan nyaman dari segi kelandaian alinyemen vertikal. Lintasan yang dibangun pertama pernah hanyut oleh banjir karena kurang tertanam dalam dasar sungai dan telah diperbaiki.

Biaya perbaikan untuk $\sim 1/3$ panjang lintasan yang hanyut serta pengurangan ulang

pada seluruh lintasan adalah 91 juta Rp (Hardono, 2009). Biaya total untuk panjang lintasan 60 m dapat diperkirakan sebesar Rp.270 juta.

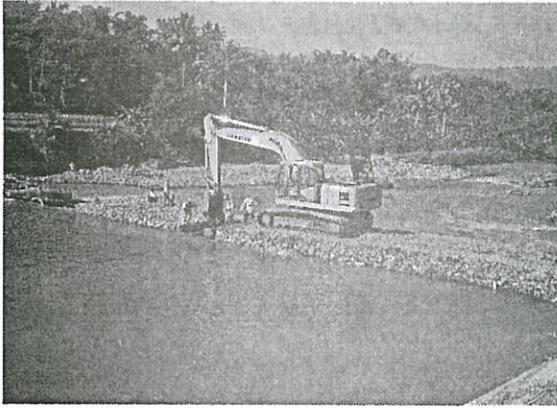
Pelaksanaan perbaikan dilakukan dengan bantuan *shovel* dalam penempatan kotak bronjong (Gambar 5) dan pipa gorong-gorong (Gambar 6), serta *finishing* permukaan jalan dengan sirtu/pasir pada lintasan bronjong yang disusun dalam 3 lapis masing-masing tebal 1m secara *terassering* (Gambar 7). Tiga pipa gorong-gorong masing-masing diameter 1m di lokasi palung sungai membantu kelancaran arus air (Gambar 8). Lintasan setelah selesai dapat dilalui oleh kendaraan/alat berat (Gambar 9). Pemasangan tiang pembatas (Gambar 10) menjaga keamanan lalu lintas kendaraan.

Lintasan basah merupakan solusi yang efisien dan ekonomis dibanding jembatan darurat. Biaya aktual untuk lintasan basah tipe bronjong untuk lebar jalan satu jalur 3m adalah sekitar Rp. 4,5 juta per meter panjang lintasan. Jembatan semi-permanen bebas banjir tipe *Bailey* dengan berat rangka baja $\sim 0,9$ ton/m dan lantai papan kayu akan memerlukan biaya sekitar Rp.18 juta per meter panjang jembatan. Modifikasi *Bailey* tipe *cable-stayed* pernah dibuat prototipe dengan biaya Rp.25 juta per meter panjang jembatan dan dapat dilalui oleh truk dengan berat 10 ton (Tristanto, 1997).

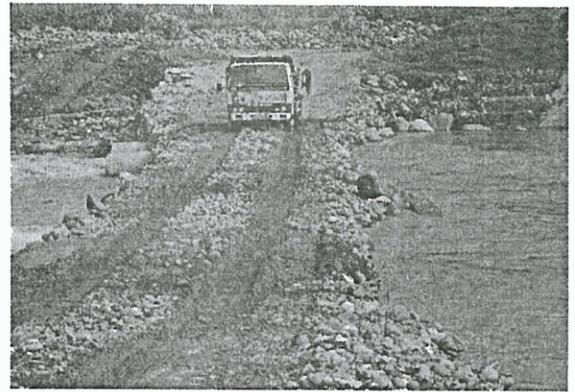
Prototipe jembatan *cable-stayed* yang dibangun sebagai jembatan permanen telah direncanakan untuk lalu lintas ringan. Biaya pembangunan jembatan bentang panjang jauh lebih besar, Rp.83 juta per meter panjang jembatan dan kurang komparatif (Tabel 2).

Tabel 2. Matriks perbandingan biaya

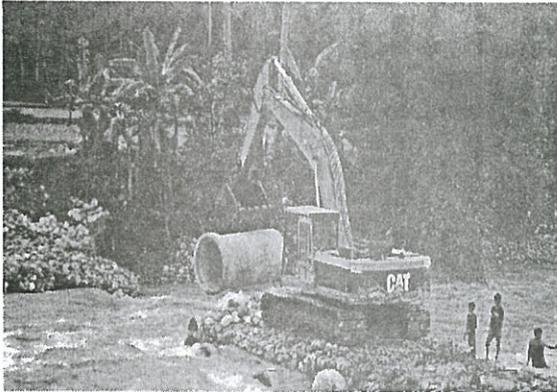
Tipe lintasan (panjang bentang dalam m)	Biaya per m panjang (juta Rp)	Kapasitas beban
Lintasan basah tipe bronjong (60)	4,5	Kendaraan berat
Jembatan <i>Bailey</i> (60)	18	Kendaraan ringan
Modifikasi <i>Bailey cable-stayed</i> (64)	25	Kendaraan truk 10 ton
Jembatan <i>cable-stayed</i> (240)	83	Kendaraan ringan



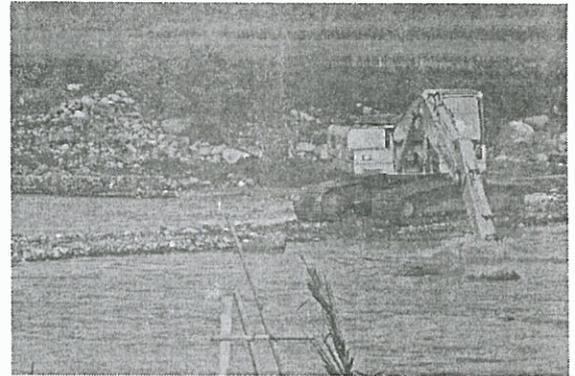
Gambar 5. Pemasangan kotak bronjong dengan bantuan *shovel*



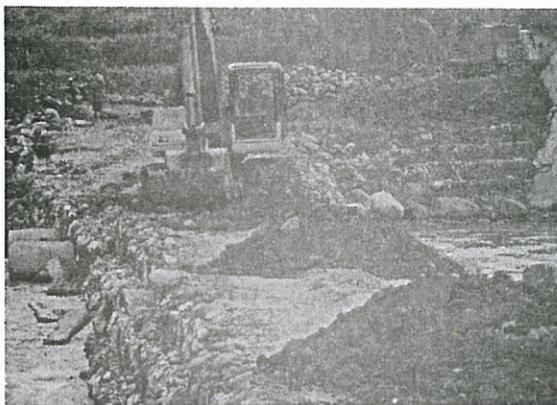
Gambar 8. Lintasan bronjong selesai, terlihat arus deras lewat pipa



Gambar 6. Pemasangan pipa gorong-gorong dengan bantuan *shovel*



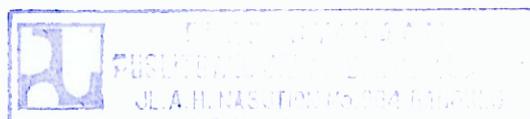
Gambar 9. Alat berat melalui lintasan saat banjir



Gambar 7. *Finishing* permukaan jalan dengan pasir dan sirtu diatas lintasan 3 lapis bronjong



Gambar 10. Pemasangan tiang pembatas di tepi lintasan



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari manfaat dan kegunaan lintasan basah dijelaskan sebagai berikut :

- a) Lintasan basah tipe bronjong lebih murah dan efisien dibanding jembatan darurat
- b) Kapasitas daya pikul lintasan basah berdasarkan model elemen tekan dari lintasan dengan batu injak dalam kolam masa purba, ternyata di masa modern mampu melewati kendaraan proyek dan alat berat.
- c) Lintasan basah merupakan sarana transportasi yang handal dalam mendukung proyek pembangunan jembatan baru dan membuka perdesaan terisolir.

Saran

Saran untuk mengembangkan lintasan basah di masa mendatang dijelaskan sebagai berikut :

- a) Perdesaan perlu diberi kemampuan dan ketrampilan untuk membangun lintasan basah secara mandiri.
- b) Diseminasi cara perencanaan dan pelaksanaan lintasan basah melalui pedoman dan kursus/seminar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bingham, Joe M. 1979. *Design and Construction of Low Water Dips*. Low-Cost Water Crossings. Compendium 4. Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Caltrans California Department of Transportation. *Highway Design Manual*. California : DOT
- Dept. P.U. 2008. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan – Divisi 7, Struktur*, Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Hall, Peter M. 1979. *Potential Cost-Savings in the Design of Water Crossings*. Low-Cost Water Crossings. Compendium 4. Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Hardono, Setyo. 2009. *Laporan Penelitian Pelaksanaan Prototipe Jembatan Cable-Stayed di Sukabumi*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Leydecker, Allen D. 1979. Use of Gabions for Low Water Crossings on Primitive or Secondary Forest Roads. *Low-Cost Water Crossings. Compendium 4*. Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Tristanto, Lanneke. 1997. Low Cost Cable Bridge Design. *Proceedings International Road Federation XIIIth World Meeting*. Toronto: IRF