

# STUDI PERILAKU BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN (118A)

**Farouk Maricar<sup>1</sup> dan Rita Tahir Lopa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar  
Email: fkmарicar@yahoo.com*

<sup>2</sup>*Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar  
Email: ritalopa04@yahoo.com*

## ABSTRAK

Aliran debris yang membawa sedimen, boulder dan potongan kayu merupakan persoalan yang sangat krusial yang berdampak di sebelah hilir sungai seperti keberlanjutan operasional waduk, degradasi dasar sungai, maupun dampak langsung terhadap wilayah pemukiman. Sudah banyak peneliti yang melakukan penyelidikan untuk penanggulangan aliran debris. Berbagai macam metode telah di teliti baik secara numerik maupun model fisik di laboratorium termasuk dengan menggunakan beberapa tipe cek dam, namun hingga saat ini masih terjadi perdebatan tentang efektifitas bangunan-bangunan tersebut. Pengujian model fisik di laboratorium dilakukan dengan menggunakan flume persegi yang mempunyai panjang 12 m, lebar 30 cm, dan tinggi 32,8 cm dengan menggunakan dinding transparan pada kedua sisi. Permukaan dasar flume terdiri dari dua bagian yang berisi material bergerak dan material tetap. Partikel sedimen dan model kayu ditempatkan pada bagian dasar bergerak sedangkan model cek dam ditempatkan pada bagian dasar tetap. Uji model di laboratorium ini dilakukan untuk memperoleh gambaran pergerakan aliran dan awal pergerakan sedimen di saluran sebagai prototip sungai. Beberapa parameter aliran diselidiki pengaruhnya terhadap angkutan sedimen, diantaranya tipe sedimen yang terangkut dengan cepat atau lambat, komposisi dan gradasi butiran serta tebal sedimen yang mengendap di hilir dan keberlanjutan pasca angkutan sedimen menjadi aliran debris. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa check dam type terbuka efektif mereduksi aliran debris yang mengandung kayu pada kondisi banjir dan akan melewatkan sedimen halus pada saat debit rendah.

Kata kunci: model, aliran debris, check dam terbuka, sedimen, potongan kayu

## 1. PENDAHULUAN

Bencana Alam dapat terjadi akibat dari perubahan lingkungan secara alami. Namun bencana ini dapat juga terjadi akibat dari kesalahan dan kelalaian manusia. Beberapa tahun terakhir ini, peristiwa aliran debris adalah merupakan salah satu bencana alam yang memberikan dampak luar biasa terhadap infrastruktur maupun masyarakat.

Aliran debris didefinisikan sebagai gerakan massa berupa bahan anorganik dan organik kasar bercampur aliran air yang mengalir cepat pada saluran curam yang sudah ada (Van Dine, 1996). Aliran debris terdiri dari bahan halus (pasir, debu dan liat), bahan kasar (batu, kerikil dan batu) yang bercampur dengan aliran air yang mengalir dengan kecepatan tinggi. Aliran debris bergerak menuruni lereng bergelombang ke bawah secara gravitasi, biasanya terjadi setelah keruntuhan material tebing secara tiba-tiba (Cardoso dan Landa, 2011).

Pada umumnya aliran debris di sebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi dan berlangsung lama di daerah hulu daerah Aliran Sungai. Awal terjadinya aliran debris dapat dibedakan atas tiga jenis meliputi, pertama adalah longoran tanah di tebing yang berubah menjadi aliran debris, kedua adalah runtuhnya bendungan alam akibat penumpukan sedimen di hulu, dan yang ketiga adalah aliran sedimen yang bergerak berurutan mengikuti dasar saluran yang curam.

Bangunan cek dam merupakan salah satu bangunan pengendali sedimen yang cukup penting. Bangunan check dam sudah banyak dibangun dan sangat terkenal pada banyak negara seperti Jepang, Italia, China, Nepal, Venezuela, Swiss, Indonesia dan lain-lain. Oleh karena itu, pemahaman tentang perilaku cek dam sebagai bangunan pengendali sedimen sangat diperlukan.

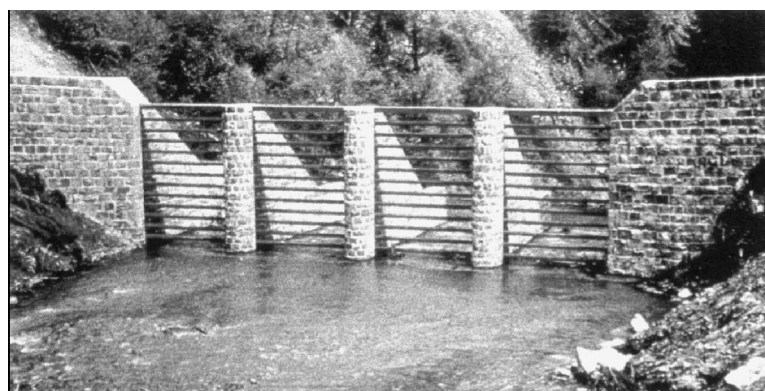
Cek dam dapat juga berfungsi untuk mengurangi debit dari aliran debris dan untuk memantapkan dasar sungai oleh material sedimen yang terkandung dalam aliran debris (Garcia dkk., 2007; Luan dkk., 2010; Mizuyama, 2008; Osti dkk., 2007; Zeng dkk., 2009). Cek dam dapat di bagi atas 2 (dua) jenis yaitu jenis tertutup dan jenis terbuka. Cek dam tertutup dibangun dengan menggunakan material beton (Gambar 1). Cek dam tipe tertutup dapat berfungsi secara efektif untuk mengendalikan aliran debris jika daerah tampungannya dalam keadaan belum terisi sedimen (Mizuyama dkk, 1995; Mizuyama dkk, 2000; Shrestha dkk, 2007). Namun seringkali cek dam tipe ini kurang efektif menahan sedimen karena keterbatasan permeabilitas dan ruang tumpangan yang sempit. Mempertahankan kapasitas tumpangan yang efektif akan membutuhkan upaya pengerukan dan penggalian dasar sungai di ruang tumpangan sedimen sehingga menurunkan nilai kelayakan teknis dan ekonomis (Mizuyama, 2008; Osti dkk, 2007; Osti dan Egashira, 2008).



**Gambar 1.** Endapan sedimen di sebelah hulu cek dam tertutup.

Cek dam tipe terbuka dapat dibedakan dalam beberapa bentuk, seperti tipe beam, tipe slit dan tipe grid (Armanini dan Lacher, 2001; Lien, 2003; Wu dan Chan, 2003). Cek dam tipe ini dapat berfungsi untuk menahan aliran debris melalui tangkapan pada bukaan akibat material besar dan panjang yang saling mengunci selama terjadi banjir atau aliran debris. Namun sedimen akan melimpas bila aliran sudah mulai mengecil.

Karakteristik tipe beam/balok dengan bukaan lebar terkait dengan balok melintang yang sebagian besar bertujuan untuk menyaring kayu dan sedimen (Gambar 2). Sedangkan cek dam tipe slit terdiri dari satu atau lebih celah/bukaan vertikal yang terletak di atas dasar bendung (Gambar 3). Selanjutnya cek dam tipe grid dikembangkan dalam 3 dekade terakhir (Gambar 4). Tipe ini terbuat dari tabung baja ukuran besar dengan diameter antara 0.5 hingga 1 meter. Dari berbagai kasus di Jepang menunjukkan bahwa tipe ini efisien untuk menahan batu berukuran besar seperti boulder dengan berat hingga 10 ton (Chanson, 2004).



**Gambar 2.** Cek dam tipe beam di Austria.  
(Sumber : Armanini dan Larcher, 2001)



Gambar 3. Cek dam tipe Slit (Sumber : Armanini dan Larcher, 2001)



Gambar 4. Cek dam tipe grid pada Sungai Ikazawa Propinsi Niigata Japan (Source: Sustainability Report-Kobe Steel Group Sites, 2011)

Banyak peneliti seperti Armanini dan Larcher (2001), Mizuno dkk (2000), Hirouchi dkk (2009), Shibuya dkk (2009), dan yang lainnya telah membuat experiment dengan model cek dam tipe terbuka dalam flume. Namun pemahaman tentang cek dam terbuka masih terus dipelajari. Pengujian terhadap cek dam terbuka bukan hanya terhadap kemampuan menahan sedimen, tetapi juga terhadap kemampuan untuk melakukan pembilasan dan pengosongan secara mandiri pada daerah tumpungan. Hal ini sangat berpengaruh terhadap pemeliharaan lingkungan sungai dimana cek dam dibangun.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji kemampuan cek dam tipe terbuka untuk mengendalikan sedimen dan juga karakteristik bangunan yang berwawasan lingkungan sehingga dapat menjaga kelestarian fungsi bangunan terutama pada saat terjadinya banjir dan aliran debris.

## 2. METODOLOGI

Penyelidikan perilaku bangunan pengendali sedimen yang berwawasan lingkungan dilaksanakan untuk mendapatkan suatu karakteristik dari pada kemampuan bangunan untuk menahan laju sedimen pada saat bencana aliran debris dan kemampuan mengalirkan sedimen yang tertampung pada saat debit rendah sehingga bermanfaat bagi keseimbangan sedimen sungai di sebelah hilirnya. Namun sebenarnya bangunan pengendali sedimen harus mendukung pencegahan bencana aliran debris yang dapat menyapu daerah yang dilewatinya, menghancurkan sarana dan prasarana bahkan sering menimbulkan korban jiwa.

Metode yang digunakan untuk menyelidiki perilaku bangunan pengendali sedimen seperti cek dam tipe terbuka adalah dengan mencermati fenomena kejadian bencana aliran debris pada sungai yang sudah tersedia bangunan cek dam. Selanjutnya dilakukan percobaan di laboratorium berdasarkan bentuk dan ukuran dengan skala model.

Penyelidikan lapangan dilakukan di Kota Hofu, Propinsi Yamaguchi Japan berdasarkan kejadian banjir yang terjadi pada tanggal 21 Juli 2009. Dalam kasus ini curah hujan yang terakumulasi sebesar 240.5 mm dan curah hujan tertinggi terjadi sebesar 63.5 mm/jam. Peristiwa ini menyebabkan banyak terjadi longsor di pegunungan dan aliran debris mengalir ke daerah hilir. Aliran debris membawa material sedimen dan potongan kayu yang mengalir dengan cepat menyusuri tebing dan dasar sungai. Di Sungai Hachimandani terdapat bangunan cek dam tipe terbuka dari pipa baja dengan bukaan antara 1.65m-1.8m yang dijadikan sebagai wilayah penelitian.

Penyelidikan laboratorium dilakukan dengan menggunakan flume dengan panjang 12 m, lebar 30 cm, dan tinggi 32.8 cm dengan permukaan licin dan transparan di kedua sisinya. Dasar flume terdiri atas bagian yang tetap dan bergerak. Dasar yang bergerak berisi sedimen sepanjang 6 meter sedangkan yang tetap 4 m. Dasar tetap mempunyai kekasaran material yang sama dengan material yang ada di dasar yang bergerak. Partikel sedimen dan model potongan kayu ditempatkan di bagian dasar bergerak sedangkan model cek dam ditempatkan di dasar tetap.

Berdasarkan prototype cek dam tipe pipa baja di Sungai Hachimandani (Gambar 5), dibuat model cek dam untuk percobaan laboratorium (Gambar 6). Model cek dam dibuat menggunakan pipa baja diameter 18 mm mereduksi prototype dengan perbandingan 1/50 dan lebar bukaan adalah 3.5 cm.

Digunakan diameter butiran  $d_{50}=3.6$  mm sebagai yang mewakili butiran sedimen di lapangan yang kenyataannya sangat kecil dibandingkan dengan bukaan model cek dam ( $l_0=3.5$  cm). Material sedimen tersebut diletakkan di bagian dasar bergerak dengan ketebalan 10 cm sepanjang 6 m.



Gambar 5. Cek dam pipa baja di Sungai Hachimandani



Gambar 6. Model cek dam terbuka di flume laboratorium

Empat macam kayu silinder digunakan sebagai model kayu dengan diameter masing-masing 2.0 mm, 3.0 mm, 4.1 mm dan 5.2 mm. Model kayu di atur sedemikian rupa dengan panjang bervariasi 5.25 cm, 7 cm dan 10 cm. Kondisi ini menghasilkan hubungan  $L \gg D$ . Model potongan kayu dengan jenis  $\sigma/\rho = 0.65 \sim 0.76$ , panjang dan diameter yang sama ditempatkan di permukaan dasar yang bergerak. Karakteristik model kayu dan sedimen dasar di sajikan pada Tabel 1. Tujuh belas kali percobaan dilakukan dengan kondisi jumlah, panjang, dan diameter model kayu yang berbeda-beda.

Tabel 1. Karakteristik model kayu dan sedimen dasar

Material	Specific gravity	Diameter (mm)	Length (cm)
Bed sediment grain	2.65	3.6	
Wood piece A	0.76	2	7, 10
Wood piece B	0.68	3	7, 10
Wood piece C	0.66	4.1	7, 10
Wood piece D	0.65	5.2	5.25, 7, 10

Kamera video ditempatkan di atas dan disisi kanan flume untuk merekam proses pengendapan kayu dan sedimen berikut pelepasannya dengan pengaturan kemiringan memanjang Flume delapan derajat. Selanjutnya 100 cm<sup>2</sup>/detik debit air dialirkan dari hulu flume menuju hilir untuk memicu angkutan campuran potongan kayu, sedimen dan air sepanjang dasar saluran.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penyelidikan lapangan menunjukkan aliran debris yang terjadi di Kota Hofu mengandung banyak potongan kayu. Potongan kayu yang terbawa aliran terjebak di bukaan cek dam sehingga menyebabkan sedimen tertahan di belakangnya (Gambar 7a dan 7b). Hal ini menegaskan bahwa cek dam tipe terbuka efektif mengendalikan aliran debris jika mengandung potongan kayu yang panjangnya relatif lebih besar dari bukaan cek dam, namun jika aliran debris hanya mengandung partikel sedimen halus tanpa kayu ataupun boulder, maka sedimen akan melimpas melewati cek dam. Di sisi lain, bila kondisi aliran banjir berangsur mengecil dan normal, sebagian partikel sedimen akan bergerak dan mengalir ke arah hilir sungai. Pergerakan sedimen yang melimpas melewati cek dam berpotensi untuk mempersiapkan ruang tampungan sedimen pada saat terjadi peristiwa aliran debris dimasa akan datang. Kondisi demikian menunjukkan bahwa secara alami cek dam tipe terbuka dapat memelihara keseimbangan angkutan sedimen di sebelah hilir sungai, sehingga di pandang dari sisi lingkungan, saat ini tipe cek dam terbuka semakin populer.

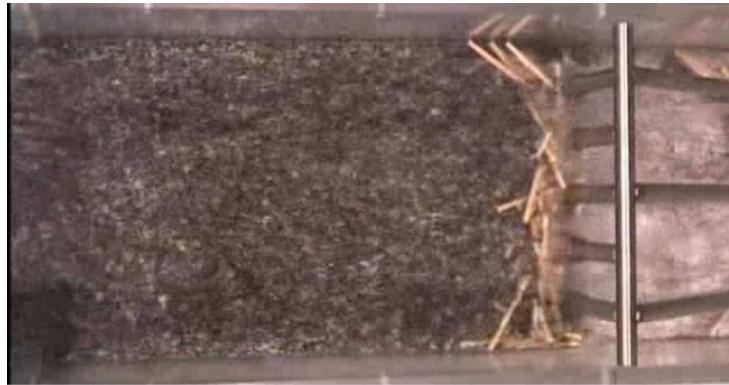


Gambar 7a. Tampak depan

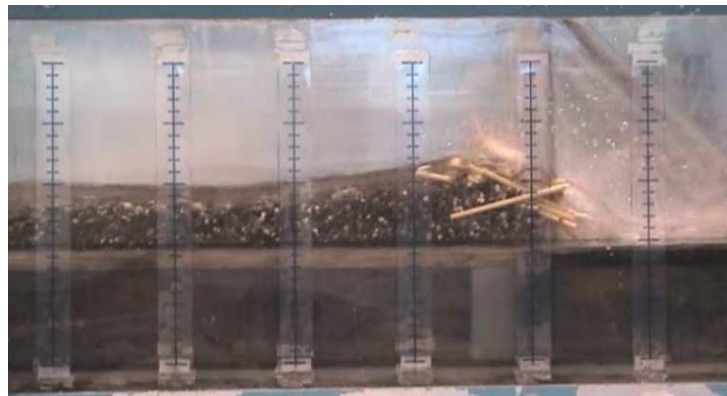
Gambar 7b. Tampak atas

Gambar 7. Potongan kayu dan sedimen terperangkap pada Cek dam pipa baja di Sungai Hachimandani

Pada percobaan laboratorium menunjukkan bahwa beberapa potongan model kayu terkonsentrasi di bagian depan aliran yang selanjutnya terjebak di model cek dam. Model kayu sebelumnya membentuk struktur yang saling bertautan di model cek dam. Sebagian besar model kayu yang terjebak mengakibatkan campuran aliran dengan butiran sedimen yang lebih halus terperangkap dan mengendap dibelakangnya (Gambar 8a dan 8b).



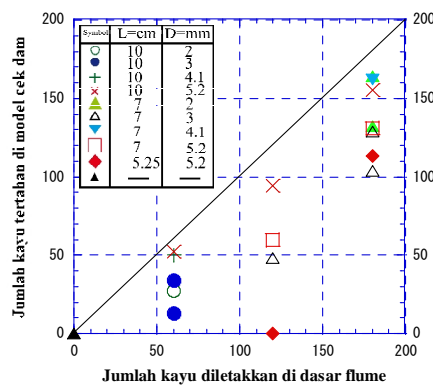
(a) Tampak atas flume percobaan.



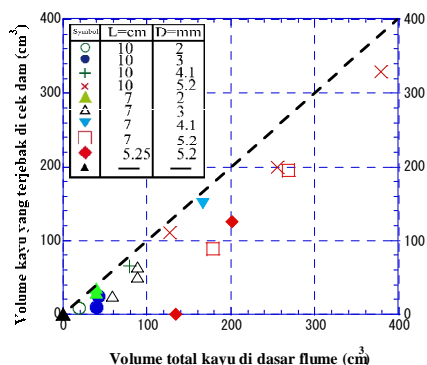
(B) TAMPAK SAMPING FLUME PERCOBAAN.

Gambar 8. Situasi aliran 10 detik setelah model kayu mencapai cek dam.

Pada gambar 9 dan 10 menunjukkan jebakan potongan kayu di cek dam membutuhkan jumlah dan volume yang memadai. Pada kasus jebakan kayu di model cek dam terbuka, kondisi kritis ditunjukkan pada kasus  $L=5.25$  dan  $D=5.2$ , dimana  $N_c \geq 120$  dan  $V_c \geq 140 \text{ cm}^3$ . Perbandingan ukuran bukaan model cek dam dengan skala panjang sangat mempengaruhi terjadinya jebakan.

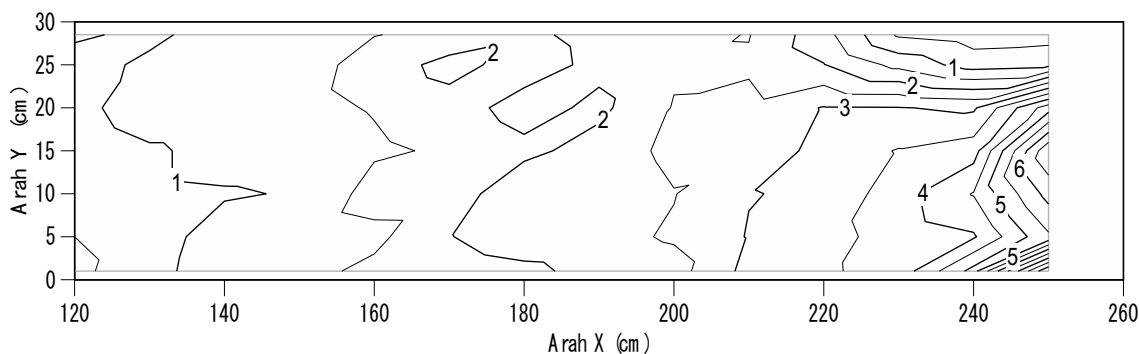


Gambar 9. Hubungan antara jumlah potongan kayu yang terjebak dengan jumlah total kayu yang di dasar flume



Gambar 10. Hubungan antara volume kayu yang terjebak dengan jumlah total volume kayu yang di dasar flume

Dari proses pengaliran campuran air, kayu dan sedimen di flume, model potongan kayu yang terjebak pada pada saat debit tinggi, namun proses pengaliran selanjutnya pada saat debit rendah cek dam tipe terbuka dimungkinkan untuk melewati sedimen halus. Angkutan sedimen melewati cek dam diawali dengan pergerakan pada beberapa titik yang memungkinkan lolosnya sedimen halus melalui jebakan kayu di cek dam (Gambar 11). Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa cek dam tipe terbuka dimungkinkan untuk melewati sedimen halus pada saat debit rendah sedangkan pada saat debit tinggi terutama pada saat terjadinya aliran debris, sedimen kasar seperti kayu dan boulder akan tertahan di tubuh cek dam. Oleh karena itu, sedimen kasar dan halus juga akan terperangkap di belakang boulder dan kayu yang terjebak di bukaan cek dam.



Gambar 11. Situasi profil pengendapan sedimen setelah aliran dihentikan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penyelidikan lapangan dan laboratorium terhadap perilaku aliran debris yang merupakan campuran kayu, partikel sedimen dan air dapat diperoleh bahwa sebagian besar material kayu pada aliran debris terkonsentrasi di bagian depan dan terperangkap di cek dam terbuka. Jebakan kayu yang terperangkap membentuk formasi yang saling bertautan pada cek dam sehingga menyebabkan sedimen mengendap di belakangnya terutama pada saat kondisi aliran debris. Bilamana aliran tidak mengandung kayu, maka sebagian besar sedimen akan melimpas melewati cek dam terbuka. Pada saat kondisi aliran rendah, secara berangsur-angsur sedimen halus akan terangkut mengikuti aliran menuju hilir sungai, sehingga keseimbangan angkutan sedimen di sepanjang sungai akan terpelihara secara alami.

#### DAFTAR PUSTAKA (DAN PENULISAN PUSTAKA)

- Chanson H. (2004). "Sabo check dams-mountains protection system in Japan". *International Journal River basin management*, Vol. 2 No.4: pp. 301-307.
- Cardoso G. and Landa (2011). "GCL Model by the determination of the characteristics in the beginning zone of the debris flows using a GIS". *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, Vol. 3, pp. 23-36.
- Van-Dine D.F., (1996). "Debris flow control structures for forest engineering". Working paper 22/1996. British Columbia Ministry of Forests Research Program, Victoria.

- Garcia C.C., Lopez-Bermudez F., Garzia-Lorenzo (2007). "Bed stability variations after check dam construction in torrential channel (South-East-Spain). *Earth Surface Processes and Landforms*, Wiley Online Library, Vol. 32: pp. 2165-2184.
- Hirouchi S., Akanuma J., Ogawa K., Kuraoka S., Sugiyama M., Morita T., Itoh T., and Mizuyama T. (2009). "Hydraulic model test for evaluating sediment control function with a grid-type high dam in a straight flume". *Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering*, Vol. 62, No 2: pp. 29-36. (in Japanese)
- Luan Z., Chanxing S., and Hao Z. (2010). "Effect of check dams on sediment storage release in Chabagou watershed". *Transactions of the CSAE*, Vol. 26, No. 2: pp.64-69.
- Maricar F. Hashimoto H., Ikematsu S., Miyoshi T. (2011). "Effect of two successive check dams on debris flow deposition", *Proceedings of the 5th International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment*, pp. 1073-1082.
- Mizuno H., Minami N., and Mizuyama T. (2000). "Experimental study on controlling debris flow by a consecutive series of open type steel dams". *Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering*, Vol. 53, No 1: pp. 19-25 (in Japanese)
- Mizuyama T., Kobashi S. & Mizuno H. (1995). "Control of passing sediment with grid-type dams". *Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering*, Vol. 47(5): pp. 8-13 (in Japanese).
- Mizuyama T., Oda A., Nishikawa S., Morita A. & Kasai S. (2000). "Structures for controlling debris flows in torrents where debris flow does not occur frequently". *Proceedings of the Second International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment*, Edited by Gerald F. Wieczorek & Nancy D. Naeser: pp. 579-582.
- Mizuyama T. (2008). "Structural countermeasures for debris flow disasters, *International Journal of erosion Control Engineering*, Japan Society of Erosion Control Engineering, Vol. 1, No.2: pp. 38-43.
- Osti R., Itoh T. & Egashira S. (2007). "Control of sediment run-off volume through close type check dams". *Proceedings of the Fourth International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment*, Edited by Cheng-lung Chen & John J. Major: pp. 659-667.
- Shibuya H., Haraki D., and Katsuki S. (2009). "Experimental study on trap performance of grid shape check dam on debris with woody debris". *Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering*, Vol. 62, No 1: pp. 66-73 (in Japanese)
- Shrestha B.B., Nakagawa H., Kawaike K., Baba Y. (2007). "Study on debris flow deposition and erosion processes upstream of check dam". *Proceedings of First NEA-JC Seminar on "Current and Future Technologies"*.
- Zeng Q.L., Yue Z.Q., Yang Z.F. Zhang X.J., (2009). "A case study of long term field performance of check dams in mitigation of soil erosion in Jiangjia stream", *China. Environmental Geology*, Vol. 58: pp. 897-911.