

## FORENSIK ENGINEERING BANJIR BANDANG UNTUK MENDETEKSI KERUSAKAN DAERAH TANGKAPAN AIR DALAM RANGKA RESTORASI SUNGAI DAN LINGKUNGAN

Dwi Agus Kuncoro  
BBWS Cimanuk-Cisanggarung Cirebon  
E-mail: [sisda.cimancis@gmail.com](mailto:sisda.cimancis@gmail.com)

### ABSTRAK

Perubahan iklim global semakin terasa dengan hadirnya fenomena hujan ekstrim di beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS). Hujan ekstrim ini yang menyebabkan aliran banjir menjadi ganas, yang khalayak menyebutnya dengan istilah banjir bandang. Forensik engineering adalah cara untuk menentukan penyebab kerusakan (kegagalan) lingkungan dan struktur pada bangunan. Pada kesempatan ini yang akan dibahas adalah kerusakan lingkungan yang menyebabkan banjir bandang. Forensic engineering haruslah dapat menjelaskan permasalahan secara obyektif, logis, faktual, netral, tidak bias dan menggunakan bahasa yang mudah dimengerti orang awam tentang cara melakukan investigasi utk mendapatkan temuan-temuan teknik evaluasi dan analisis, hasil evaluasi/analisis, kesimpulan, pendapat dan rekomendasi. Banjir bandang sering dikategorikan masuk dalam bencana alam, adapun bencana alam itu sendiri yaitu Suatu gangguan perubahan tata lingkungan sebagai akibat fenomena alam atau aktifitas manusia ataupun oleh kedua-duanya yang terjadi dalam waktu re/atit singkat, sulit diduga terjadinya dan dapat menimbulkan kerugian jiwa dan harta benda, maupun kerusakan lingkungan, kerusakan prasarana, sarana dan fasilitas umum serta dapat menimbulkan gangguan terhadap tata kehidupan masyarakat. Maksud tulisan ini, yaitu untuk memberikan pemahaman tentang genesa terjadinya banjir bandang. Adapun tujuannya, yaitu : memberikan edukasi kepada masyarakat awam untuk dapat menyelidiki penyebab banjir bandang, selanjutnya dapat dilakukan langkah-langkah perbaikan lingkungan kedepan. Dari jenis material sedimen, banjir bandang dapat dibagi menjadi 2, yaitu *mudflow* dan *debris flow*. *Mudflow* adalah banjir bandang yang membawa sedimen dominan berukuran silt sampai lempung. Sedangkan *debris flow* adalah banjir bandang yang membawa sedimen dominan berukuran pasir sampai *boulder*. Secara Umum Genesa Terjadinya Banjir Bandang dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu : (1). Banjir Bandang yang terjadinya karena erosi alur sungai; dimana endapan sedimen yang tebal pada alur sungai merupakan potensial sebagai material sedimen dalam aliran *mudflow/debris flow* bila tinggi air sungai semakin tinggi. (2). Banjir Bandang yang terjadi karena runtuhnya material yang membendung pada alur sungai (natural dam collapse). Mekanisme/proses runtuhnya natural dam dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu : a. *Natural dam collapse* karena *overtopping*; b. *Natural dam collapse* karena *sliding* (runtuhnya mulai dari bawah tubuh natural dam); c. *Natural dam collapse* karena *progressive failure* (runtuhnya mulai dari atas tubuh natural dam); (3). Banjir Bandang yang terjadi longsornya tebing yang secara langsung mengalir menjadi aliran *mudflow/debris flow*. Genesa banjir bandang tipe 1 merupakan bencana alam yang disebabkan oleh factor alam dan manusia (sebagai contoh banjir bandang garut september 2016); sedangkan banjir bandang tipe 2 dan 3 merupakan bencana alam yang disebabkan oleh factor alam (sebagai contoh banjir bandang belanting Lombok timur januari 2006). Rekomendasi untuk mengatasi banjir bandang tipe 1, yaitu : rehabilitasi lahan pada daerah tangkapan air sebagai zona konservasi. Sedangkan rekomendasi untuk mengatasi banjir bandang tipe 2 dan 3, yaitu dengan penanaman tanaman berakar tunggang pada lereng di daerah tangkapan air, diutamakan tanaman akar tunggang endemik daerah setempat dan tanaman berakar tunjang di bagian kaki lereng.

**Kata kunci** : *forensic engineering*, banjir bandang tipe 1, banjir bandang tipe 2, banjir bandang tipe 3, factor alam dan ulah manusia, rehabilitasi lahan dan tanaman endemic berakar tunggang

serta tanaman berakut tunjang.

## **PENDAHULUAN**

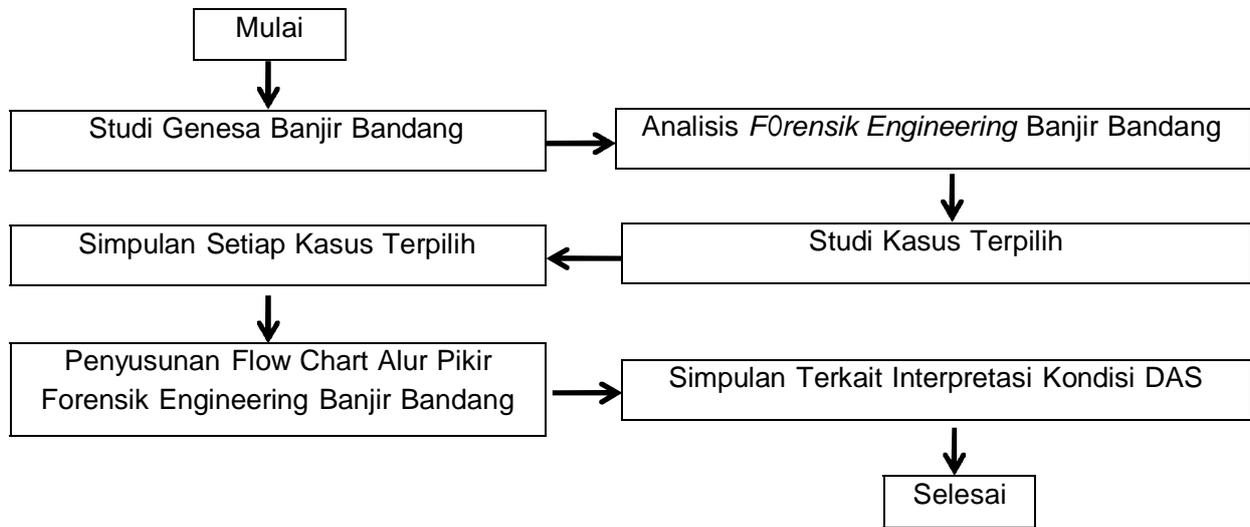
### **Latar Belakang**

Perubahan iklim global semakin terasa dengan hadirnya fenomena hujan ekstrim di beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS). Hujan ekstrim ini yang menyebabkan aliran banjir menjadi ganas, yang khalayak menyebutnya dengan istilah banjir bandang. Forensik engineering adalah cara untuk menentukan penyebab kerusakan (kegagalan) lingkungan dan struktur pada bangunan, Pada kesempatan ini yang akan dibahas adalah kerusakan lingkungan yang menyebabkan banjir bandang. Forensic engineering haruslah dapat menjelaskan permasalahan secara obyektif, logis, faktual, netral, tidak bias dan menggunakan bahasa yang mudah dimengerti orang awam tentang cara melakukan investigasi utk mendapatkan temuan-temuan teknik evaluasi dan analisis, hasil evaluasi/analisis, kesimpulan, pendapat dan rekomendasi. Banjir bandang sering dikategorikan masuk dalam bencana alam, adapun bencana alam itu sendiri yaitu Suatu gangguan perubahan tata lingkungan sebagai akibat fenomena alam atau aktifitas manusia ataupun oleh kedua-duanya yang terjadi dalam waktu relatif singkat, sinit diduga terjadinya dan dapat menimbulkan kerugian jiwa dan harta benda, maupun kerusakan lingkungan, kerusakan prasarana, sarana dan fasilitas umum serta dapat menimbulkan gangguan terhadap tata kehidupan masyarakat

### **Maksud dan Tujuan**

Maksud tulisan ini, yaitu untuk memberikan pemahaman tentang genesa terjadinya banjir bandang. Adapun tujuannya, yaitu : memberikan edukasi kepada masyarakat awam untuk dapat menyelidiki penyebab banjir bandang, selanjutnya dapat dilakukan langkah-langkah perbaikan lingkungan kedepan..

**METODE**



**Gambar 1.** Diagram alir penyusunan forensic engineering banjir bandang untuk interpretasi kondisi DAS

**HASIL**

**1. Kasus 1 (Banjir Bandang Sungai Cimanuk di Garut)**

Waktu kejadian Tanggal 21 September 2016

**Tabel 1.** Kronologis tinggi muka air di waktu kejadian banjir bandang

No	Kronologis	Elevasi (m)	Debit (m <sup>3</sup> /det)
1.	Pukul 20:00	+689,25	365
2.	Pukul 22:30	+690,00	547
3.	Pukul 23:40 permukaan air sungai mencapai elevasi tanggul banjir	+693,30	966
<b>4.</b>	<b>Pukul 01:00 permukaan air sungai sudah mencapai elevasi hand-rail (6.45 m di atas mercu)</b>	<b>+694,20</b>	<b>1.060</b>
5.	Pukul 01:20 permukaan air sudah turun 0,60 m	+693,60	985
6.	Pukul 01:43 permukaan air sungai turun sampai elevasi tanggul banjir	+693,30	966
7.	Pukul 01:58 air surut lagi 0,60 m dari tanggul banjir	+692,70	880
8.	Pukul 02:15 air surut lagi 1,00 m dari tanggul banjir	+692,30	850
9.	Pukul 02:45 air surut lagi 3,00 m dari tanggul banjir	+690,30	625



**Gambar 3.** *Kerusakan Tanggul Sungai dan Permukiman di Tepi Sungai Cimanuk*



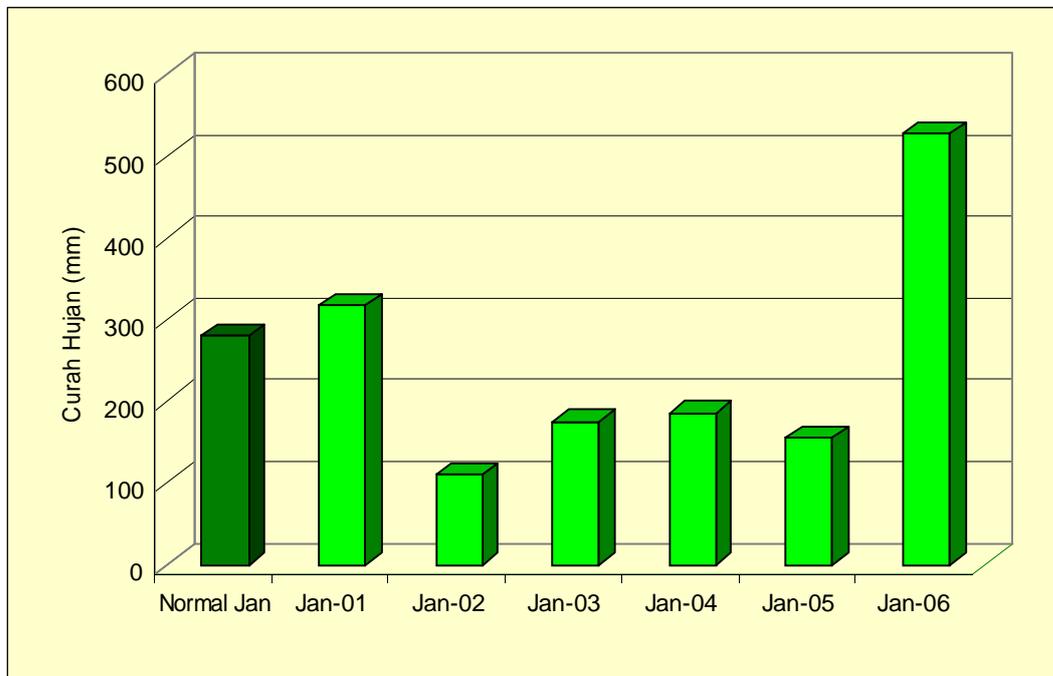
**Gambar 4.** *Kerusakan Permukiman pada meander Sungai Cimanuk*



## 2. Kasus 2 (Banjir Bandang Sungai Belanting di Pulau Lombok)

Waktu kejadian 21 Januari 2006.

**Tabel 2.** Curah Hujan Bulan Januari dari Tahun 2001 sampai dengan 2006



**Tabel 3.** Curah Hujan Selama Bulan Januari 2006

TANGGA	CURAH HUJAN (mm)	TANGGA	CURAH HUJAN (mm)	TANGGAL	CURAH HUJAN (mm)
1	20.2	11	-	21	100.5
2	90.7	12	-	22	50.5
3	10.2	13	-	23	x
4	10.3	14	60.1	24	x
5	1.2	15	90.7	25	x
6	40.6	16	7.8	26	x
7	5.6	17	10.8	27	x
8	10.9	18	2.3	28	x
9	-	19	3.8	29	x
10	9.5	20	49.3	30	x
				31	x

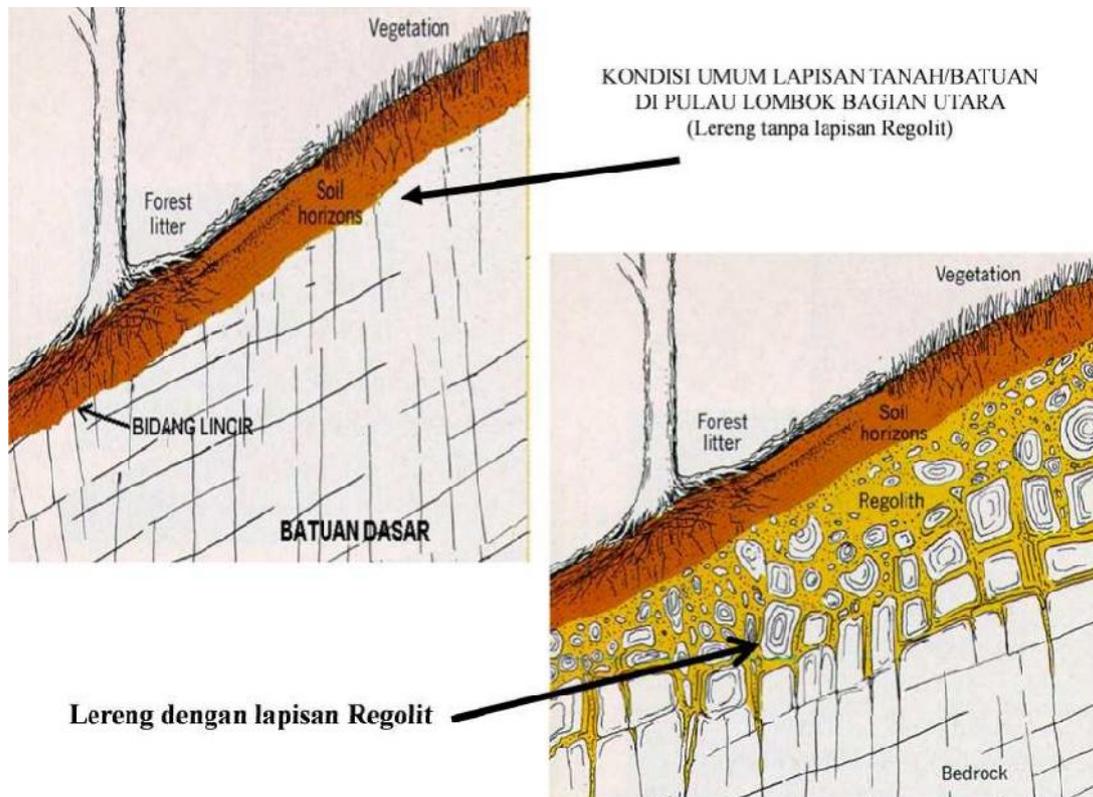
Ket : x = Data belum masuk

- = Tidak ada hujan

**Gambar 5.** Kondisi longsoran tebing di Hulu Sungai Belanting



**Gambar 6.** Kondisi Lapisan Tanah Pada Lereng (Sumber : Unram, 2006)



**Tabel 3.** Perbedaan hasil perhitunga debit banjir bandang antara metode hidrologi dengan hidraulika

Periode Ulang (tahun)	Hujan Maksimum (mm)	Banjir Maksimum (m <sup>3</sup> /dt)
2	107.43	108.61
5	135.63	137.12
10	152.97	154.65
20	168.82	170.67
50	188.48	190.54
100	202.74	204.96
1000	248.20	250.93
Terbesar yang mungkin (PMP/PMF)	602.62	609.23

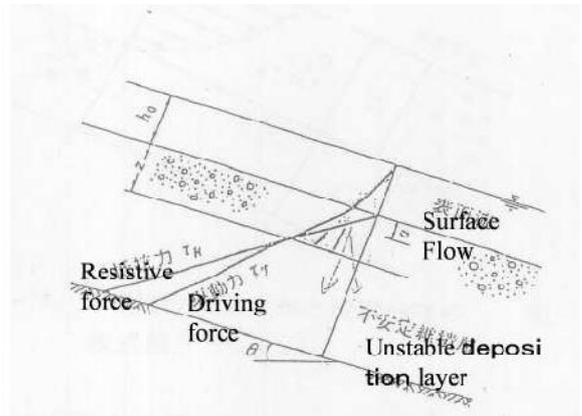
**ANALISA HIDROLOGI**

**ANALISA HIDROLIKA**

**Q = 3429,6 m<sup>3</sup>/dt**



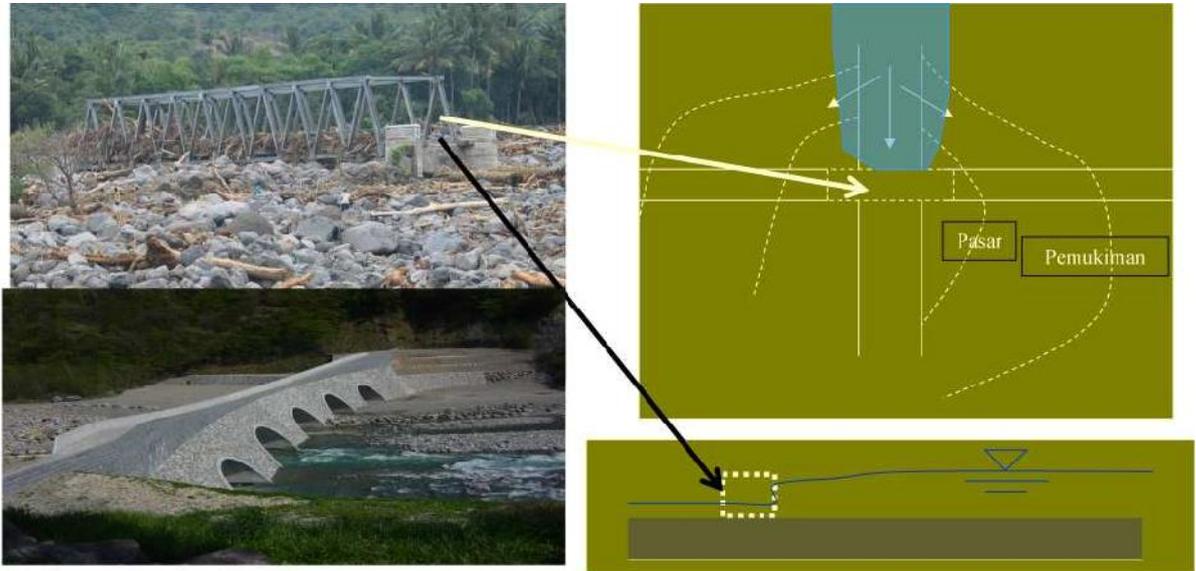
**Gambar 7.** Kerusakan infrastruktur siphon dan rekomendasi perbaikan kedepan



**Rekomendasi :**

Dalam mendesain shipon perlu dibuat groundsill di hulunya dan perkuatan tebing di sisi kanan dan kiri shipon.

**Gambar 8.** Kerusakan infrastruktur jembatan dan rekomendasi perbaikan kedepan



Rekomendasi :  
Tipe Jembatan sebaiknya sabo dam tipe cluivert

**3. Kasus 3 (Banjir Bandang di Jepang)**  
Kejadian di Tahun 2002

**Gambar 9.** Bencana Banjir Bandang yang merupakan iiquetacti0n Ot iandiside mass



Rekomendasi : Reboisasi dengan tanaman berakar tunggang di bagian lereng dan berakar tunjang di bagian kaki lereng.

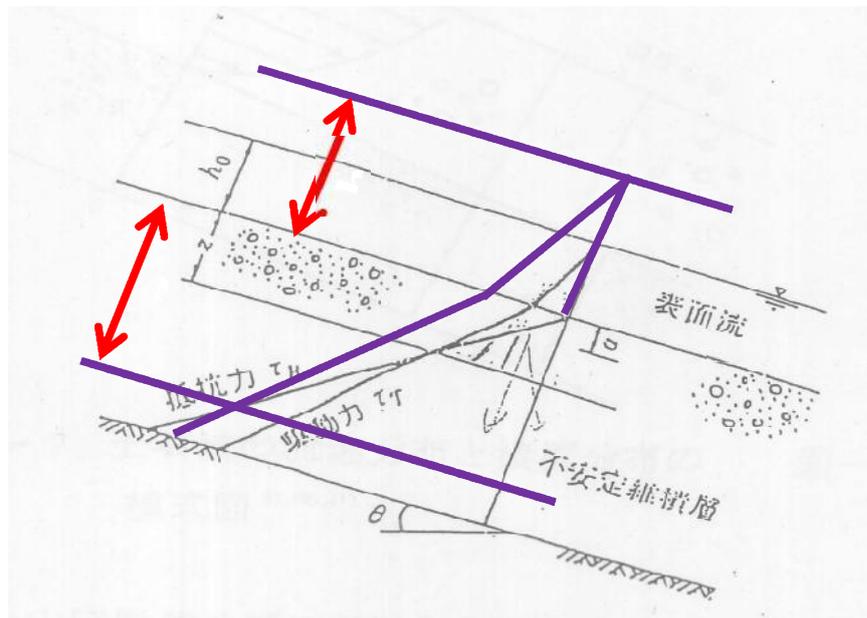
## PEMBAHASAN

Dari jenis material sedimen, banjir bandang dapat dibagi menjadi 2, yaitu mudflow dan debris flow. Mudflow adalah banjir bandang yang membawa sedimen dominan berukuran silt sampai lempung. Sedangkan debris flow adalah banjir bandang yang membawa sedimen dominan berukuran pasir sampai boulder.

Secara Umum Genesa Terjadinya Banjir Bandang dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. **Banjir bandang Tipe 1** : Banjir Bandang yang terjadinya karena erosi alur sungai; dimana endapan sedimen yang tebal pada alur sungai merupakan potensial sebagai material sedimen dalam aliran mudflow/debris flow bila tinggi air sungai semakin tinggi.

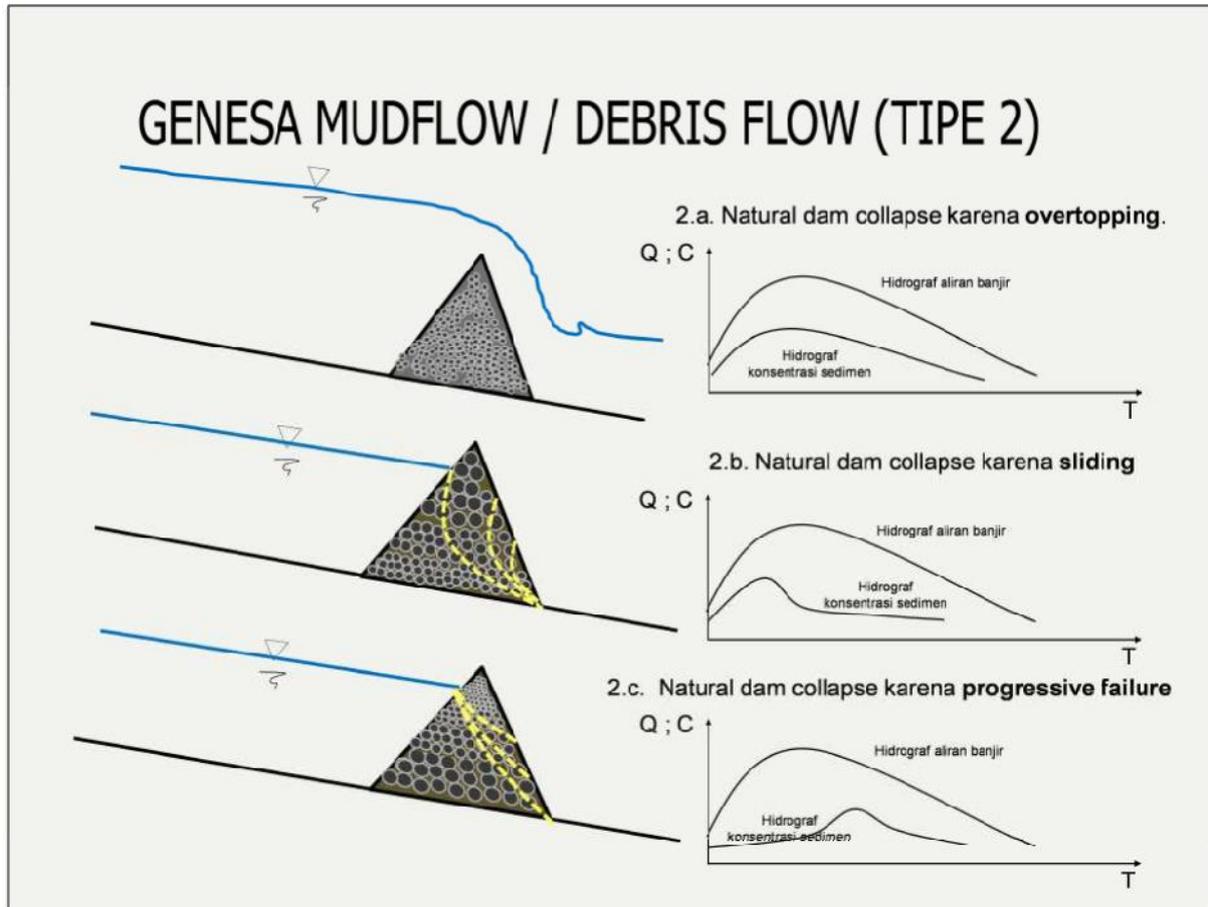
**Gambar 10.** Skematisasi erosi dasar sungai / palung sungai



Semakin besar  $h_0$  (tinggi aliran banjir), maka semakin dalam  $Z$  (sedimen yg tergerus di dasar sungai); Semakin besar  $\theta$  (kemiringan dasar sungai), maka semakin dalam  $Z$  (sedimen yg tergerus di dasar sungai).

2. **Banjir bandang Tipe 2** : Banjir Bandang yang terjadi karena runtuhnya material yang membendung pada alur sungai (natural dam collapse). Mekanisme/proses runtuhnya natural dam dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu :
  - a. Natural dam collapse karena overtopping.
  - b. Natural dam collapse karena sliding (runtuhnya mulai dari bawah tubuh natural dam)
  - c. Natural dam collapse karena progressive failure (runtuhnya mulai dari atas tubuh natural dam)

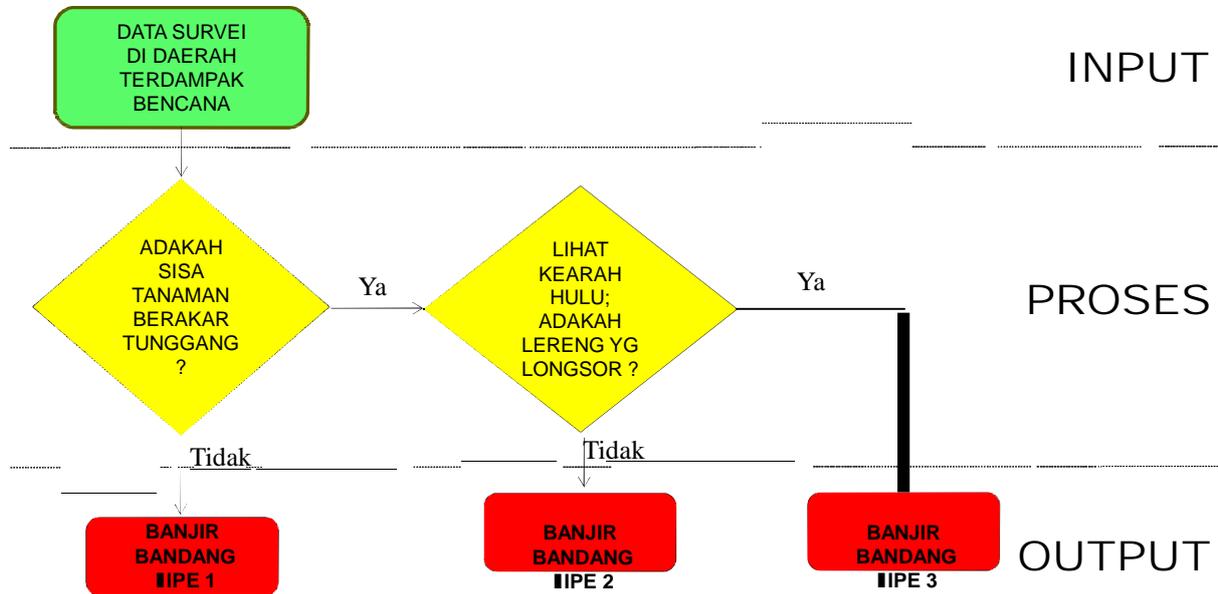
**Gambar 11.** Genesa banjir bandang yang berasal dari *naturai dam collapse*



3. **Banjir bandang Tipe 3** : Banjir Bandang yang terjadi longsornya tebing yang secara langsung mengalir mengalir aliran mudflow/debris flow .

Genesa banjir bandang tipe 1 merupakan bencana alam yang disebabkan oleh factor alam dan manusia (sebagai contoh banjir bandang garut september 2016); sedangkan banjir bandang tipe 2 dan 3 merupakan bencana alam yang disebabkan oleh factor alam (sebagai contoh banjir bandang belanting Lombok timur januari 2006 dan banjir bandang di Jepang). Rekomendasi untuk mengatasi banjir bandang tipe 1, yaitu : rehabilitasi lahan pada daerah tangkapan air sebagai zona konservasi. Sedangkan rekomendasi untuk mengatasi banjir bandang tipe 2 dan 3, yaitu dengan penanaman tanaman berakar tunggang pada lereng2 di daerah tangkapan air, diutamakan tanaman akar tunggang endemic daerah setempat.

**Gambar 12.** Diagram alir berpikir dalam diagnose awal forensic engineering untuk menentukan penyebab banjir bandang



NB : untuk tipe 2a, 2b dan 2c dilihat pola hidrograf banjir dan konsentrasi sedimen dlm aliran banjir

Setelah melakukan analisis dengan pola pikir tersebut, selanjutnya dilakukan analisis dengan data Curah Hujan dan Pola Pengaliran serta bila memungkinkan dilihat dengan survey lapangan atau menggunakan drone kondisi di hulu daerah yang terkena dampak banjir bandang.

### KESIMPULAN

Dari pembahasan tersebut diatas maka dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Dengan melakukan *forensic engineering* banjir bandang, maka kita akan mengetahui penyebab banjir bandang tersebut, Dimana dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu : akibat ulah manusia, akibat fenomena alam dan akibat keduanya (manusia dan fenomena alam).
2. Banjir bandang yang masuk tipe 1, merupakan banjir bandang akibat ulah manusia dan atau akibat ulah manusia ditambah fenomena alam. Kondisi ini dapat diinterpretasikan bahwa kondisi Daerah Aliran Sungai sudah kritis, terutama tutupan lahannya.
3. Sedang banjir bandang yang masuk tipe 2 dan 3, merupakan banjir bandang akibat fenomena alam. Kondisi ini dapat diinterpretasikan bahwa kondisi Daerah Aliran Sungai tidak kritis, tetapi perlu dilakukan evaluasi jenis dan kerapatan tanaman di DAS tersebut dengan mempertimbangkan kondisi hidrologi, tanah, morfologi dan litologi.

### PENGHARGAAN

Terima kasih kepada Prof Takahasi Musuyama yang telah membimbing selama 3 bulan individual research pada Tahun 2004 di Kyoto University Jepang.

## REFERENSI

- BBWS Cimanuk-Cisanggarung, 2016, Laporan Banjir Bandang Sungai Cimanuk Kabupaten Garut
- Maryono, Agus. 2009. *Restorasi Sungai*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Maryono, Agus. 2009. *Pembangunan Sungai, Dampak dan Restorasi Sungai*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Maryono, Agus. 2009. *Mengenai Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Kristianto, Arief. 2010. *Tanggap Bencana Aiam Banjir*. Jakarta : Angkasa. Sastrawijaya, A. Tresna. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta : Rineke Cipta. T. Mizuyama, 2000, Debris Flow
- UNRAM, 2006, Laporan Banjir Bandang Sungai Belanting Kabupaten Lombok Timur.