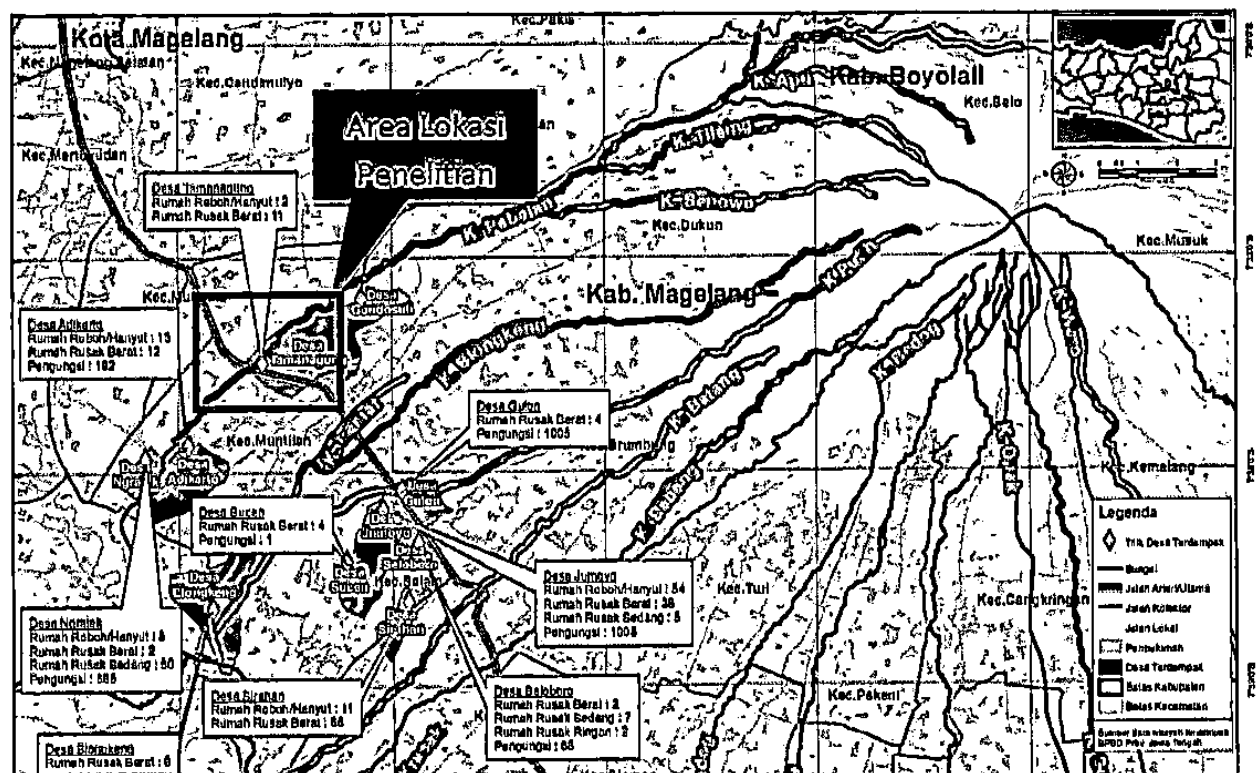


BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di (DAS) Sungai Pabelan, Desa Tamanagung, Kec. Muntilan, Kab. Magelang, Jawa Tengah. Dengan titik koordinat berkisar $110^{\circ}17'09,6''E$, $7^{\circ}33'36.4''S$. Lokasi ini dipilih karena menurut Peta Daerah Rawan Bencana Sedimen yang dikeluarkan BNPB tahun 2011 menggambarkan, bahwa daerah tersebut memiliki potensi rawan bencana sedimen. Peta Daerah Rawan Bencana Sedimen yang dikeluarkan BNPB pada tahun 2011 untuk daerah DAS Pabelan ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



B. Pengumpulan data

Untuk melakukan analisis menggunakan Simlar V.1.1.2011, diperlukan berbagai input. Data input berupa data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber, seperti ditunjukkan sebagai berikut :

1. Data Hujan

Data hujan digunakan untuk menghitung hidrograf banjir yang terjadi pada Sungai Pabelan. Data hujan ini diperoleh dari Pusat kajian dan penelitian Balai Sabo, Yogyakarta. Data hujan yang digunakan adalah data hujan yang diukur pada bulan Januari tahun 2012 yakni berasal dari Penakar Curah Hujan (PCH) Jrakah.

2. Data Sedimen

Data sedimen diperlukan sebagai input dalam perangkat lunak SIMLAR V.1.1.2011. Beberapa parameter tanah yang diperlukan yaitu massa jenis, nilai kohesi sedimen, distribusi ukuran butir, sudut geser dalam, dan kadar air. Data ini diperoleh dari data pengujian di daerah Jembatan Pabelan I pada 24 Agustus 2011, diuji di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Data sedimen yang diperoleh juga akan digunakan untuk memperoleh karakteristik sedimen.

3. Data Topografi

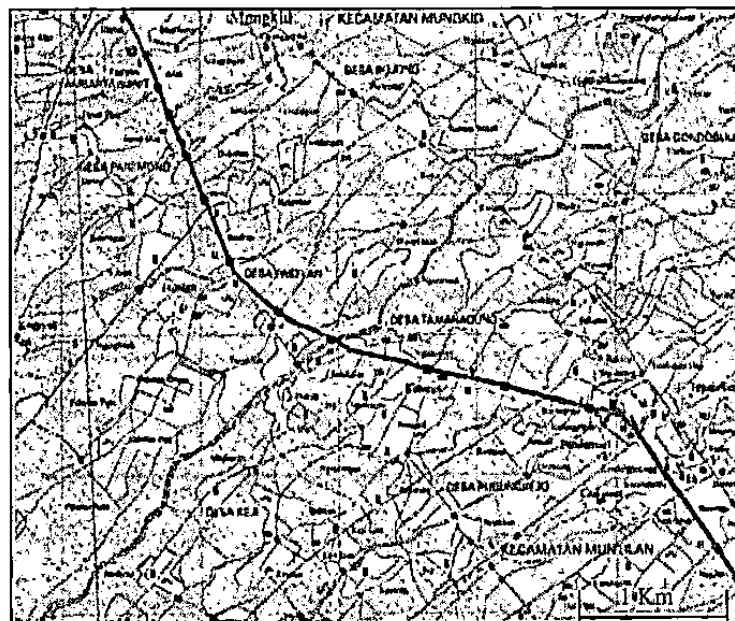
Ada tiga jenis peta topografi yang digunakan dalam penelitian ini, pertama peta DEM (*Digital Elevation Map*) lidar Merapi yang diperoleh dari Balai Sabo Yogyakarta. Kedua adalah peta RBI daerah Muntilan yang sudah ter-

register koordinatnya pada peta DEM lidar Merapi. Peta RBI ini dipakai

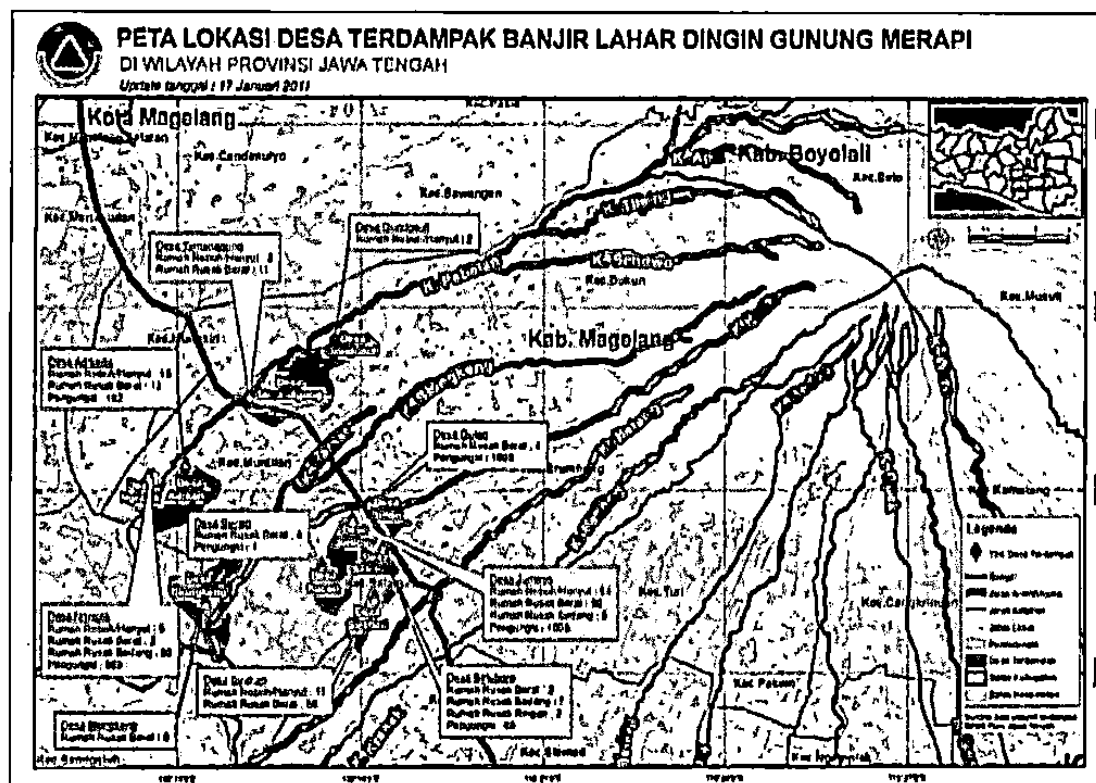
pada ArcGIS untuk melihat hasil simulasi daerah pengaruh yang kemudian dibandingkan dengan peta ketiga yaitu peta dari BNPB yang menunjukkan lokasi desa terdampak banjir lahar dingin Gunung Merapi. Ketiga peta yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.2 sampai dengan Gambar 4.4.



Gambar 4.2 Peta DEM lokasi penelitian



Gambar 4.3 Peta PRI Muntilan



Gambar 4.4 Peta BNPB lokasi desa terdampak banjir lahar dingin Gunung Merapi wilayah Jawa Tengah

4. Data Morfologi dan Karakteristik Alur Sungai

Data morfologi dan karakteristik Alur Sungai diperoleh dari kombinasi hasil pengamatan di lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari Pusat Kajian dan Penelitian Balai Sabo, Yogyakarta.

C. Penyelidikan dan survei lapangan

Kegiatan penyelidikan dan survei di lapangan dilakukan dengan metode observasi. Kegiatan dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap kondisi

1. Kondisi kondisi morfologi sungai, kondisi tata guna lahan dan aktivitas

masyarakat di bantaran Sungai Pabelan yang akan diobservasi. Adapun peralatan yang digunakan adalah kamera, perangkat alat tulis dan perangkat GPS.

D. Simulasi dengan Simlar V.1.1.2011

Semua data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan program Simlar V.1.1.2011. Hasil yang diperoleh dari simulasi berupa layout sebaran aliran debris. Hasil tersebut di-*overlay* dengan peta kawasan yang telah ada dengan menggunakan peta RBI. Simulasi yang diperoleh akan dikalibrasikan untuk mengetahui ketepatan hasil simulasi terhadap fakta kejadian dilapangan. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi program Simlar V.1.1.2011 dengan simulasi yang dihasilkan peta rawan bencana sedimentasi yang di keluarkan BNPB.

E. Simulasi terhadap Efektivitas Bangunan Sabo

Untuk mengetahui efektivitas bangunan sabo ada 2 perlakuan yang akan digunakan yaitu:

1. Modifikasi keadaan Topografi dasar saluran sungai.

Titik yang akan direncanakan ada bangunan Sabo, dimodifikasi dengan cara elevasi dasar saluran sungai dinaikkan hingga menyamai tinggi Bangunan Sabo yang direncanakan.

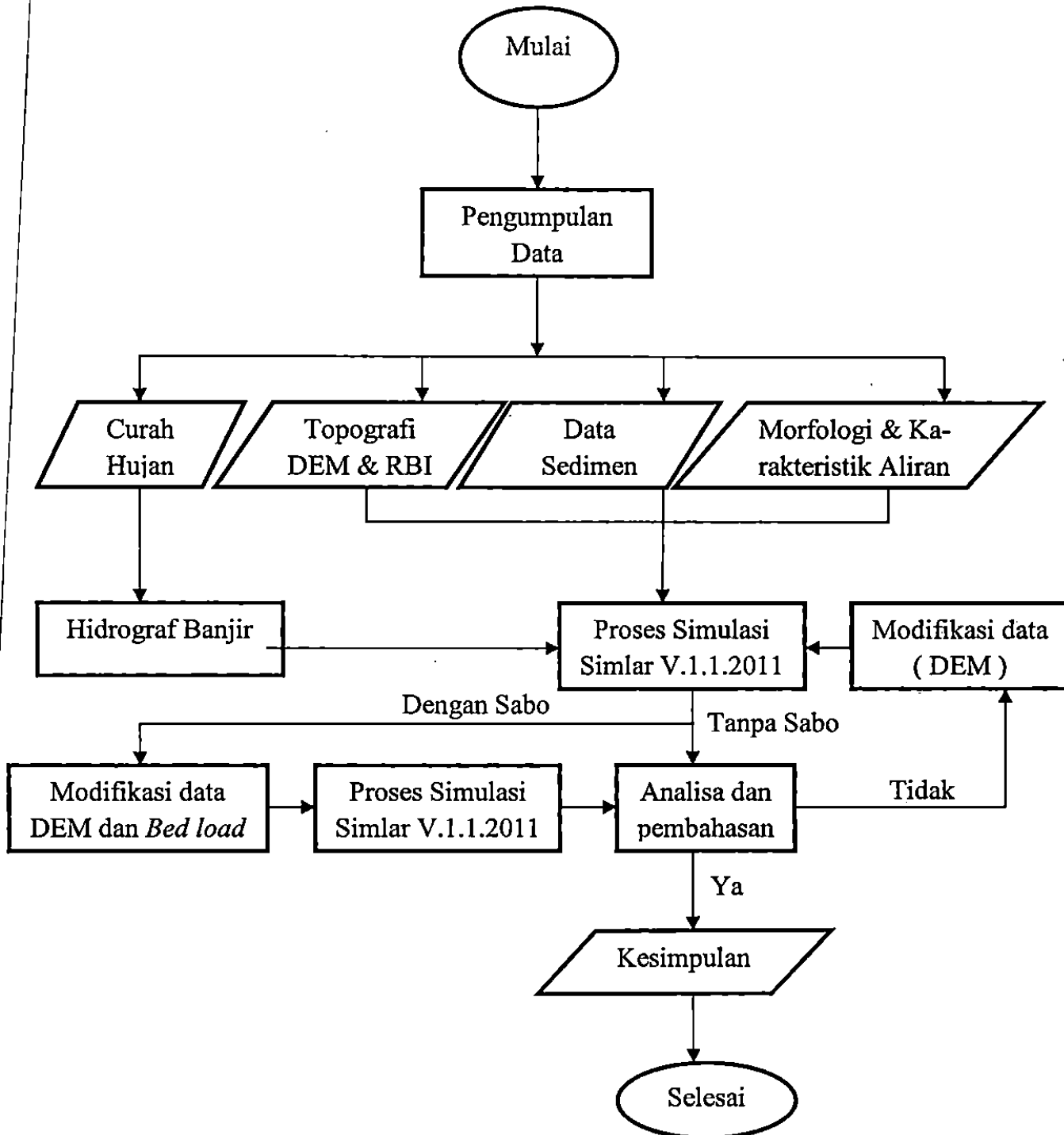
2. Mengasumsikan *Bedload* tidak terjadi pada titik yang akan diberikan

Perlakuan ini dilakukan dengan modifikasi input data *bedload* yang disediakan program Simlar V.1.1.2011. Data output yang disimulasikan, dimodifikasi dengan mengubah angka *bedload* dari 30 menjadi 0 dan diinput lagi untuk mengetahui hasil simulasinya.

Dari kedua perlakuan tersebut hanya satu yang akan diterapkan, apabila metode tersebut mampu memberikan hasil yang mendekati dengan fakta di lapangan, teori fungsi dan efektivitas bangunan Sabo. Efektivitas kerja Bangunan Sabo diukur dari simulasi sebaran aliran debris yang dihasilkan

F. Bagan Alir Penelitian

Secara garis besar bagan alir penelitian akan dijelaskan pada Gambar 4.5 sebagai berikut :



Gambar 4.5. Bagan Alir penelitian

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

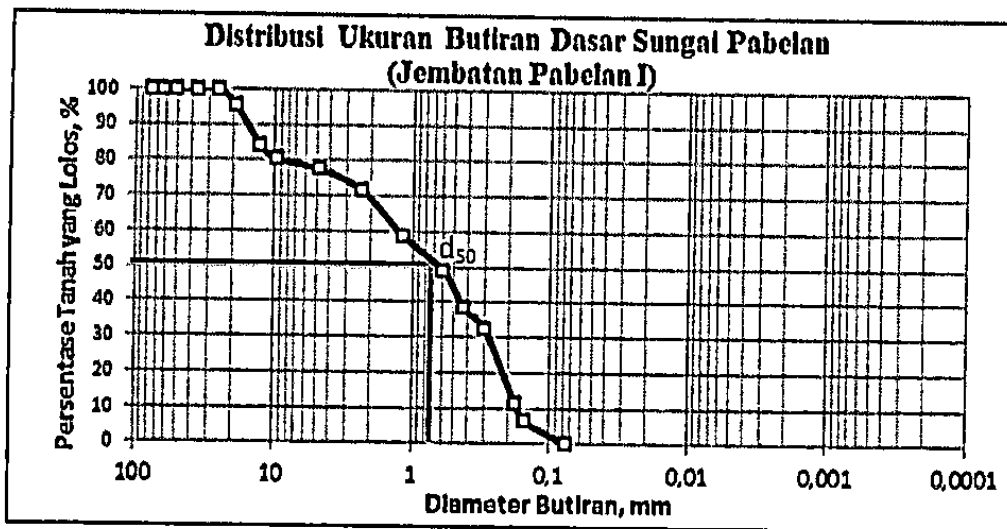
A. Karakteristik Endapan Sedimen

Data sedimen yang dipakai adalah data hasil penelitian pada Sungai Pabelan sebelumnya yaitu dengan judul “Tinjauan Morfologi, Porositas dan Angkutan Sedimen Permukaan Dasar Sungai Pabelan Pasca Erupsi Gunung Merapi tahun 2010” karya Indreswari Nur Kumalawati mahasiswi Teknik Sipil UMY angkatan 2007. Data sedimen ditunjukkan dalam Tabel 5.1 dan Gambar 5.1 di bawah ini :

Tabel 5.1 Analisis Distribusi Ukuran Butiran Dasar Sungai Pabelan

Lokasi asal Sampel		Jembatan Pabelan I			
Jenis sampel		Sedimen dasar sungai			
Berat sampel yang di uji		5000 gr			
Tanggal pengujian		24 Agustus 2011			
Lokasi pengujian		Laboratorium Teknik Sipil UMY			
Analisis distribusi ukuran butiran					
Diameter	Berat				
(mm)	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Kumulatif (gr)	Kumulatif (%)	Lolos (%)
76,2	-	-	-	-	100
63,5	-	-	-	-	100
50,8	-	-	-	-	100
36,1	-	-	-	-	100
25,4	-	-	-	-	100
19,1	230	4,60	230	4,60	95,40
12,7	562	11,24	792	15,84	84,16
9,52	184	3,86	976	19,52	80,48
4,75	142	2,84	1118	22,36	77,64
2,35	298	5,96	1416	28,32	71,68
1,18	640	12,80	2056	41,12	58,88
0,6	488	9,76	2544	50,88	49,12
0,425	534	10,68	3078	61,56	38,44
0,3	300	6,00	3378	67,56	32,44
0,177	1056	21,12	4434	88,68	11,32
0,15	242	4,84	4676	93,52	6,48
0,075	324	6,48	5000	100	0
Jumlah	5000				

Dari Tabel 5.1 di atas diperoleh grafik disitribusi butirannya seperti yang tersaji pada Gambar 5.1 berikut ini :



Gambar 5.1 Grafik distribusi ukuran butiran dasar Sungai Pabelan (Jembatan Pabelan I)

Untuk menentukan material dasar sungai maka diambil material yang paling dominan. Dari grafik di Gambar 5.1 menunjukkan bahwa material dasar sungai yang dominan d_{50} adalah pasir berukuran butir 0,65 mm dan jenis tanah adalah pasir.

Pada penelitian ini data endapan lahar yang diinput untuk simulasi lahar dingin menggunakan data dari analisa ukuran butiran tanah yang ditunjukkan oleh Gambar 5.1, dengan cara membagi 3 persent ukuran butiran yang lolos saringan. Berikut data input endapan lahar yang ditunjukkan pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Data input endapan lahar

Ukuran butir tanah lolos (mm)		
d_{10}	d_{30}	d_{60}
0,18	0,29	1,20

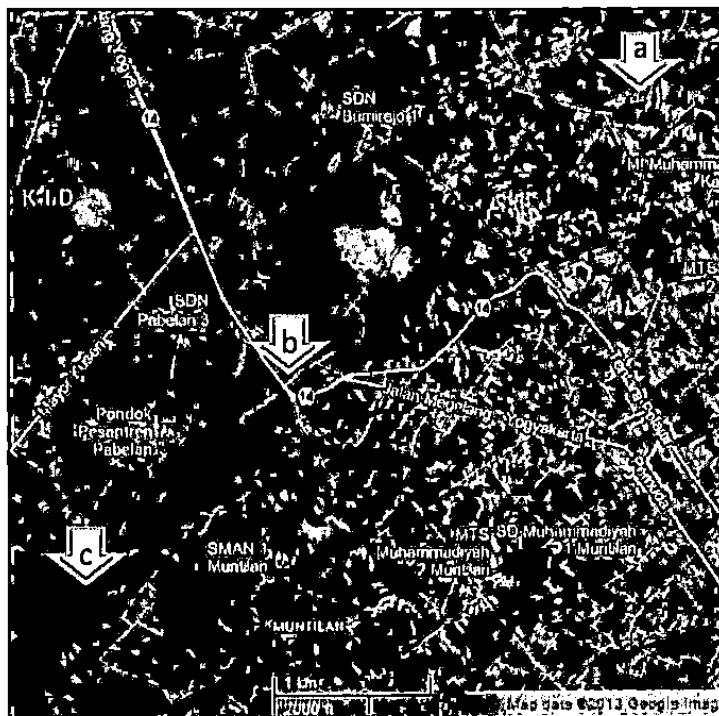
Sumber : Hasil analisa ukuran diameter butiran

B. Karakteristik Aliran dan Morfologi Sungai

Berdasarkan data yang diperoleh dari Balai Sabo Yogyakarta, Sungai Pabelan memiliki panjang total 35,80 km dengan luas DAS 110,6136 km². Namun panjang sungai yang disimulasikan hanya sepanjang kurang lebih 5 km yang terletak sekitar daerah terdampak. Hal ini dilakukan untuk menyederhanakan simulasi.

1. Data Hasil Penelitian Lapangan

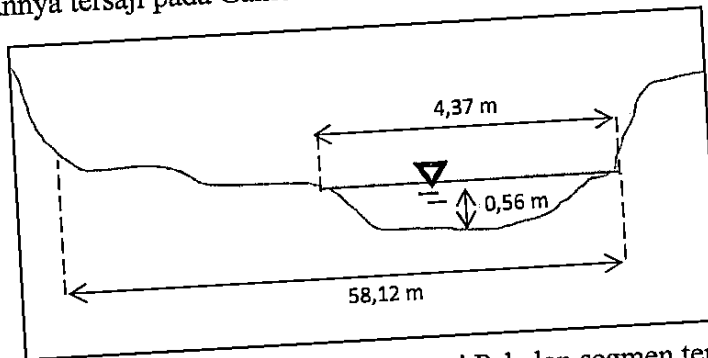
Data morfologi diperoleh dari hasil penelitian lapangan langsung pada hari Kamis 30 Mei 2013. Alat yang digunakan adalah meteran dan GPS. Pengambilan data dimulai dari segmen atas titik (a) kemudian ke segmen tengah titik (b) dan terakhir segmen bawah titik (c) dengan panjang aliran sungai kurang lebih 5 km seperti yang tersaji pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Data titik lokasi penelitian morfologi Sungai Pabelan

b. Segmen tengah – Jembatan Pabelan I

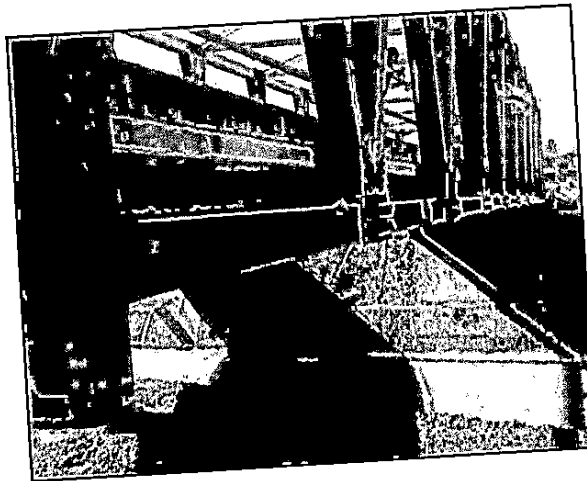
Segmen tengah terletak pada koordinat $07^{\circ}34'41,5''\text{S}$ - $110^{\circ}15'45,9''\text{E}$ di bawah Jembatan Pabelan I, Desa Pabelan, kecamatan Mungkid, kabupaten Magelang, provinsi Jawa Tengah. Data penampang melintang hasil pengukurannya tersaji pada Gambar 5.5 dan Tabel 5.4.



Gambar 5.5 Penampang melintang Sungai Pabelan segmen tengah

Tabel 5.4 Hasil penelitian lapangan Sungai Pabelan segmen tengah

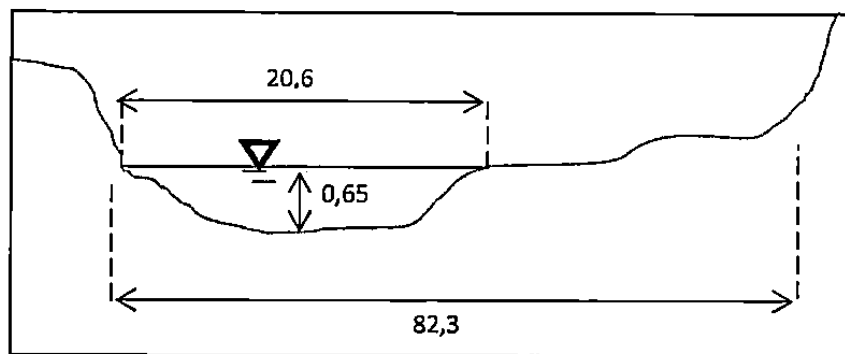
Data	Keterangan/Ukuran
Lebar Aliran	4,37 m
Lebar Banjir/Saluran	58,12 m
Kedalaman aliran	0,56 m
Material dasar	Pasir dan kerikil
Penambangan	Ada



Gambar 5.6 Kondisi di segmen tengah - Jembatan Pabelan I

a. Segmen bawah – Keji

Segmen bawah terletak pada koordinat $07^{\circ}35'22,5''\text{S}$ - $110^{\circ}15'5.99''\text{E}$ desa Keji, kecamatan Muntilan, kabupaten Magelang, provinsi Jawa Tengah. Data penampang melintang hasil pengukurannya tersaji pada Gambar 5.7 dan Tabel 5.5.



Gambar 5.7 Penampang melintang Sungai Pabelan segmen bawah

Tabel 5.5 Hasil penelitian lapangan Sungai Pabelan segmen bawah

Data	Keterangan/Ukuran
Lebar Aliran	20,6 m
Lebar Banjir/Saluran	82,3 m
Kedalaman aliran	0,65 m
Material dasar sungai	Pasir dan kerikil
Penambangan	Tidak ada



Gambar 5.8 Kondisi di segmen bawah Keji

2. Analisa Morfologi Sungai

Analisa morfologi dilakukan dengan menggunakan teori Dave Rosgen (1996). Dalam analisa morfologi sungai data yang diperlukan adalah elevasi saluran, panjang saluran, lebar aliran sungai, lebar aliran banjir, kedalaman aliran, lebar aliran sungai, kemiringan sungai dan material dasar sungai. Berikut perhitungan pada segmen atas Sungai Pabelan daerah Gununglemah :

a. *Entrenchment Ratio*

Entrenchment Ratio adalah rasio hubungan antara lebar aliran banjir (W_{fpa}) terhadap lebar aliran sungai (W_{bkt}). Untuk studi saat ini tidak menggunakan alat *waterpass*, namun hanya digunakan alat meteran untuk melakukan pengukuran.

Cara perhitungan dalam menentukan *Entrenchment Ratio* adalah sebagai berikut:

$$\text{Entrenchment Ratio} = \frac{\text{Lebar aliran banjir}(W_{fpa})}{\text{Lebar aliran sungai}(W_{bkt})} \quad 3.13$$

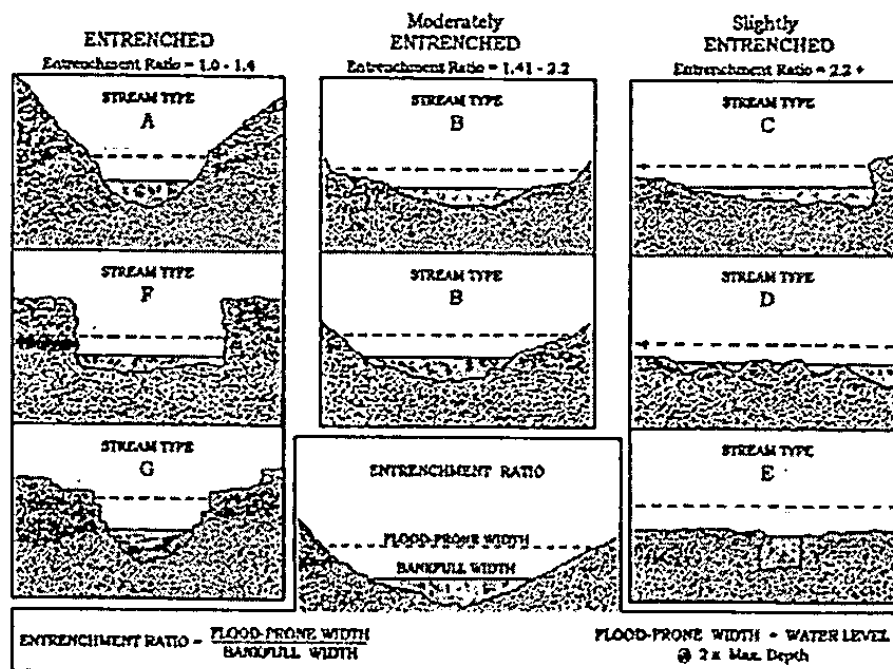
Keterangan :

W_{fpa} = lebar aliran banjir (*flood - prone area width*).

W_{bkt} = lebar aliran sungai (*bankfull surface width*).

$$\text{Entrenchment Ratio} = \frac{99,2 \text{ m}}{18,7 \text{ m}} = 5,3$$

Berdasarkan teori Dave Rosgen (1996) *Entrenchment Ratio* segmen atas Sungai Pabelan daerah Gununglemah mewakili tipe aliran C, D, E, yaitu *Entrenchment Ratio* $5,3 > 2,2$. Seperti terlihat pada Gambar 5.9 di bawah ini :



Gambar 5.9 *Entrenchment ratio* tipe aliran (Rosgen,1996)

b. *Width/Depth Ratio (W/D Ratio)*

Width/Depth Ratio adalah rasio hubungan antara lebar antara sungai (W_{bkf}) terhadap kedalaman sungai (d_{bkf}). Adapun rumus yang digunakan adalah :

$$\text{Width / Depth Ratio} = \frac{\text{Lebar aliran sungai } (W_{bkf})}{\text{Kedalaman aliran sungai } (d_{bkf})} \quad 3.14$$

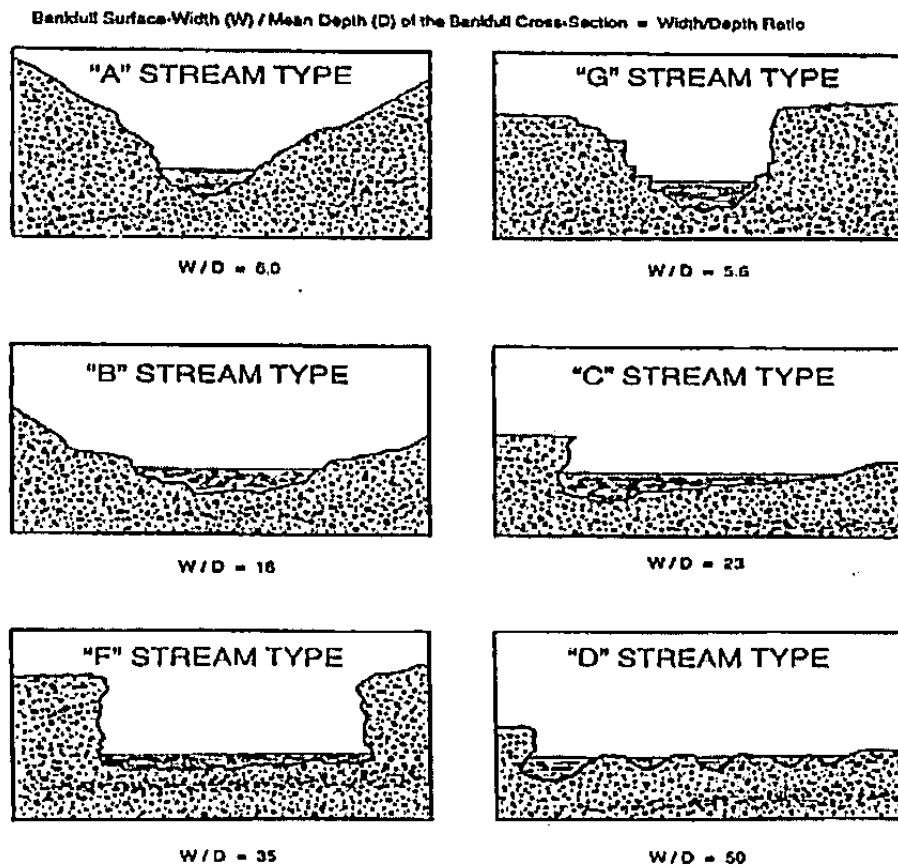
Keterangan :

W_{bkf} = lebar aliran sungai (*bankfull surface width*).

d_{bkf} = kedalaman sungai (*bankfull mean depth*)

$$\begin{aligned} \text{Width / Depth Ratio} &= \frac{18,7m}{0,35 m} \\ &= 53,43 \end{aligned}$$

Berdasarkan teori Dave Rosgen (1996) *W/D ratio* segmen atas Sungai Pabelan daerah Gununglemah termasuk tipe sungai D dengan *W/D Ratio* $53,43 > 40$, seperti terlihat pada Gambar 5.10 di bawah ini :



Gambar 5.10 *W/D ratio* tipe sungai (Rosgen,1996)

c. Kemiringan Alur Sungai (*slope*)

Kemiringan alur sungai merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan tipe sungai. Data elevasi saluran dan panjang saluran didapat dengan menggunakan metode sistem informasi geografi yaitu dengan

menggunakan peta DEM (*Digital Elevation Map*) dari Lidar yang diperoleh dari Balai Sabo Yogyakarta.

Data yang diperoleh dari DEM akan dianalisa dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kemiringan sungai} = \frac{\Delta h}{L} \times 100\% \quad 3.15$$

Keterangan :

Δh = perbedaan elevasi 2 titik yang diamati.

L = jarak antara 2 titik yang diamati.

$$\text{Kemiringan sungai} = \frac{\Delta h}{L} \times 100\%$$

$$= \frac{412,234 - 305,552 \text{ m}}{5009,842 \text{ m}}$$

$$= 0,021294$$

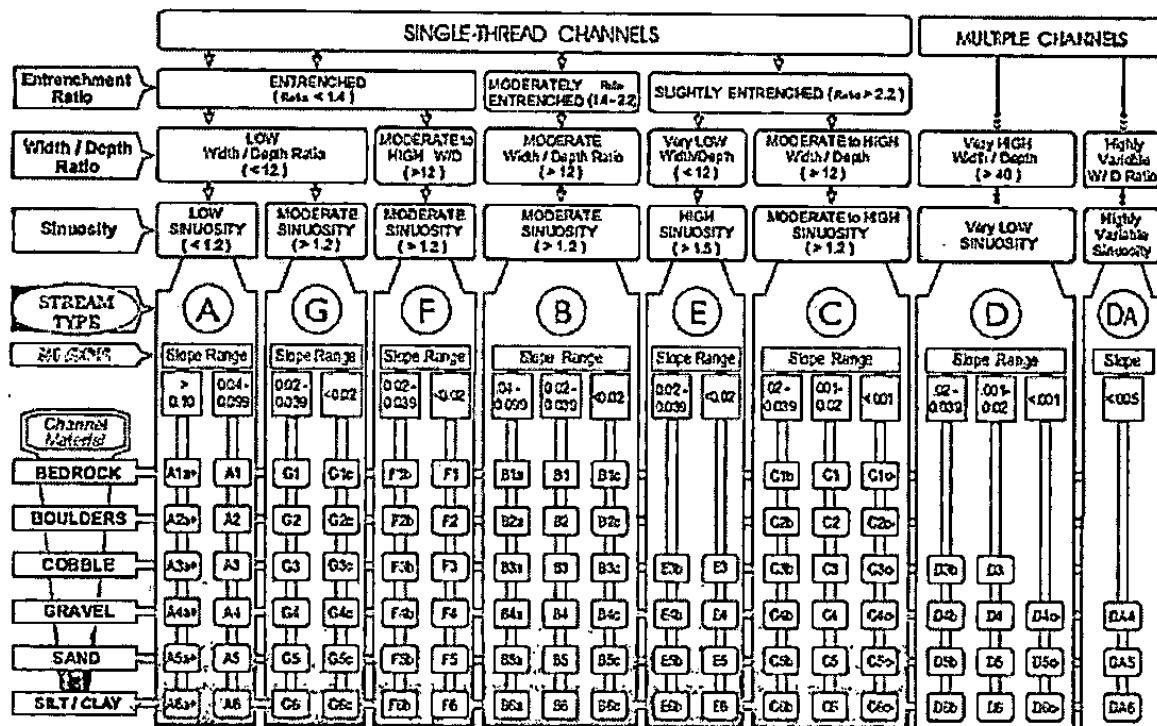
Berdasarkan teori Dave Rosgen (1996) kemiringan sungai segmen atas Sungai Pabelan daerah Gununglemah sebesar 2,1% mewakili tipe sungai B dan G, yaitu kemiringan sungai diantara 2% - 4% .

3. Hasil Analisa Morfologi Sungai

Dengan perhitungan yang sama menggunakan teori Dave Rosgen (1996), diperoleh hasil analisa morfologi untuk tiap segmen Sungai Pabelan yang diteliti

sebagai berikut dengan menggunakan peta alur klasifikasi sungai pada Gambar 5.11

Alur Klasifikasi Sungai Menurut Dave Rosgen



KEY to the ROSGEN CLASSIFICATION of NATURAL RIVERS. As a function of the "continuum of physical variables" within stream reaches, values of Entrenchment and Sinuosity ratios can vary by +/- 0.2 units; while values for Width/Depth ratios can vary by +/- 2.0 units.

Gambar 5.11 Alur klasifikasi sungai menurut Dave Rosgen (1996)

a. Segmen atas – Gununglemah

Segmen atas terletak pada koordinat 07°33'36,4"S - 110°17'09.6"E desa Gununglemah, dusun Surodadi, kecamatan Sawangan, kabupaten Magelang, provinsi Jawa Tengah. Dari hasil pengukuran diperoleh lebar aliran sungai 18,7 m dan lebar aliran banjir 99,2 m, kedalaman aliran 0,35 m dan panjang 2326,124 m. *Entrenchment Ratio* sebesar 5,3 > 2,2 termasuk tipe sungai C, D, E. Nilai *W/D Ratio* sebesar 53,43 > 40 termasuk tipe sungai D. Ukuran butiran tanah dominan (d_{50}) yang diperoleh butiran pasir berukuran 0,65 mm. Kemiringan saluran 2,1% menurut Dave Rosgen

(1996) 2%, 4% termasuk jenis tipe sungai B dan C

b. Segmen tengah – Jembatan Pabelan I

Segmen tengah terletak pada koordinat $07^{\circ}34'41,5''\text{S}$ - $110^{\circ}15'45,9''\text{E}$ di bawah Jembatan Pabelan I, Desa Pabelan, kecamatan Mungkid, kabupaten Magelang, provinsi Jawa Tengah. Dari hasil pengukuran diperoleh lebar aliran sungai 4,37 m dan lebar aliran banjir 58,12 m, kedalaman aliran 0,56 m dan panjang saluran 1316,716 m. *Entrenchment Ratio* sebesar $13,3 > 2,2$ termasuk tipe aliran C, D, E. Nilai *W/D Ratio* sebesar $7,8 < 12$ termasuk tipe Sungai A, E, G. Ukuran butiran tanah dominan (d_{50}) yang diperoleh butiran pasir berukuran 0,65 mm. Kemiringan saluran 2,1% menurut Dave Rosgen (1996) 2% - 4% termasuk jenis tipe sungai B dan G.

c. Segmen bawah - Keji

Segmen bawah terletak pada koordinat $07^{\circ}35'22,5''\text{S}$ - $110^{\circ}15'5.99''\text{E}$ desa Keji, kecamatan Muntilan, kabupaten Magelang, provinsi Jawa Tengah. Dari hasil pengukuran diperoleh lebar aliran sungai 20,6 m dan lebar aliran banjir 82,3 m, kedalaman aliran 0,65 m dan panjang saluran 1367,002 m. *Entrenchment Ratio* sebesar $3,99 > 2,2$ termasuk tipe sungai C, D, E. Nilai *W/D Ratio* sebesar $31,69 < 40$ termasuk tipe sungai DA. Ukuran butiran tanah dominan (d_{50}) yang diperoleh butiran pasir berukuran 0,65 mm. Kemiringan saluran 2,1% menurut Dave Rosgen (1996) 2% - 4% termasuk jenis tipe sungai B dan G.

Berdasarkan data pengamatan dan pengukuran dilapangan, dihasilkan data

Tabel 5.6 Tabel klasifikasi *Entrenchment Ratio* dan *W/D Ratio*

No	Segmen	Lebar Aliran Banjir (m)	Lebar Aliran Sungai (m)	Kedalaman Aliran (m)	<i>Entrenchment Ratio</i>		<i>W/D Ratio</i>	
					Nilai	Klasifikasi	Nilai	Klasifikasi
1	Gununglemah	99,2	18,7	0,35	5,3	C, D, E	53,4	D
2	Jembatan Pabelan I	58,12	4,37	0,56	13,3	C, D, E	7,8	A, E, G
3	Keji	82,3	20,6	0,65	3,99	C, D, E	31,6	DA

Tabel 5.7 Tabel klasifikasi berdasarkan *Slope*

No	Segmen	Kemiringan Dasar Sungai/ <i>Slope</i>				Klasifikasi
		Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Panjang (m)	Nilai (%)	
1	Gununglemah	412,234	358,922	2326,124	2,29	B, G
2	Jembatan Pabelan I	358,922	328,731	1316,716	2,29	B, G
3	Keji	328,731	305,552	1367,002	1,69	C, E, F

Tabel 5.8 Tabel klasifikasi berdasarkan material dominan (d_{50})

No	Segmen	Material Dominan(d_{50})		Tipe Morfologi Sungai
		Ukuran (mm)	Klasifikasi	
1	Gununglemah	0,65	Pasir	C5b
2	Jembatan Pabelan I	0,65	Pasir	
3	Keji	0,65	Pasir	

Tabel 5.9 Tabel klasifikasi morfologi Sungai Pabelan keseluruhan

Rata - Rata				Klasifikasi
<i>Entrenchment Ratio</i>	<i>W/D Ratio</i>	<i>Slope</i>	d_{50}	
7,53	30,81	2,1	0,65	C5b

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 5.6 sampai dengan Tabel 5.9 dari acuan Rosgen (1996) diperoleh pada setiap lokasi penelitian diketahui bahwa rata - rata tipe morfologi Sungai Pabelan adalah sungai tipe

C. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data dari Penakar Curah Hujan (PCH) Jarak yang diukur pada bulan Januari tahun 2012 karena memiliki intensitas curah hujan paling besar dibandingkan dengan bulan yang lain. PCH Jarak terletak kurang lebih 1.200 mdpl dengan koordinat 110°25'8.05"E - 07°29'54.5"S. Data curah hujan yang lebih lengkap tersaji pada Tabel 5.10 dan

Tabel 5.11 berikut :

Tabel 5.10 Curah Hujan Jam-Jaman PCH Jarak Tanggal 1 s/d 15 Januari 2012

Tanggal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Jam															
08-09	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13	0	0,5	0	0	0	0,5	2,2	0	0	0,1	0	0	0	0	0
13-14	0	0	0	0,2	0	1,5	0,3	0	0	0	0	0	0	0,4	0
14-15	0	0,5	0	0,5	0,9	1,3	0,4	0,5	0	0,7	0	0	0	1,6	0,6
15-16	0	0	0	0,5	1,2	0,3	1,5	0,8	0	0	0	0	0,1	0	0,4
16-17	0,2	0,4	0	0	0,2	0	0,1	0	0	0	1,6	0	0,3	0,3	0
17-18	1,1	1,9	0	0	0	0	0,1	0,9	0,5	0	0,7	1,8	0,4	0,2	0,1
18-19	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0,2	0	0,5	0	0,2	0,4	0,1
19-20	0	0,4	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0,3	0,5
20-21	0	0,3	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0,1	0	0	0,2	0
21-22	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0
22-23	0,5	0,4	0	0	0	0	0	0,1	0	0,8	0,2	0	0,5	0,1	0
23-24	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,5	0	0	0,1	0
24-01	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,5	0	0	0,1	0
01-02	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,2	0	0	0	0
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
03-04	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
04-05	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
05-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
06-07	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
07-08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	2,8	4,8	0	0,3	2,3	3,2	4,7	2,5	0,4	2,7	3,9	1,8	1,0	3,6	1,3
Maks.	1,1	1,9	0	0,2	1,2	1,5	2,2	0,9	0,2	0,8	1,6	1,8	0,4	1,6	0,6

Tabel 5.11 Curah Hujan Jam-Jaman PCH Jrakah Tanggal 16 s/d 31 Januari 2012

Tanggal Jam	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
08-09	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11	0	0	0	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13	0	0	0	0	0,29	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-14	0	0	0	0	0,5	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14
14-15	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,07
15-16	0	0	0	0	0	0	0,08	0,30	0	0	0	0	0	0	0	0
16-17	0,2	0	0	0,5	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18	3,4	0,3	0	0,3	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0,10
18-19	0,6	0,3	0	0,2	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,12
19-20	1,5	0,3	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0,5	0,08
20-21	0,5	0	0	0	0	0	0,04	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
24-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
06-07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07-08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	5,8	0,9	0	0,49	0,2	1,5	1,6	3,7	0	0	0	0	0,02	0	0,5	4,2
Maks.	3,4	0,3	0	0,29	0,2	0,8	0,8	3,0	0	0	0	0	0,02	0	0,5	4,2

Sumber dari : Balai Sabo Yogyakarta

Dari Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 di atas diperoleh tinggi hujan maksimal kumulatif

selama :

- 1 Jam = 34,00 mm pada tanggal 16 jam 17-18
- 2 Jam = 42,00 mm pada tanggal 19 jam 11-12 sampai dengan jam 12-13
- 3 Jam = 55,00 mm pada tanggal 16 jam 16-17 sampai dengan jam 18-19
- 6 Jam = 58,00 mm pada tanggal 16 jam 16-17 sampai dengan jam 21-22
- 12 Jam = 58,00 mm pada tanggal 16 jam 16-17 sampai dengan jam 03-04
- 24 Jam = 58,00 mm pada tanggal 16 jam 16-17 sampai dengan jam 15-16

Jumlah 1 Bulan = 613,00 mm

Total Hari Hujan = 25 hari

Tinggi hujan kumulatif 1 jam, 2 jam dan 3 jam digunakan untuk

D. Perhitungan Hidrograf Banjir

Hidrograf adalah kurva yang menggambarkan hubungan antara parameter aliran dan waktu. Hidrograf yang digunakan dalam penelitian ini yaitu hidrograf satuan sintesis metode Nakayashu.

Data Sungai :

Panjang Sungai (L) : 35,80 km

Luas DAS (A) : 110,6136 km²

Perhitungan Metode Nakayashu :

- Waktu konsentrasi :

$$T_g = 0,4 + 0,058 L \quad 3.16$$

$$= 0,4 + 0,058 \times 35,80$$

$$= 2,48 \text{ jam}$$

- Satuan waktu dari curah hujan :

$$T_r = 0,75 \times T_g \quad 3.17$$

$$= 0,75 \times 2,48$$

$$= 1,86 \text{ jam}$$

- Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf :

$$T_p = t_g + 0,8T_r \quad 3.18$$

$$= 2,48 + (0,8 \times 1,86)$$

$$= 3,96 \text{ jam}$$

Waktu dari puncak banjir sampai 0,2 kali debit puncak

- Debit puncak banjir :

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A Re}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) \quad 3.20$$

$$= \frac{1}{3,6} \left(\frac{110,6136 \times 1}{(0,3 \times 3,96) + 4,95} \right)$$

$$= 5,00 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Dari persamaan di atas parameter yang dihasilkan akan membentuk hidrograf satuan dengan menggunakan persamaan berikut ini :

a. Pada kurva naik

$$(0 < t < TP) = 0 < t < 3,96$$

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad 3.21$$

Tabel 5.12 Hasil perhitungan kurva naik $0 < t < 3,96$

t (jam)	Q (m ² /dtk)
0	0
0,5	0,034857249
1	0,183977666
1,5	0,486837614
2	0,97103994
2,5	1,658903505
3	2,569544333
3,5	3,719875547
3,96	5,003035103

b. Pada kurva turun

$$(T_p < t < T_p + T_{0,3}) = 3,96 < t < (3,96 + 4,95)$$

$$= 3,96 < t < 8,92$$

$$Q_r = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \quad 3.22$$

Tabel 5.13 Hasil perhitungan kurva turun $3,96 < t < 8,92$

t (jam)	Q (m ² /dtk)
4	4,957322101
4,5	4,389964032
5	3,887539242
5,5	3,442616215
6	3,048613959
6,5	2,699704671
7	2,390727526
7,5	2,117112351
8	1,874812022
8,5	1,660242602
8,92	1,499101939

c. Pada kurva turun

$$(T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = (3,96 + 4,95) < t < (3,95 + 4,95 + (1,5 \times 4,95)) \\ = 8,92 < t < 16,34$$

$$Q_r = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p) + (1,5T_{0,3})}{(1,5T_{0,3})}} \quad 3.23$$

Tabel 5.14 Hasil perhitungan kurva turun $8,92 < t < 16,34$

(jam)	Q (m ² /dtk)
9	1,480386741
9,5	1,365162666
10	1,258906914
10,5	1,160921448
11	1,070562559
11,5	0,987236643
12	0,910396297
12,5	0,839536725
13	0,774192419
13,5	0,713934108
14	0,658365927
14,5	0,607122828
15	0,559868171
15,5	0,516291523
16	0,476106609
16.34	0.450582663

d. Pada kurva turun

$$(t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = t > 3,96 + 4,95 + (1,5 \times 4,95)$$

$$= t > 16,34$$

$$Q_r = Q_p \times 0,3^{\frac{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]}{(2T_{0,3})}} \quad 3.24$$

Tabel 5.15 Hasil perhitungan kurva turun $t > 16,34$

t (jam)	Q (m ² /dtk)
16,5	0,441828864
17	0,415777513
17,5	0,391262215
18	0,368192401
18,5	0,346482842
19	0,326053333
19,5	0,306828401
20	0,288737019
20,5	0,271712351
21	0,255691501
21,5	0,240615281
22	0,226427993
22,5	0,213077223
23	0,200513649
23,5	0,188690855
24	0,177565163

Dari perhitungan metode Nakayashu di atas diperoleh hidrograf satuan yang kemudian dikalikan dengan curah hujan dari PCH Jarakah pada jam ke 1, 2, dan 3 maksimal dalam 1 bulan untuk mendapatkan ordinat hidrograf banjir 24 jam. Dikarenakan waktu konsentrasi $T_g = 2,48$ jam, maka perkalian dimulai pada

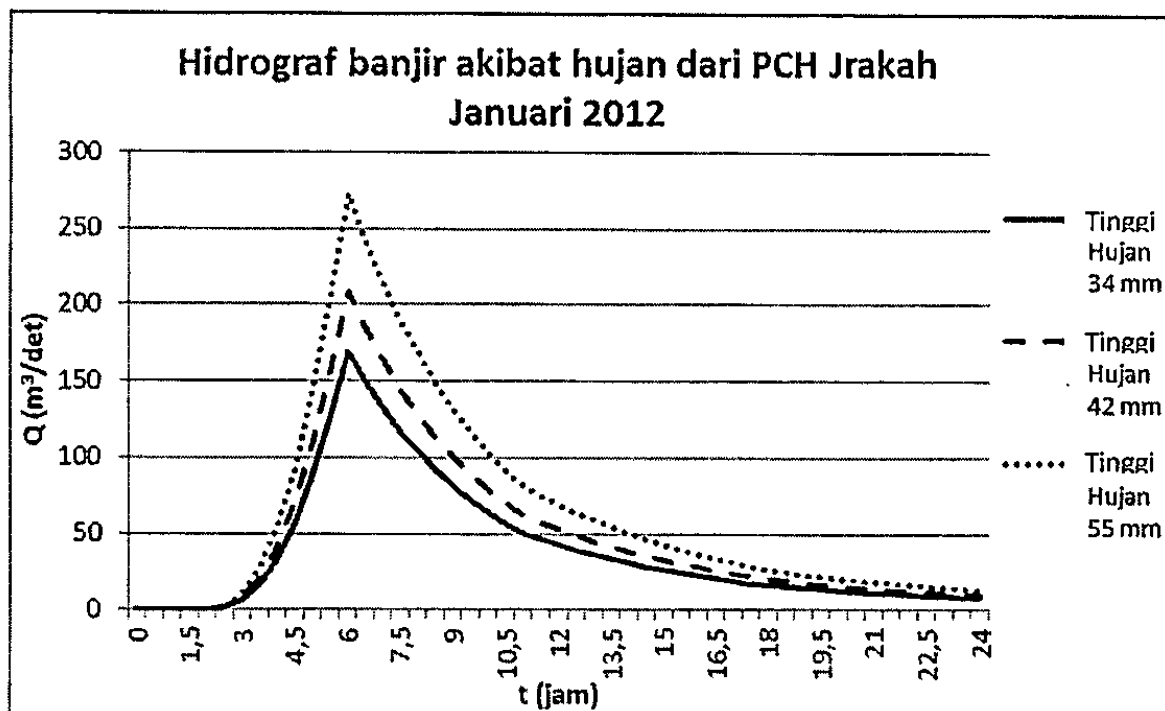
$t = 2,5$ jam. Hasil perhitungan ordinat hidrograf banjir tersaji dalam Tabel 5.16

Tabel 5.16 Ordinat Hidrograf Banjir 24 jam Akibat Hujan Dari PCH Jarakah

t	Q	Data Hujan		
		1 Jam	2 Jam	3 Jam
		34 mm	42 mm	55 mm
(jam)	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)
0	0	0	0	0
0,5	0,034857	0	0	0
1	0,183978	0	0	0
1,5	0,486838	0	0	0
2	0,97104	0	0	0
2,5	1,658904	1,18515	1,46400	1,91715
3	2,569544	6,25524	7,72706	10,11877
3,5	3,719876	16,55248	20,44718	26,77607
4	4,957322	33,01536	40,78368	53,40720
4,5	4,38996	56,40272	69,67395	91,23969
5	3,88754	87,36451	107,92086	141,32494
5,5	3,44262	126,47577	156,23477	204,59316
6	3,04861	168,54895	208,20753	272,65272
6,5	2,69970	149,25878	184,37849	241,44802
7	2,39073	132,17633	163,27665	213,81466
7,5	2,11711	117,04895	144,58988	189,34389
8	1,87481	103,65287	128,04179	167,67377
8,5	1,66024	91,78996	113,38760	148,48376
9	1,48039	81,28474	100,41056	131,49001
9,5	1,36516	71,98182	88,91872	116,44118
10	1,25891	63,74361	78,74210	103,11466
10,5	1,16092	56,44825	69,73019	91,31334
11	1,07056	50,33315	62,17624	81,42127
11,5	0,98724	46,41553	57,33683	75,08395
12	0,91040	42,80284	52,87409	69,23988

t	Q	Data Hujan		
		1 Jam	2 Jam	3 Jam
		34 mm	42 mm	55 mm
(jam)	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)
12,5	0,83954	39,47133	48,75870	63,85068
13	0,77419	36,39913	44,96363	58,88094
13,5	0,71393	33,56605	41,46394	54,29802
14	0,65837	30,95347	38,23664	50,07180
14,5	0,60712	28,54425	35,26054	46,17452
15	0,55987	26,32254	32,51608	42,58058
15,5	0,51629	24,27376	29,98523	39,26638
16	0,47611	22,38444	27,65137	36,21013
16,5	0,44183	20,64218	25,49916	33,39176
17	0,41578	19,03552	23,51446	30,79275
17,5	0,39126	17,55391	21,68424	28,39603
18	0,368192	16,18762	19,99648	26,18586
18,5	0,346483	15,02218	18,55681	24,30059
19	0,326053	14,13644	17,46266	22,86776
19,5	0,306828	13,30292	16,43301	21,51942
20	0,288737	12,51854	15,46408	20,25058
20,5	0,271712	11,78042	14,55228	19,05656
21	0,255692	11,08581	13,69424	17,93293
21,5	0,24062	10,43217	12,88679	16,87556
22	0,226428	9,81706	12,12695	15,88054
22,5	0,213077	9,23822	11,41192	14,94418
23	0,200514	8,69351	10,73904	14,06303
23,5	0,188691	8,18092	10,10584	13,23384
24	0,177565	7,69855	9,50998	12,45354

Dari Tabel 5.16 Ordinat hidrograf banjir di atas diperoleh 15 t pertama untuk dimasukkan ke simlar dimulai dari $t = 2,5$ jam sampai $t = 9,5$ jam. Berikut adalah grafik yang didapat dari Tabel 5.16 Ordinat hidrograf banjir 24 jam (Gambar 5.12)



Gambar 5.12 Grafik hidrograf akibat hujan dari PCH Jrasah Januari 2012

Dari grafik di Gambar 5.12 dapat terlihat bahwa debit puncak terbesar adalah pada saat tinggi hujan kumulatif 3jam 55 mm sebesar $272,65272 \text{ m}^3/\text{dtk}$ pada jam ke-6. Sedangkan debit puncak untuk tinggi hujan kumulatif 1 jam 34 mm dan kumulatif 2 jam 42 mm masing-masing adalah sebesar $168,54895 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan $208,20753 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi curah hujan maka semakin besar debit puncaknya

E. Simulasi Banjir Lahar

Simulasi dilakukan dengan memasukan 15 t pertama dari masing-masing curah hujan maksimal (34 mm, 42 mm dan 55 mm) dimulai dari $t = 2,5$ jam sampai dengan $t = 9$ jam seperti yang tersaji pada tabel 5.17 Ordinat hidrograf banjir 15 t untuk simulasi.

Tabel 5.17 Ordinat hidrograf banjir 15 t untuk simulasi

No.	t (Jam)	Q (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
		1 jam = 34 mm	2 jam = 42 mm	3 jam = 55 mm
1	2,5	1,18515	1,46400	1,91715
2	3	6,25524	7,72706	10,11877
3	3,5	16,55248	20,44718	26,77607
4	4	33,01536	40,78368	53,40720
5	4,5	56,40272	69,67395	91,23969
6	5	87,36451	107,92086	141,32494
7	5,5	126,47577	156,23477	204,59316
8	6	168,54895	208,20753	272,65272
9	6,5	149,25878	184,37849	241,44802
10	7	132,17633	163,27665	213,81466
11	7,5	117,04895	144,58988	189,34389
12	8	103,65287	128,04179	167,67377
13	8,5	91,78996	113,38760	148,48376
14	9	81,28474	100,41056	131,49001
15	9,5	71,98182	88,91872	116,44118

← Debit
Puncak

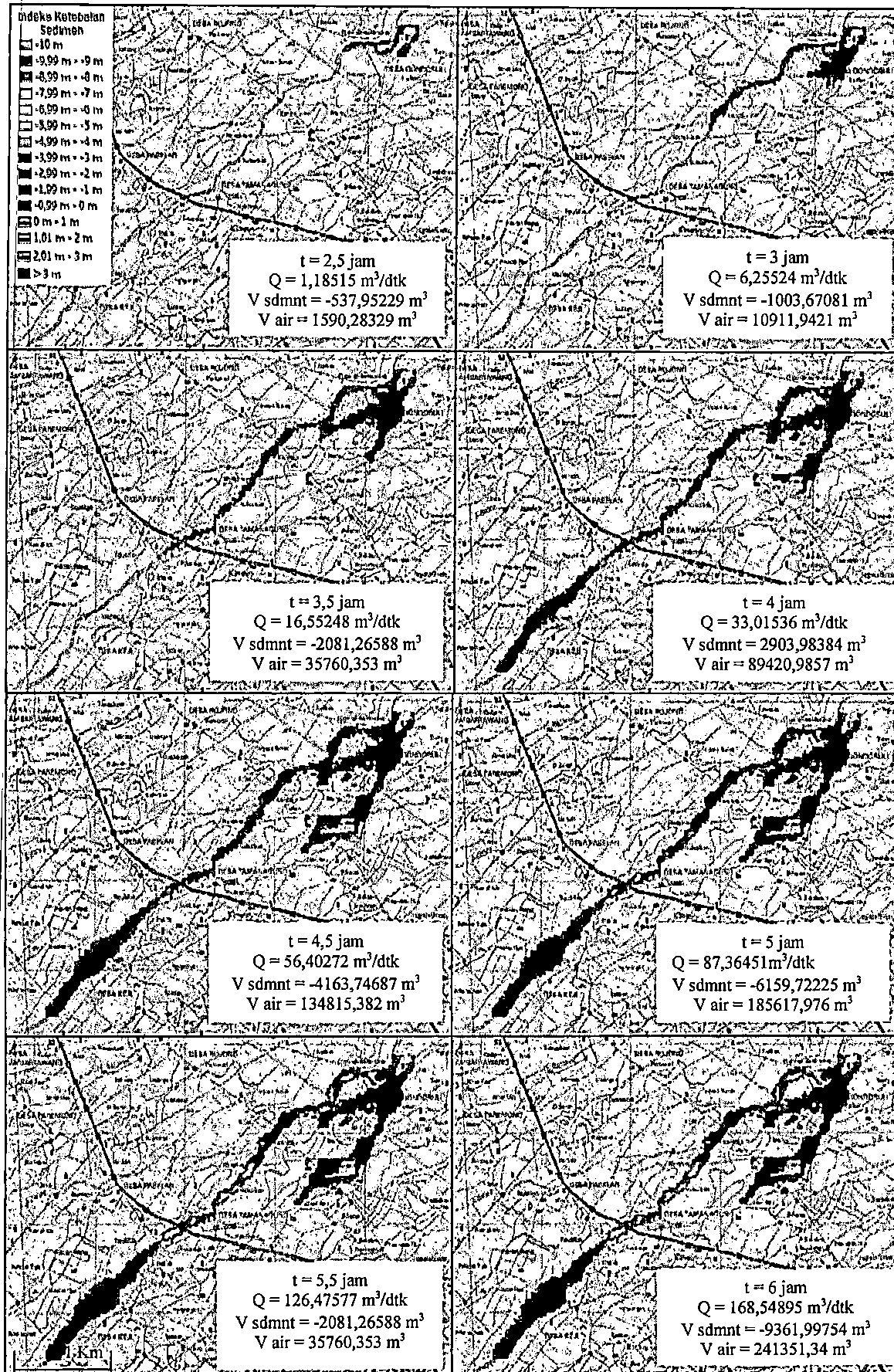
Sumber dari : Hasil perhitungan metode Nakayashu

1. Hasil Simulasi Banjir Lahar Tanpa Bangunan Sabo

Proses *running* program Simlar V.1.1.2011 dalam simulasi ini memerlukan waktu kurang lebih 7 jam untuk mensimulasi aliran lahar dingin dengan panjang aliran sekitar hampir 5 km. Lama waktu simulasi juga tergantung dari spesifikasi komputer yang dipakai, semakin tinggi spesifikasi komputer maka proses *running* akan berjalan lebih cepat.

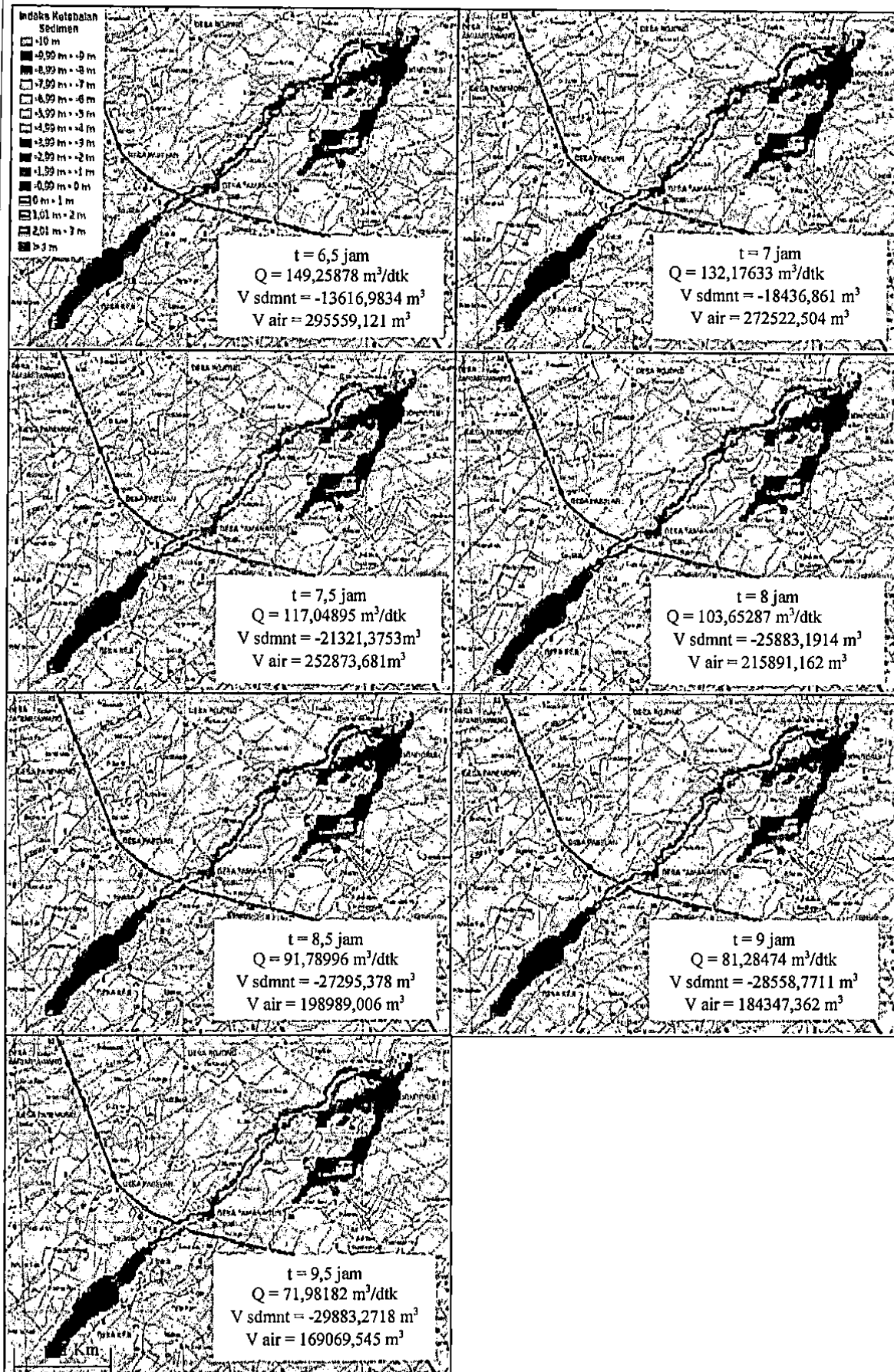
Hasil simulasi aliran lahar tanpa bangunan sabo ini tersaji pada Gambar

Hasil Simulasi Lahar Tanpa Sabo dengan Tinggi Hujan 34 mm



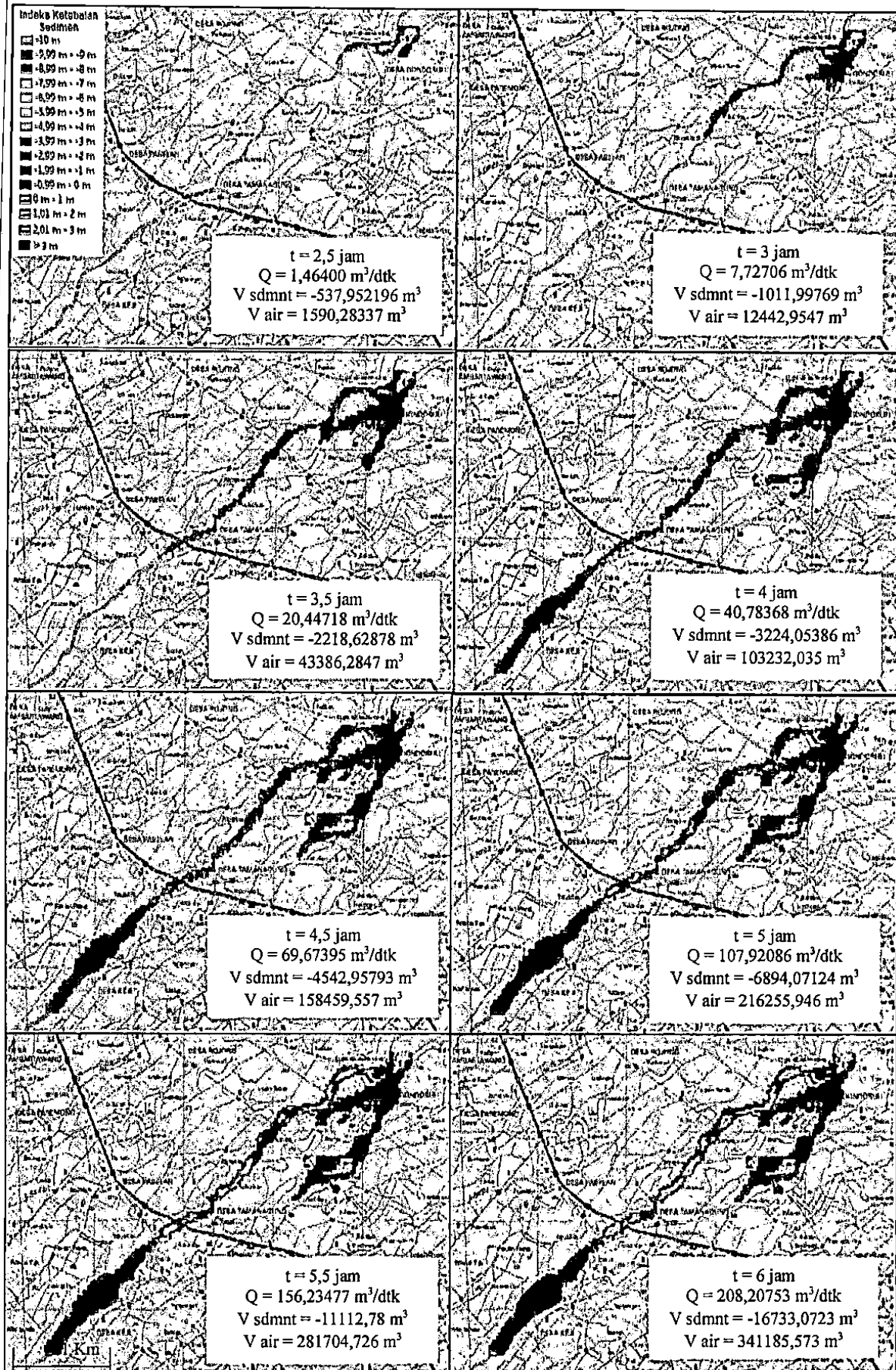
Gambar 5.12 Hasil Simulasi lahar tanpa sabo dengan tinggi hujan 34 mm

Lanjutan hasil simulasi lahar tanpa sabo dengan tinggi hujan 34 mm



Gambar 5.14 Hasil Simulasi lahar tanpa sabo dengan tinggi hujan 34 mm

Hasil Simulasi Lahar Tanpa Sabo dengan Tinggi Hujan 42 mm



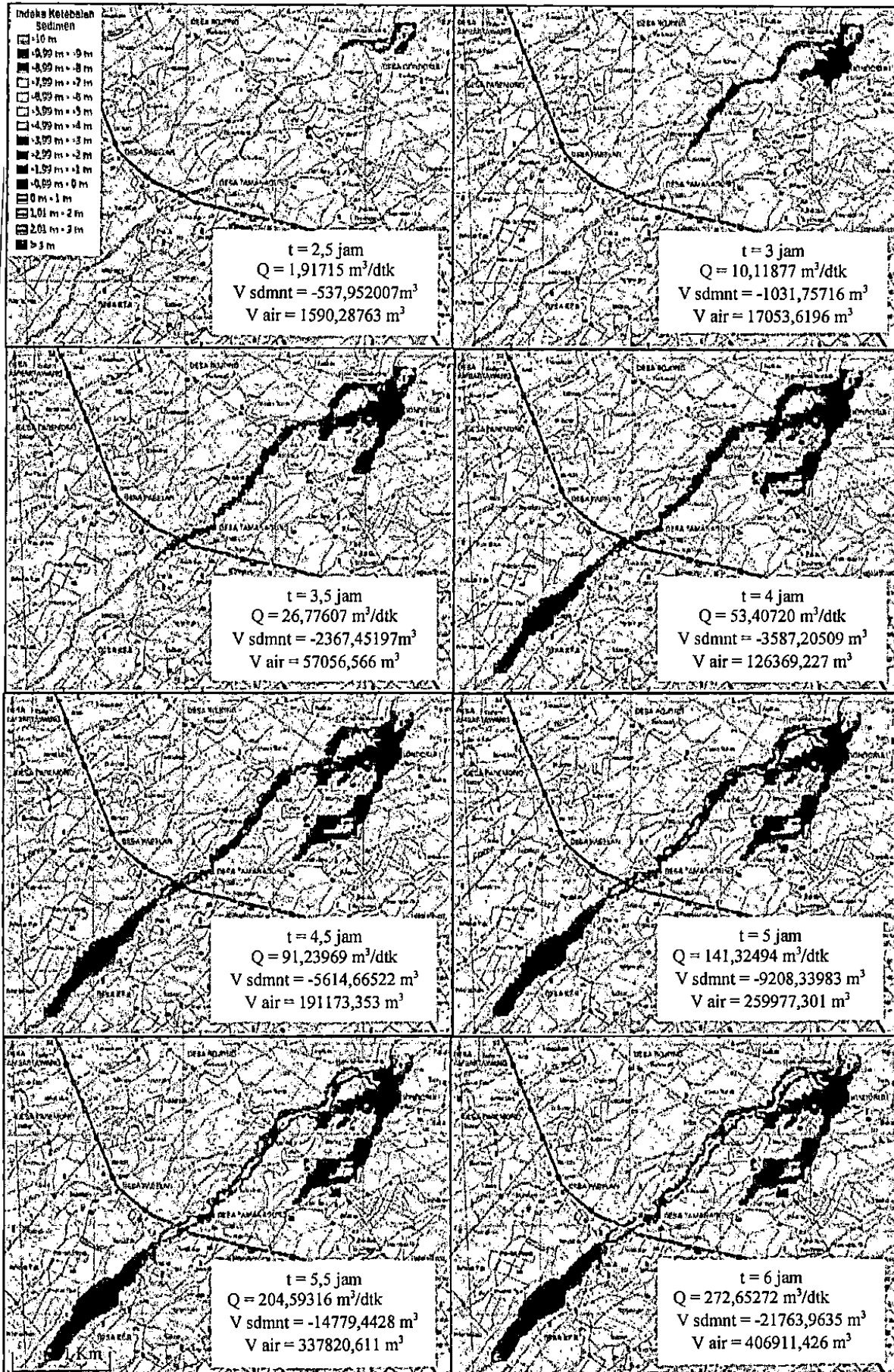
Gambar 5.15 Hasil simulasi lahar tanpa sabo dengan tinggi hujan 42 mm

Lanjutan hasil simulasi lahar tanpa sabo dengan tinggi hujan 42 mm



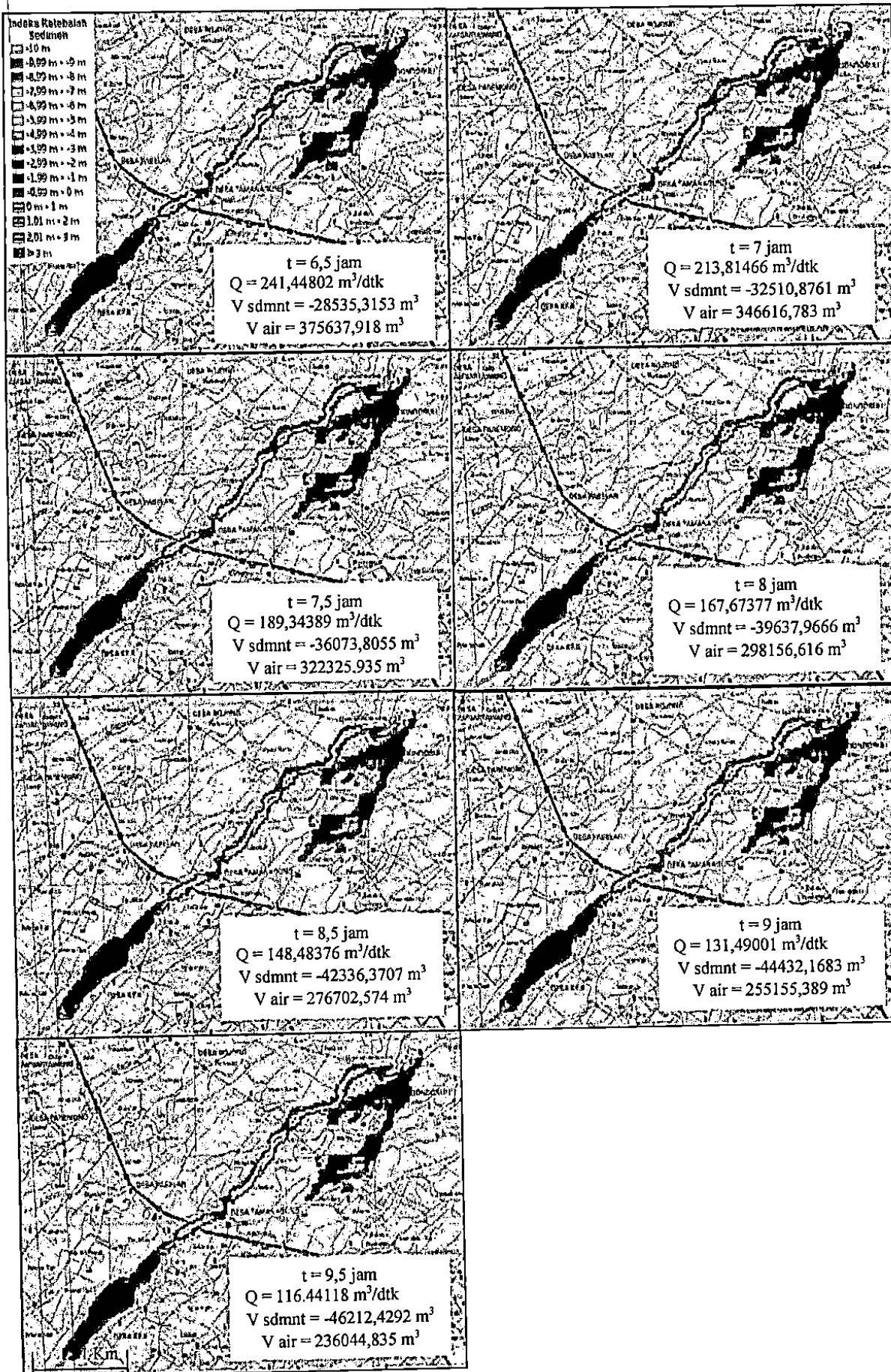
Gambar 5.16 Hasil simulasi lahar tanpa sabo dengan tinggi hujan 42 mm

Hasil Simulasi Lahar tanpa Sabo dengan Tinggi Hujan 55 mm



Gambar 5.17 Hasil simulasi lahar tanpa sabo dengan tinggi hujan 55 mm

Lanjutan hasil simulasi lahar tanpa sabo dengan tinggi hujan 55 mm



Dari hasil simulasi tanpa bangunan sabo di atas (Gambar 5.13 s/d Gambar 5.18) terlihat bahwa aliran lahar pada tinggi hujan 34 mm, 42 mm, maupun 55 mm tidak ada perbedaan yang signifikan. Terlihat sebagian besar aliran mengalami erosi antara 0 – 0,99 meter. Dari alirannya sendiri pada $t = 2,5$ jam sudah mulai ada limpasan yang keluar dari saluran dan masuk ke pemukiman desa Tamanagung. Pada $t = 3$ jam aliran lahar sudah melewati daerah dusun Blangkungan dan pada $t = 3,5$ jam aliran lahar sudah melewati Jembatan Pabelan I. Selanjutnya pada $t = 4$ jam aliran lahar sudah memenuhi semua area sungai yang disimulasi dan aliran limpasan yang masuk pemukiman desa Tamanagung semakin bertambah banyak hingga pada $t = 5$ jam juga muncul sedimentasi di beberapa titik aliran. Pada jam berikutnya hingga $t = 9,5$ jam tidak banyak perubahan atau pertambahan limpasan yang terjadi.

Namun perbedaan dari ketiga simulasi tanpa bangunan sabo di atas (Gambar 5.13 s/d Gambar 5.18) terdapat pada besar jumlah debit, volume banjir dan volume sedimen untuk masing-masing curah hujan, berikut datanya :

- a. Pada tinggi hujan 34 mm, pada jam pertama $t = 2,5$ jam debitnya sebesar $1,185 \text{ m}^3/\text{dtk}$ mengalir air sebanyak $1.590,284 \text{ m}^3$ dan sedimen sebanyak $537,952 \text{ m}^3$. Pada debit puncak $t = 6$ jam dengan debit $168,549 \text{ m}^3/\text{dtk}$ mengalir air sebanyak $241.351,34 \text{ m}^3$ dan sedimen sebanyak $9.361,998 \text{ m}^3$. Pada jam terakhir $t = 9,5$ jam debit aliran sungai menurun sampai $71,982 \text{ m}^3/\text{dtk}$ mengalir air sebanyak $160.060.545 \text{ m}^3$ dan sedimen sebanyak $20.882.272 \text{ m}^3$.

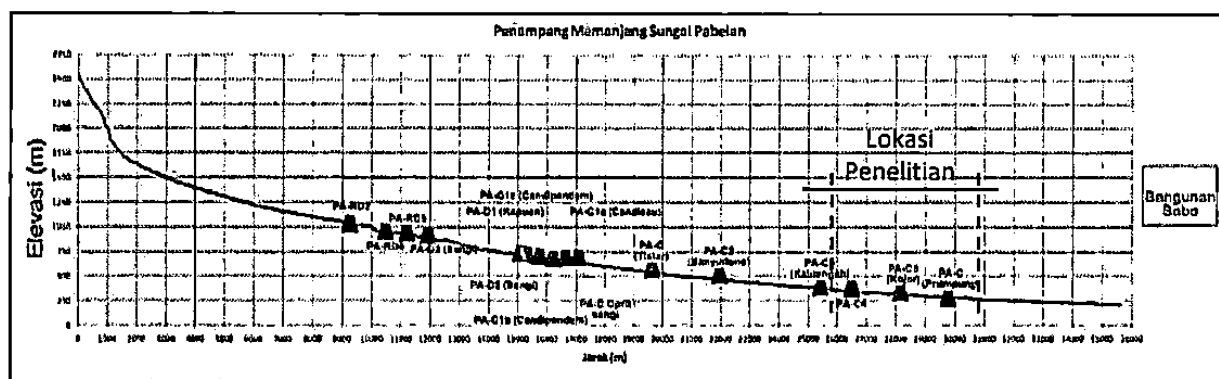
- b. Pada tinggi hujan 42 mm, pada jam pertama $t = 2,5$ jam debitnya sebesar $1,464 \text{ m}^3/\text{dtk}$ mengalir air sebanyak $1.590,284 \text{ m}^3$ dan sedimen sebanyak $537,952 \text{ m}^3$, masih sama seperti saat t pertama curah hujan 34 mm. Pada debit puncak $t = 6$ jam dengan debit $208,208 \text{ m}^3/\text{dtk}$ mengalir air lebih banyak sebesar $341185,573 \text{ m}^3$ dan sedimen sebanyak $16.733,072 \text{ m}^3$. Pada jam terakhir $t = 9,5$ jam debit aliran sungai menurun sampai $88,919 \text{ m}^3/\text{dtk}$ mengalir air sebanyak $169069,545 \text{ m}^3$ dan sedimen sebanyak $29883,272 \text{ m}^3$.
- c. Pada tinggi hujan 55 mm, pada jam pertama $t = 2,5$ jam debitnya sebesar $1,917 \text{ m}^3/\text{dtk}$ mengalir air sebanyak $1.590,287 \text{ m}^3$ dan sedimen sebanyak $537,952 \text{ m}^3$, masih sama seperti saat t pertama curah hujan 34 mm dan curah hujan 42 mm. Pada debit puncak $t = 6$ jam dengan debit $272,652 \text{ m}^3/\text{dtk}$ mengalir air lebih banyak sebesar $406.911,426 \text{ m}^3$ dan sedimen sebanyak $21.763,964 \text{ m}^3$. Pada jam terakhir $t = 9,5$ jam debit aliran sungai menurun sampai $116,441 \text{ m}^3/\text{dtk}$ mengalir air sebanyak $23044,835 \text{ m}^3$ dan sedimen sebanyak $46212,429 \text{ m}^3$.

Dengan mengukur luas limpasan yang masuk ke pemukiman menggunakan ArcGIS, diketahui bahwa luas limpasan yang masuk ke pemukiman kurang lebih $52.214,1676 \text{ m}^2$ atau sekitar 52,210 ha.

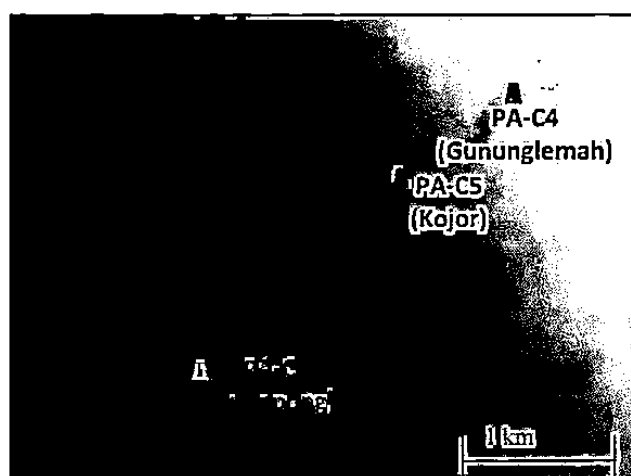
2. Simulasi Terhadap Efektivitas Bangunan Sabo

Data sabo untuk Sungai Pabelan diperoleh dari Balai Sabo Yogyakarta dengan melihat penampang pemukiman Sungai Pabelan tersebut dari elevasi tiap

titik sabo-nya. Setelah diketahui elevasi tiap titik sabo-nya maka dilakukan pembacaan elevasi pada DEM lidar lokasi simulasi untuk menandai titik sabo yang masuk pada lokasi simulasi tersebut. Pada Gambar 5.19 di bawah ini menunjukkan penampang memanjang Sungai Pabelan serta lokasi dan elevasi sabo-nya serta pada Gambar 5.20 dan Gambar 5.21 tersaji peta DEM dan peta RBI yang telah ditandai titik sabo-nya.



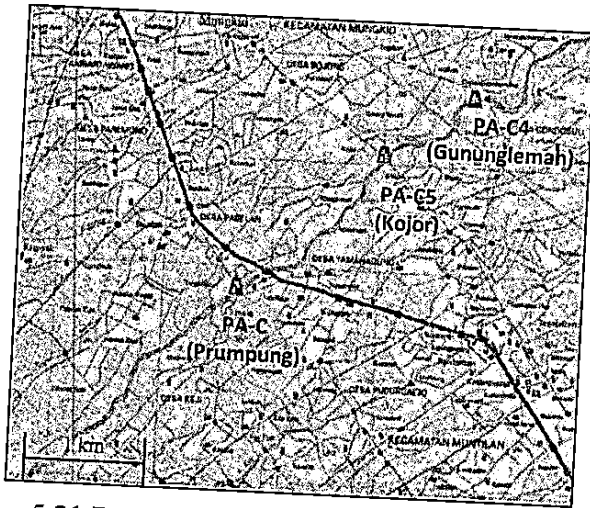
Gambar 5.19 Penampang Memanjang Sungai Pabelan



Gambar 5.20 Peta DEM yang telah ditandai lokasi Sabo-nya

Dengan melihat Gambar 5.19 penampang memanjang Sungai Pabelan dapat diketahui lokasinya dengan menyamakan elevasi pada peta DEM lidar (Gambar 5.20) dengan menggunakan ArcGIS. Data sabo yang masuk ke simulasi

1. PA-C4 daerah Gununglemah dengan elevasi 350 m dpl
2. PA-C5 daerah Kojor dengan elevasi 313,33 m dpl
3. PA-C daerah Prumpung dengan elevasi 283,33 m dpl



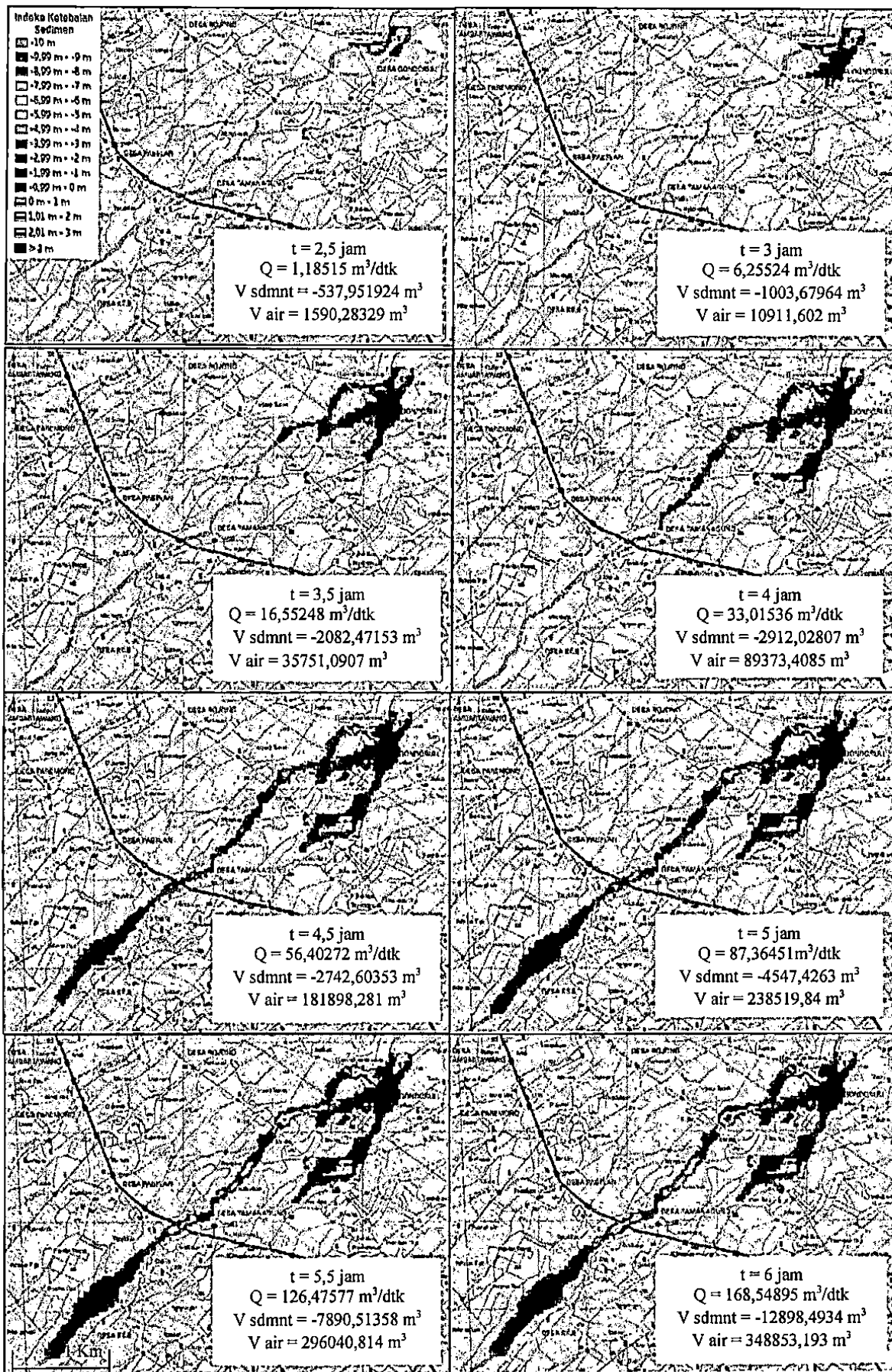
Gambar 5.21 Peta RBI yang telah ditandai lokasi Sabo-nya

Setelah diperoleh titik sabo-nya, maka elevasi pada DEM lidar-nya (Gambar 5.20) dimodifikasi dengan menaikkan nilai elevasi sesuai dengan tinggi sabo yaitu 4 m dan merubah nilai *bed load*-nya dari 30 menjadi 0. Dengan menaikkan elevasinya akan berpengaruh terhadap aliran laharnya yang akan terhambat oleh bangunan sabo dan *bed load*-nya dari 30 menjadi 0 agar tidak terjadi erosi atau erosi pada tanah dasar sungai.

Hidrograf banjir yang sama yaitu pada tinggi hujan 34 mm, 42 mm, dan 55 mm dimasukkan untuk simulasi ini dan memerlukan waktu yang hampir sama dengan simulasi tanpa sabo sebelumnya kurang lebih 7 jam.

Hasil simulasi lahar terhadap efektivitas bangunan sabo dapat dilihat pada Gambar 5.22 sampai dengan Gambar 5.27 berikut :

Hasil Simulasi Lahar Efektifitas Sabo dengan Tinggi Hujan 34 mm



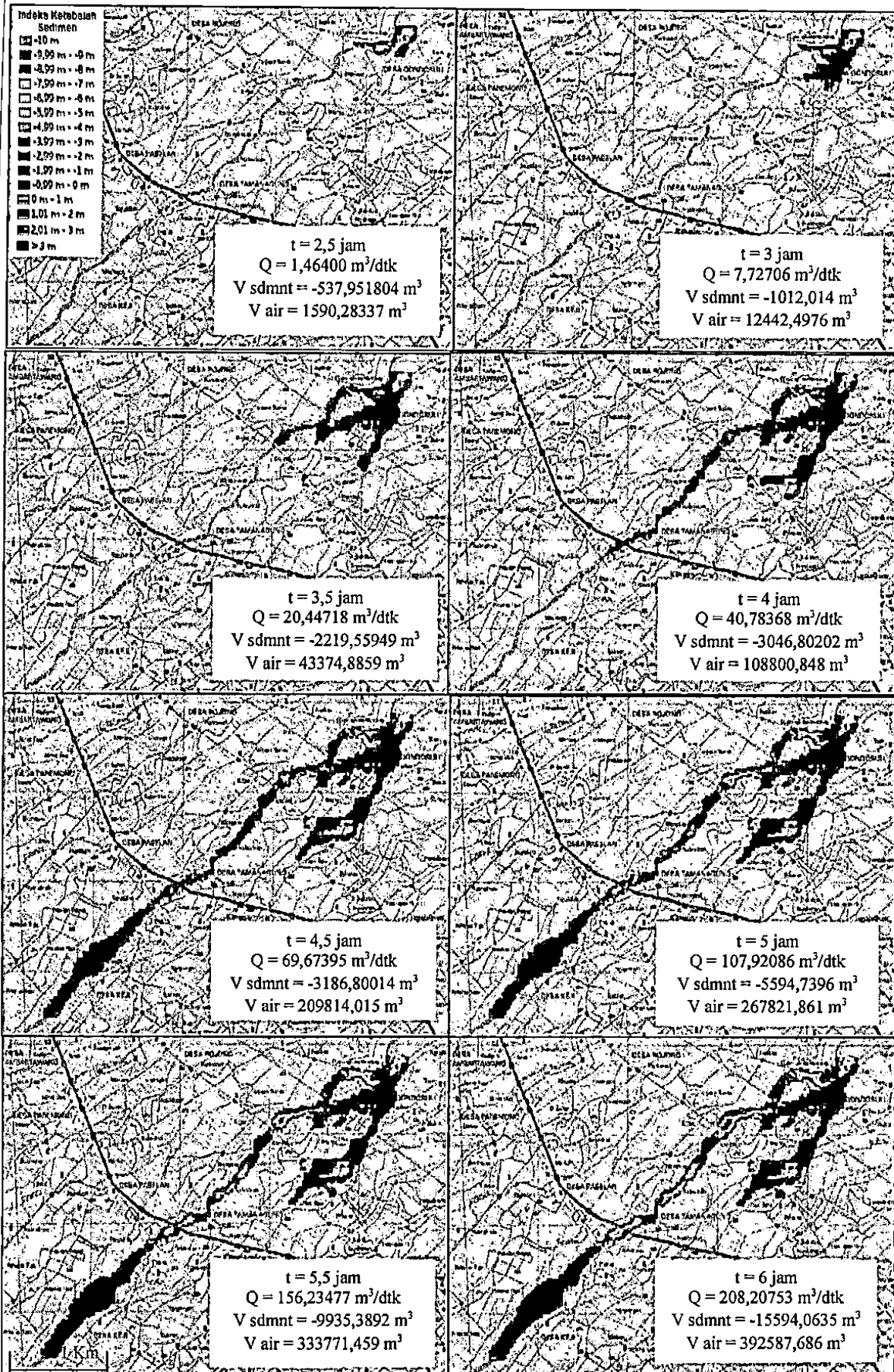
Gambar 5.22 Hasil Simulasi lahar efektifitas sabo dengan tinggi hujan 34 mm

Lanjutan hasil simulasi lahar efektifitas sabo dengan tinggi hujan 34 mm



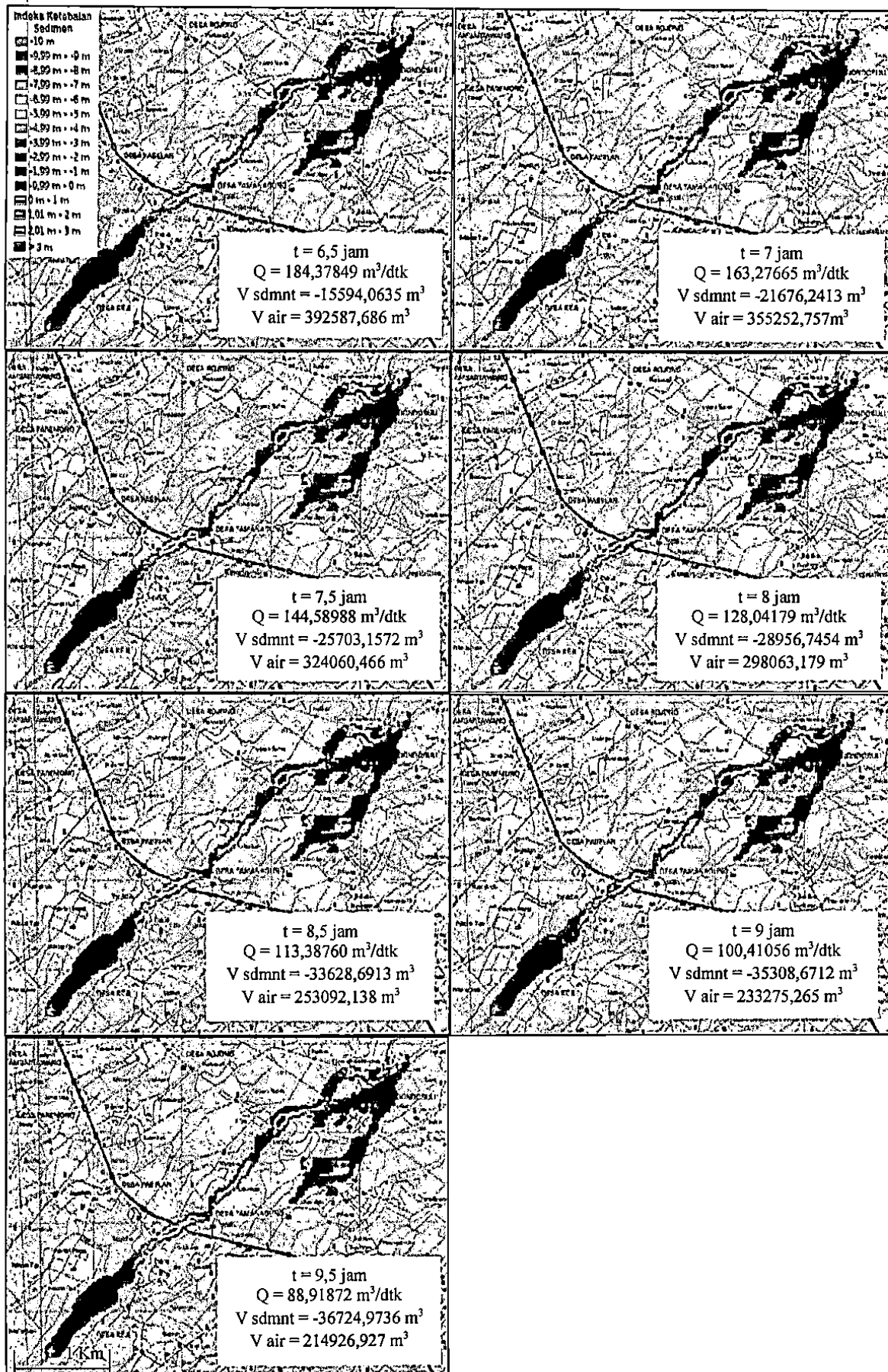
Gambar 5.23 Hasil Simulasi lahar efektifitas sabo dengan tinggi hujan 34 mm

Hasil Simulasi Lahar Efektifitas Sabo dengan Tinggi Hujan 42 mm



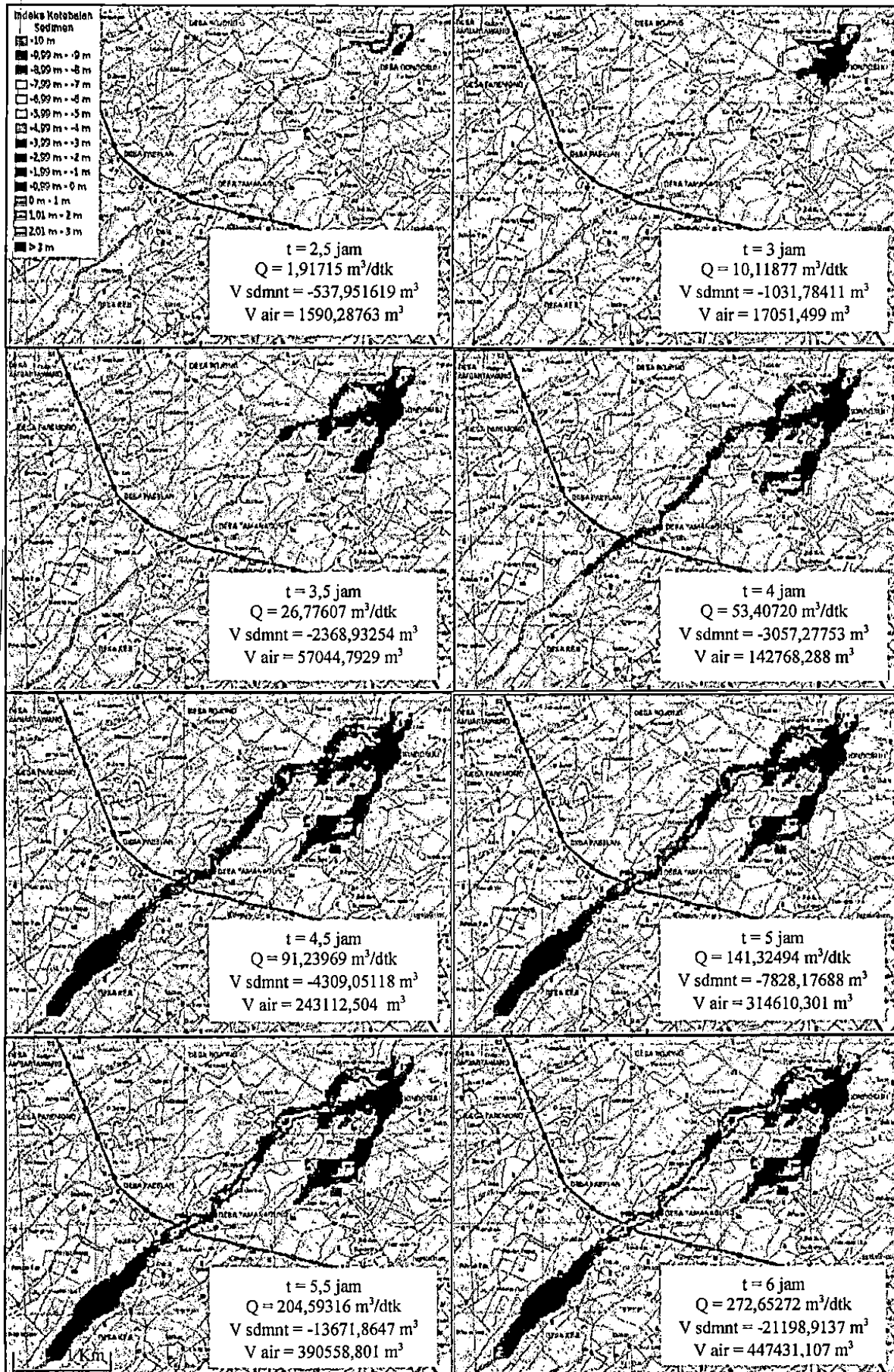
Gambar 5.24 Hasil simulasi lahar efektifitas sabo dengan tinggi hujan 42 mm

Lanjutan hasil simulasi lahar efektifitas sabo dengan tinggi hujan



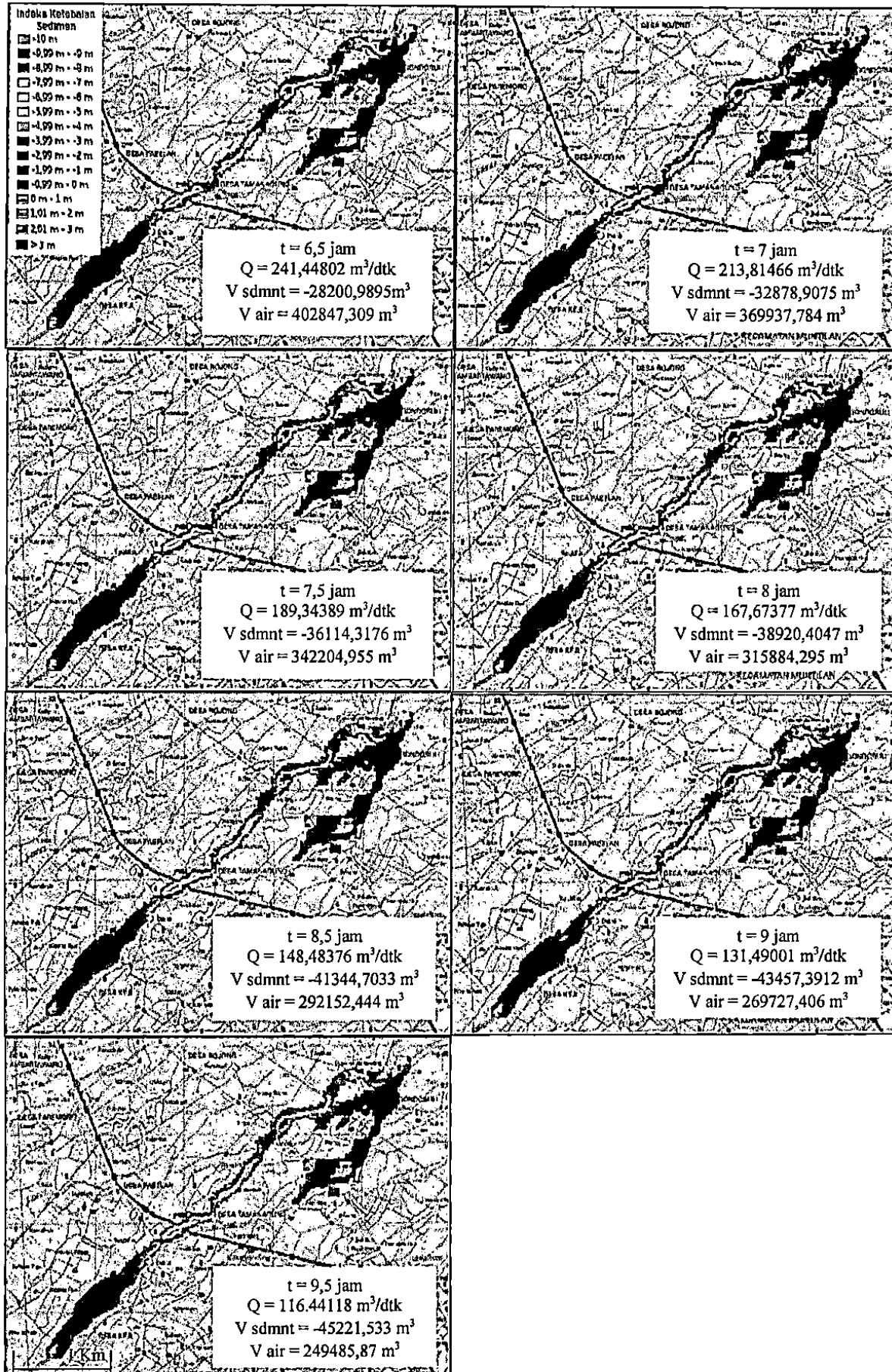
Gambar 5.25 Hasil simulasi lahar efektifitas sabo dengan tinggi hujan 42 mm

Hasil Simulasi Lahar Efektifitas Sabo dengan Tinggi Hujan 55 mm



Gambar 5.26 Hasil simulasi lahar efektifitas sabo dengan tinggi hujan 55 mm

Lanjutan hasil simulasi lahar efektifitas sabo dengan tinggi hujan 55 mm



Gambar 5.27 Hasil simulasi lahar efektifitas sabo dengan tinggi hujan 55 mm

Dari hasil simulasi dengan menambahkan bangunan sabo (Gambar 5.22 s/d Gambar 5.27), sebagian besar aliran mengalami erosi sedalam 0 – 0,99 m. Pada awal $t = 2,5$ jam aliran banjir laharnya sempat tertahan oleh bangunan sabo pertama (PA-C4 Gununglemah) dan meluap ke daerah terdampak pada $t = 3$ jam yaitu desa Tamanagung lebih banyak. Pada $t = 3,5$ jam aliran kembali tertahan oleh bangunan sabo ke-2 (PA-C5 Kojor) dan meluap lebih banyak lagi ke daerah terdampak desa Tamanagung. Pada $t = 4$ jam tinggi hujan 34 mm dan 42 mm aliran belum melewati sabo ke-3 (PA-C Prumpung), namun pada curah hujan 55 mm alirannya terus mengalir, hal ini menunjukkan bahwa bangunan sabo ke-3 (PA-C Prumpung) tidak banyak menghambat laju aliran laharnya karena lebar sungai yang sempit dari lebar sungai sebelumnya. Selanjutnya pada $t = 4,5$ jam aliran lahar sudah memenuhi semua area sungai yang disimulasi dan aliran limpasan yang masuk pemukiman desa Tamanagung semakin bertambah banyak hingga pada $t = 5$ jam. Pada $t = 5,5$ jam sudah ada sedimentasi lebih dari 1 m pada sabo pertama (PA-C4 Gununglemah) dan sabo ke-2 (PA-C5 Kojor) kemudian baru pada $t = 6$ jam pada sabo ke-3 (PA-C Prumpung). Pada jam berikutnya hingga $t = 9,5$ jam tidak banyak perubahan atau pertambahan limpasan yang terjadi.

Perbedaan lain dari ketiga simulasi dengan menambahkan bangunan sabo (Gambar 5.22 s/d Gambar 5.27) terdapat pada besar jumlah debit, volume banjir dan volume sedimen untuk masing-masing curah hujan, berikut datanya :

- a. Pada tinggi hujan 34 mm, pada jam pertama $t = 2,5$ jam debitnya sebesar $1\ 185\ \text{m}^3/\text{dtk}$ mengalir air sebanyak $1\ 590\ 284\ \text{m}^3$ dan sedimen

sebanyak 537,952 m³ masih sama seperti hasil simulasi tanpa sabo. Pada saat t = 3 jam dengan debit 6,255 m³/dtk dimana aliran masih tertahan oleh sabo pertama (PA-C4 Gununglemah) menahan air sebanyak 10.911,602 m³ dan sedimen sebanyak 1.003,680 m³. Pada saat t = 3,5 jam dengan debit 16,552 m³/dtk dimana aliran tertahan oleh sabo ke-2 (PA-C5 Kojor) menahan air sebanyak 35.751,09 m³ dan sedimen sebanyak 2082,472 m³. Pada saat t = 4,5 jam dengan debit 56,403 m³/dtk dimana sabo terakhir (PA-C Prumpung) tidak mampu menahan laju aliran yang mengalir air sebanyak 181.898,281 m³ dan sedimen sebanyak 2.742,604 m³. Pada debit puncak t = 6 jam dengan debit 168,549 m³/dtk mengalir air sebanyak 348.852,193 m³ dan sedimen sebanyak 12.898,493 m³. Pada jam terakhir t = 9,5 jam debit aliran sungai menurun sampai 71,982 m³/dtk mengalir air sebanyak 192.058,689 m³ dan sedimen sebanyak 30.280,812 m³.

- b. Pada tinggi hujan 42 mm, pada jam pertama t = 2,5 jam debitnya sebesar 1,464 m³/dtk mengalir air sebanyak 1.590,283 m³ dan sedimen sebanyak 537,952 m³, masih sama seperti saat t pertama curah hujan 34 mm. Pada saat t = 3 jam dengan debit 7,727 m³/dtk dimana aliran masih tertahan oleh sabo pertama (PA-C4 Gununglemah) menahan air sebanyak 12.442,498 m³ dan sedimen sebanyak 1.012,014 m³. Pada saat t = 3,5 jam dengan debit 20,447 m³/dtk dimana aliran tertahan oleh sabo ke-2 (PA-C5 Kojor) menahan air sebanyak 43.374,886 m³ dan sedimen sebanyak 2219,559 m³. Pada saat t = 4,5 jam dengan debit

56,403 m³/dtk dimana sabo terakhir (PA-C Prumpung) tidak mampu menahan laju aliran yang mengalir air sebanyak 209.814,015 m³ dan sedimen sebanyak 3.186,8 m³. Pada debit puncak t = 6 jam dengan debit 208,208 m³/dtk mengalir air lebih banyak sebesar 392.587,686 m³ dan sedimen sebanyak 15.594,064 m³. Pada jam terakhir t = 9,5 jam debit aliran sungai menurun sampai 88,919 m³/dtk mengalir air sebanyak 214.926,927 m³ dan sedimen sebanyak 36.724,974 m³.

- c. Pada tinggi hujan 55 mm, pada jam pertama t = 2,5 jam debitnya sebesar 1,917 m³/dtk mengalir air sebanyak 1.590,287 m³ dan sedimen sebanyak 537,952 m³, masih sama seperti saat t pertama curah hujan 34 mm dan curah hujan 42 mm. Pada saat t = 3 jam dengan debit 10,119 m³/dtk dimana aliran masih tertahan oleh sabo pertama (PA-C4 Gununglemah) menahan air sebanyak 17.051,499 m³ dan sedimen sebanyak 1.031,784 m³. Pada saat t = 3,5 jam dengan debit 26,776 m³/dtk dimana aliran tertahan oleh sabo ke-2 (PA-C5 Kojor) menahan air sebanyak 57.044,793 m³ dan sedimen sebanyak 2.368,932 m³. Pada saat t = 4 jam dengan debit 91,240 m³/dtk dimana sabo terakhir (PA-C Prumpung) tidak banyak memperlambat laju aliran yang mengalir air sebanyak 243.112,504 m³ dan sedimen sebanyak 4.309,051 m³. Pada debit puncak t = 6 jam dengan debit 272,652 m³/dtk mengalir air lebih banyak sebesar 447.431,107 m³ dan sedimen sebanyak 21.198,914 m³.

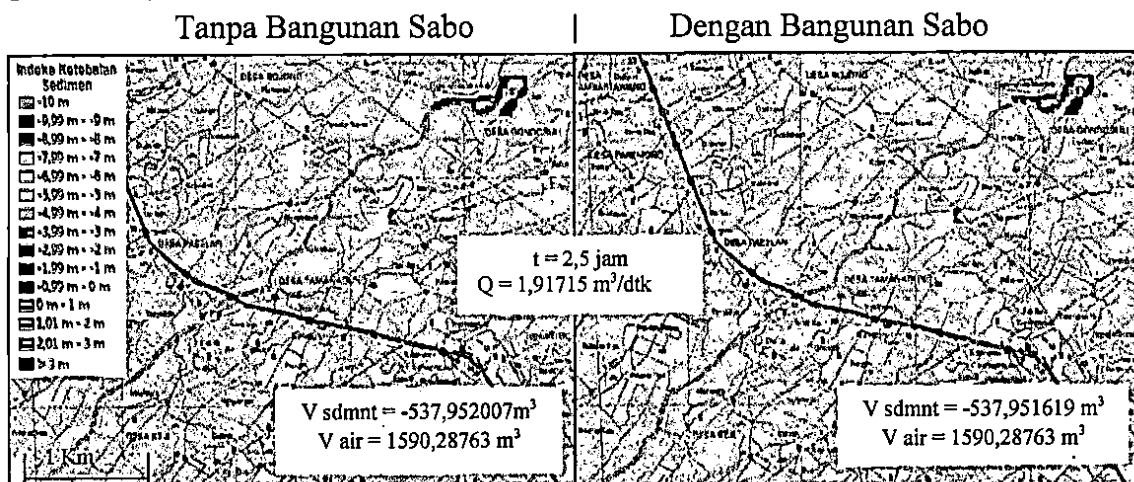
Pada jam terakhir t = 9,5 jam debit aliran sungai menurun sampai

116,441 m³/dtk mengalir air sebanyak 249.485,87 m³ dan sedimen sebanyak 45.221,533 m³.

Dengan mengukur luas limpasan yang masuk ke pemukiman menggunakan ArcGIS, diketahui bahwa luas limpasan yang masuk ke pemukiman kurang lebih 52.214,1676 m² atau sekitar 52,210 ha sama dengan luas limpasan dari hasil simulasi tanpa sabo.

F. Efektivitas Bangunan Sabo untuk Mencegah Aliran Sedimen

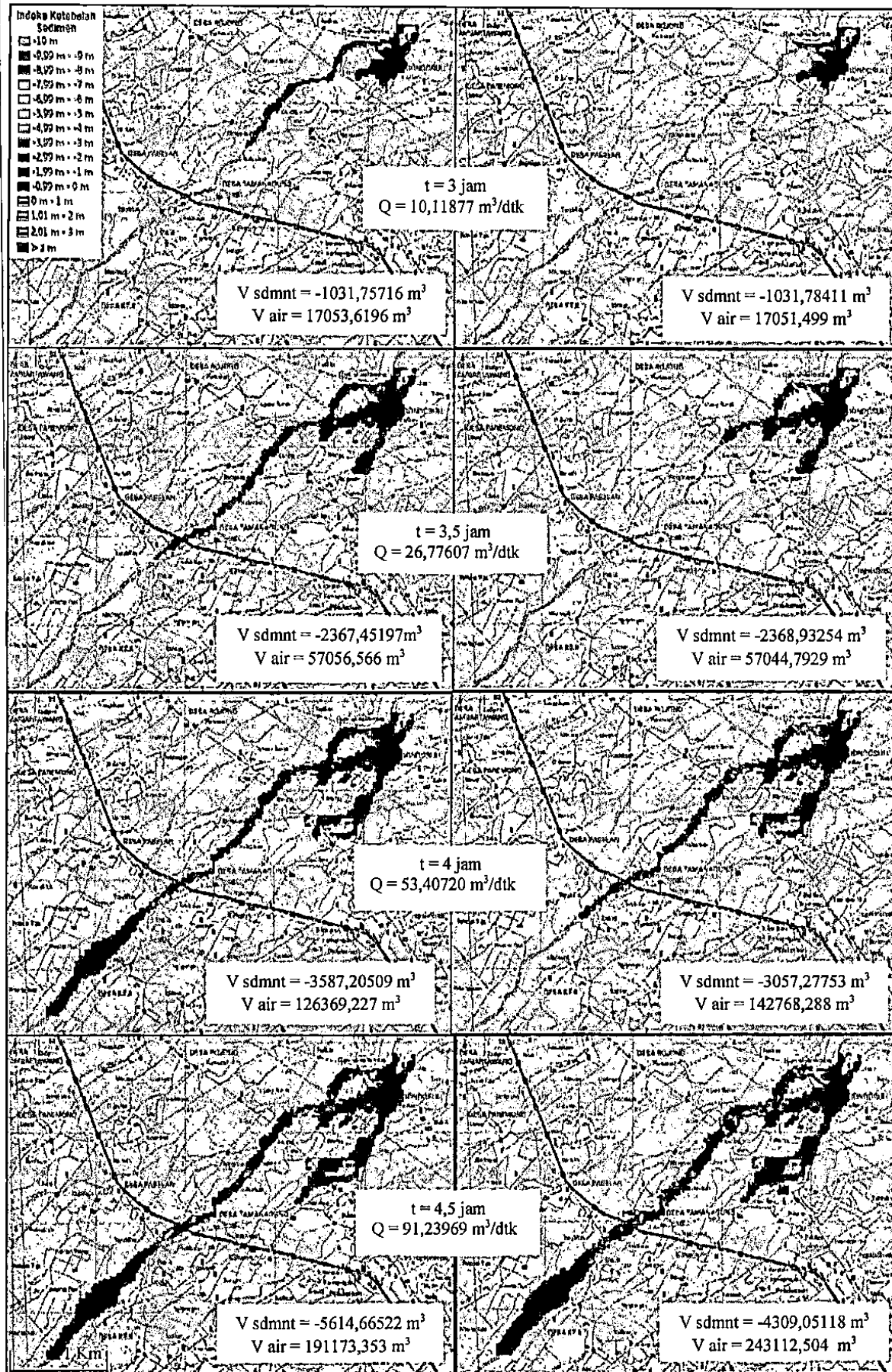
Pengaruh bangunan sabo dalam mencegah atau menghambat aliran banjir lahar cukup besar apabila bangunan sabo didesain sesuai kapasitas banjir maksimal yang terjadi pada aliran sungai tersebut. Dari hasil kedua simulasi pada Gambar 5.13 s/d Gambar 5.18 simulasi tanpa bangunan sabo dan Gambar 5.22 s/d Gambar 5.27 simulasi terhadap bangunan sabo, dapat diketahui perbedaannya dengan membandingkan kedua simulasi tersebut. Data yang diambil adalah hasil simulasi pada tinggi hujan terbesar yaitu 55 mm untuk kedua simulasi. Hal ini agar terlihat perbedaan yang signifikan dari limpasan aliran debris pada curah hujan maksimal. Gambar 5.28 s/d Gambar 5.31 berikut menunjukkan hasil perbandingannya :



Gambar 5.28 Efektivitas Bangunan Sabo untuk Mencegah Aliran Sedimen

Tanpa Bangunan Sabo

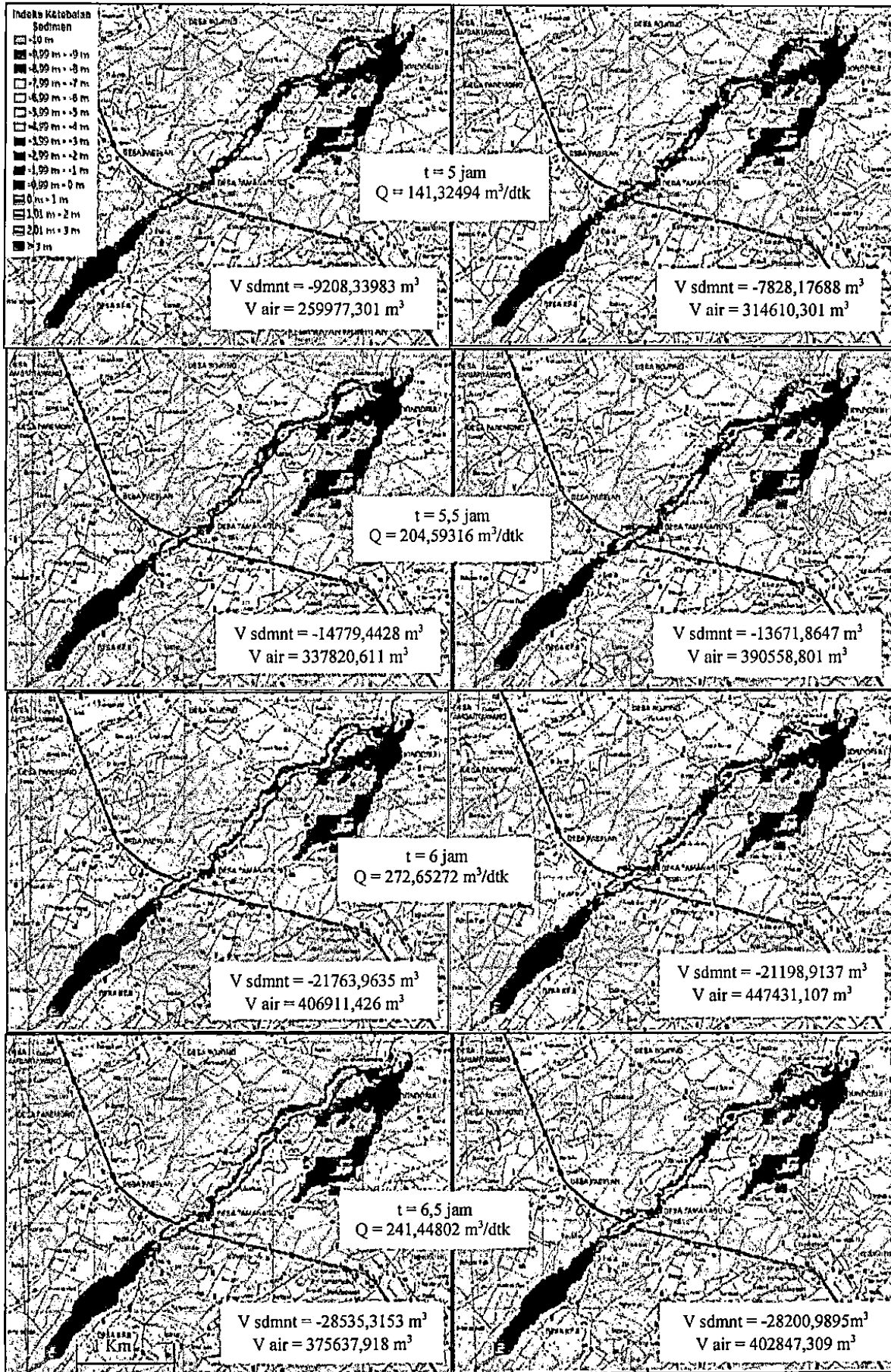
Dengan Bangunan Sabo



Gambar 5.20 Efektifitas Bangunan Sabo untuk Menangkap Aliran Sedimen

Tanpa Bangunan Sabo

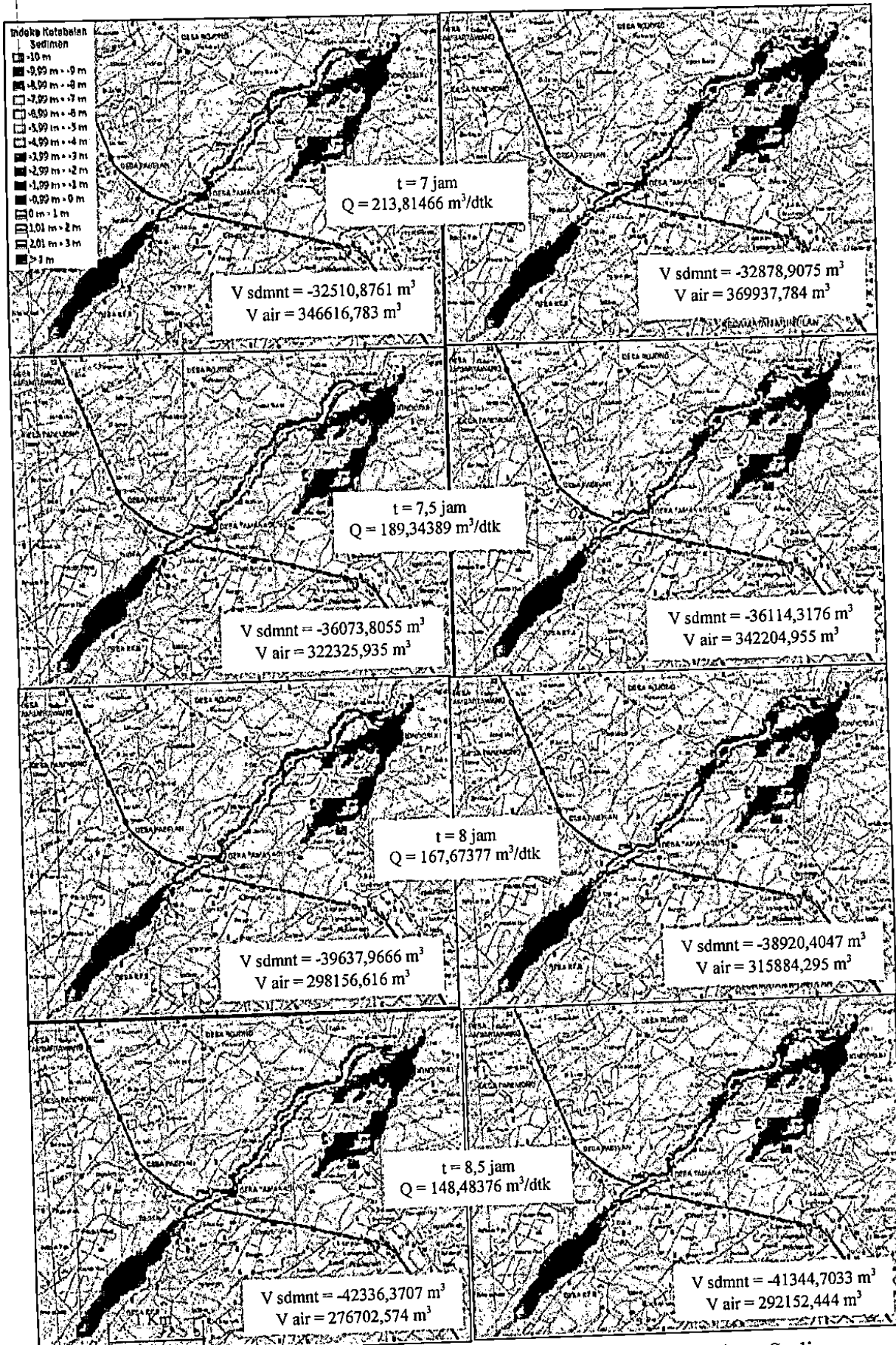
Dengan Bangunan Sabo

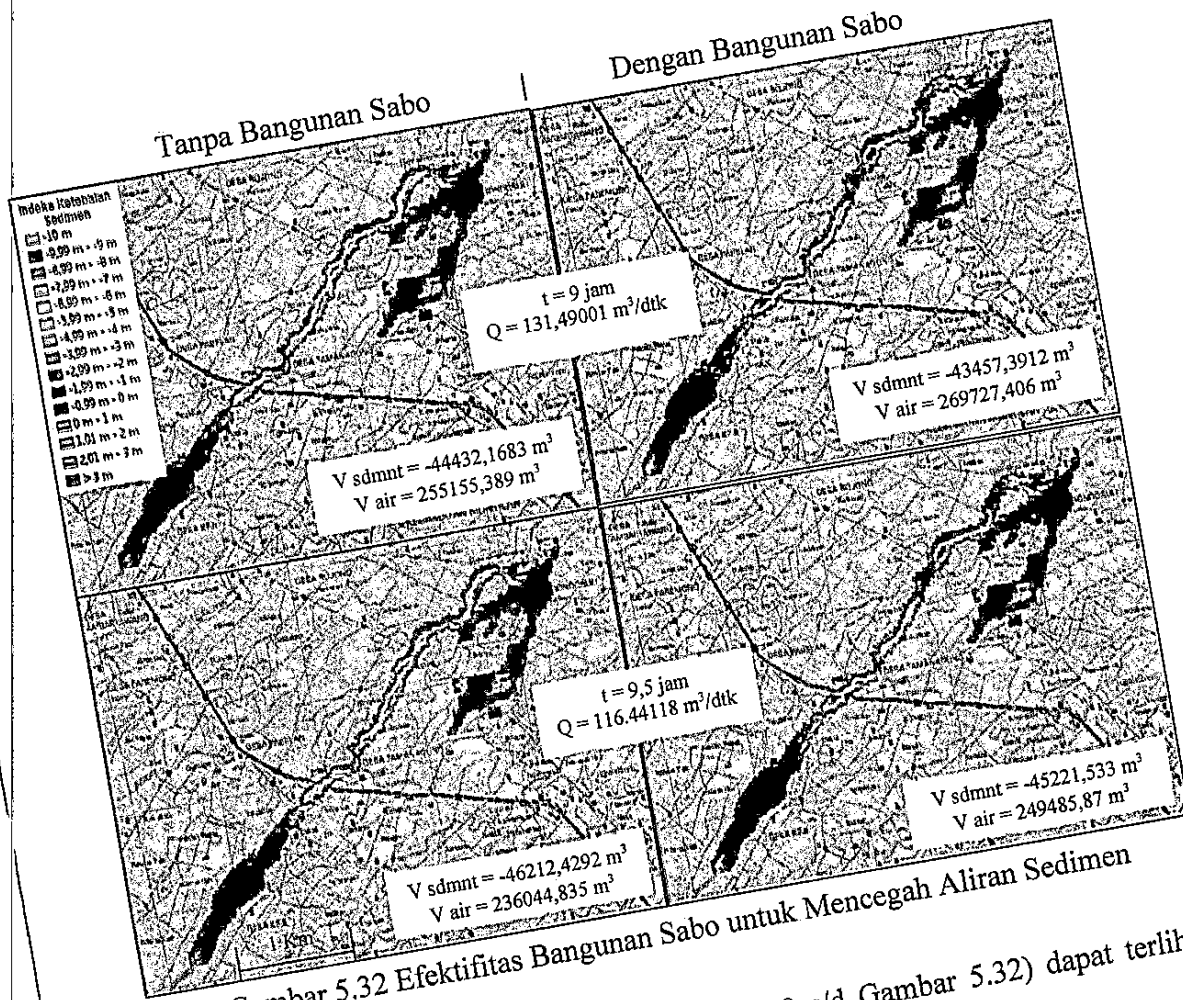


Gambar 5.20 Efektifitas Bangunan Sabo untuk Menegagah Aliran Sedimen

Tanpa Bangunan Sabo

Dengan Bangunan Sabo





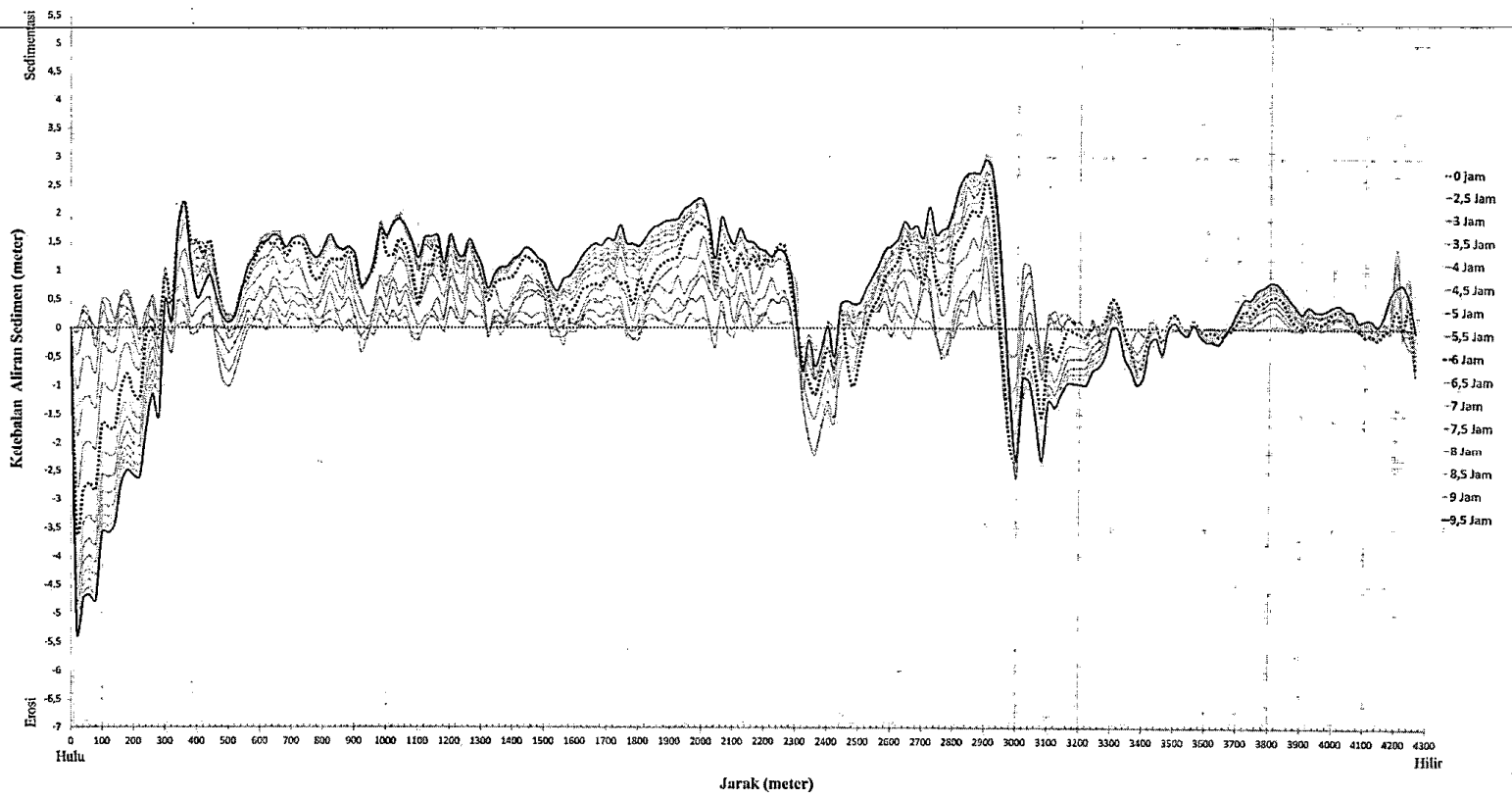
Dari kedua simulasi di atas (Gambar 5.28 s/d Gambar 5.32) dapat terlihat bahwa hasil simulasi tanpa sabo (kiri) dengan hasil simulasi efektivitas sabo (kanan) pada tinggi hujan yang sama 55 mm, terjadi limpasan aliran sedimen atau debris yang sama dengan sebagian besar terjadi erosi antara 0 – 0,99 meter. Dengan luas daerah limpasan yang masuk ke pemukiman sebesar 52.214,1676 m² atau sekitar 52,210 ha hampir mencapai setengah dari luas desa Tamanagung. Ini menunjukkan bahwa pada jam puncak tidak ada perbedaan luas limpasan yang signifikan antara simulasi tanpa sabo dengan simulasi efektivitas sabo. Namun perbedaannya terlihat dari jumlah sedimen yang mengalir setelah melewati ketiga bangunan sabo (Gambar 5.28 s/d Gambar 5.31 sebelah kanan). Saat t = 2,5- jam sampai t = 3,5 jam sedimen yang mengalir sama besar antara

simulasi aliran tanpa sabo (kiri) dan simulasi aliran yang terbangun sabo (kanan). Sedangkan pada saat $t = 4$ jam selesai melewati ketiga bangunan sabo (kanan), aliran sedimen mulai berkurang 14,77 % dibandingkan dengan hasil simulasi tanpa sabo (kiri) saat t yang sama yaitu $3.057,278 \text{ m}^3$ pada simulasi aliran dengan sabo (kanan) dan $3.587,205 \text{ m}^3$ pada simulasi aliran tanpa sabo (kiri). Perbedaan terbesar terlihat saat $t = 4,5$ jam sebesar 23,25 %, yaitu $4.309,051 \text{ m}^3$ pada simulasi aliran dengan sabo (kanan) dan $5.614,665 \text{ m}^3$ pada simulasi aliran tanpa sabo (kiri). Namun pada jam debit puncak saat $t = 6$ jam, perbedaannya mulai berkurang menjadi 2,6 % yaitu $21.763,964 \text{ m}^3$ pada simulasi tanpa sabo (kiri) dan $21.198,914 \text{ m}^3$ pada simulasi dengan sabo (kanan). Dan saat ordinat terakhir yaitu $t = 9,5$ jam, aliran sedimen berkurang hingga hanya 2,14 % dikarenakan bangunan sabo sudah tidak mampu menampung sedimen akibat sudah banyak yang tertahan sebelumnya.

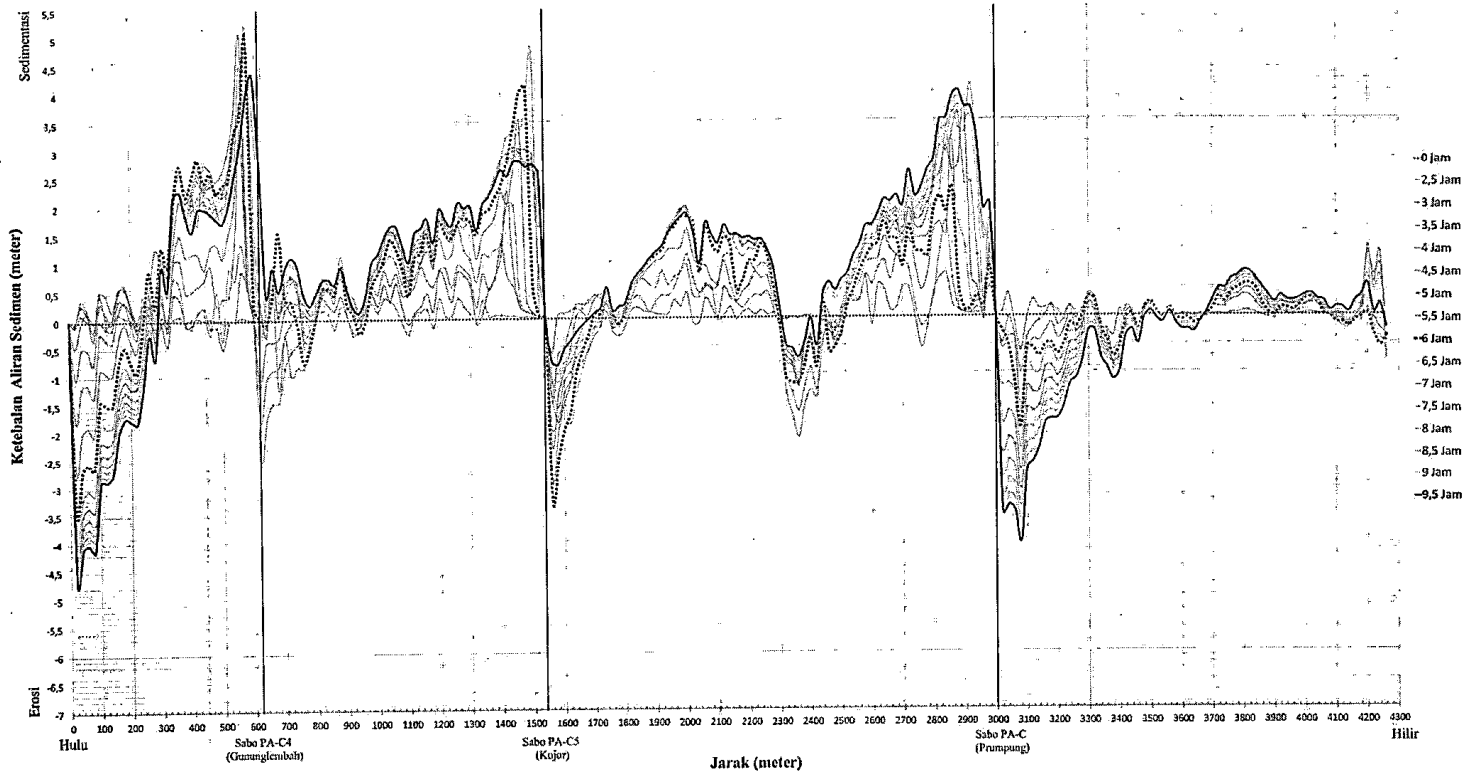
Hal ini menunjukkan bahwa bangunan sabo pada simulasi ini terbukti efektif mencegah dan memperlambat laju aliran sedimen maksimal sebesar 23,25 % dari aliran sedimen tanpa bangunan sabo serta kurang lebih sekitar setengah jam lebih lama dari aliran tanpa bangunan sabo. Dengan begitu akan lebih banyak waktu untuk mengevakuasi warga yang bermukim di sekitar daerah terdampak lahar dan dapat mengurangi korban bencana lahar dingin.

Penghambatan laju aliran sedimen pada Sungai Pabelan akibat bangunan sabo untuk masing-masing simulasi juga dapat dilihat lebih jelas dalam grafik pada

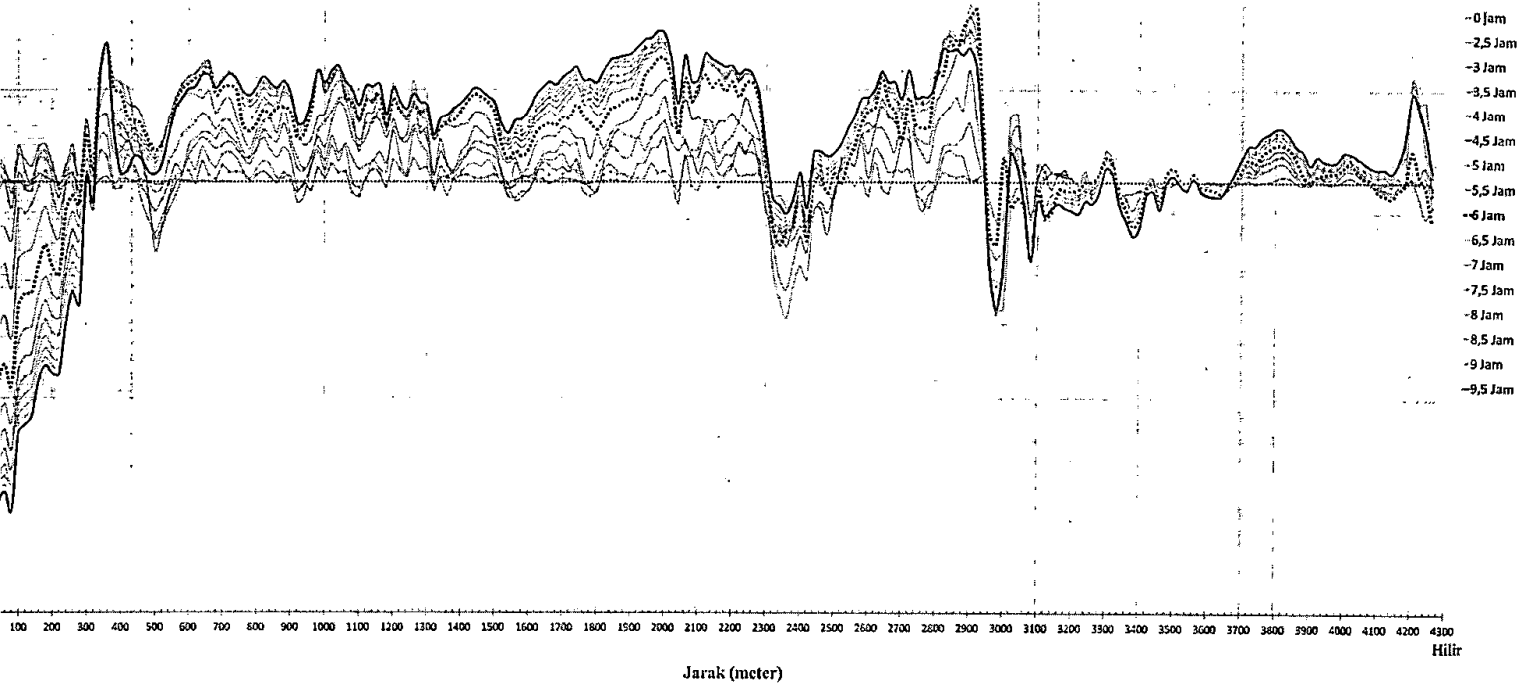
Gambar 5.23 sampai dengan Gambar 5.28 berikut ini :



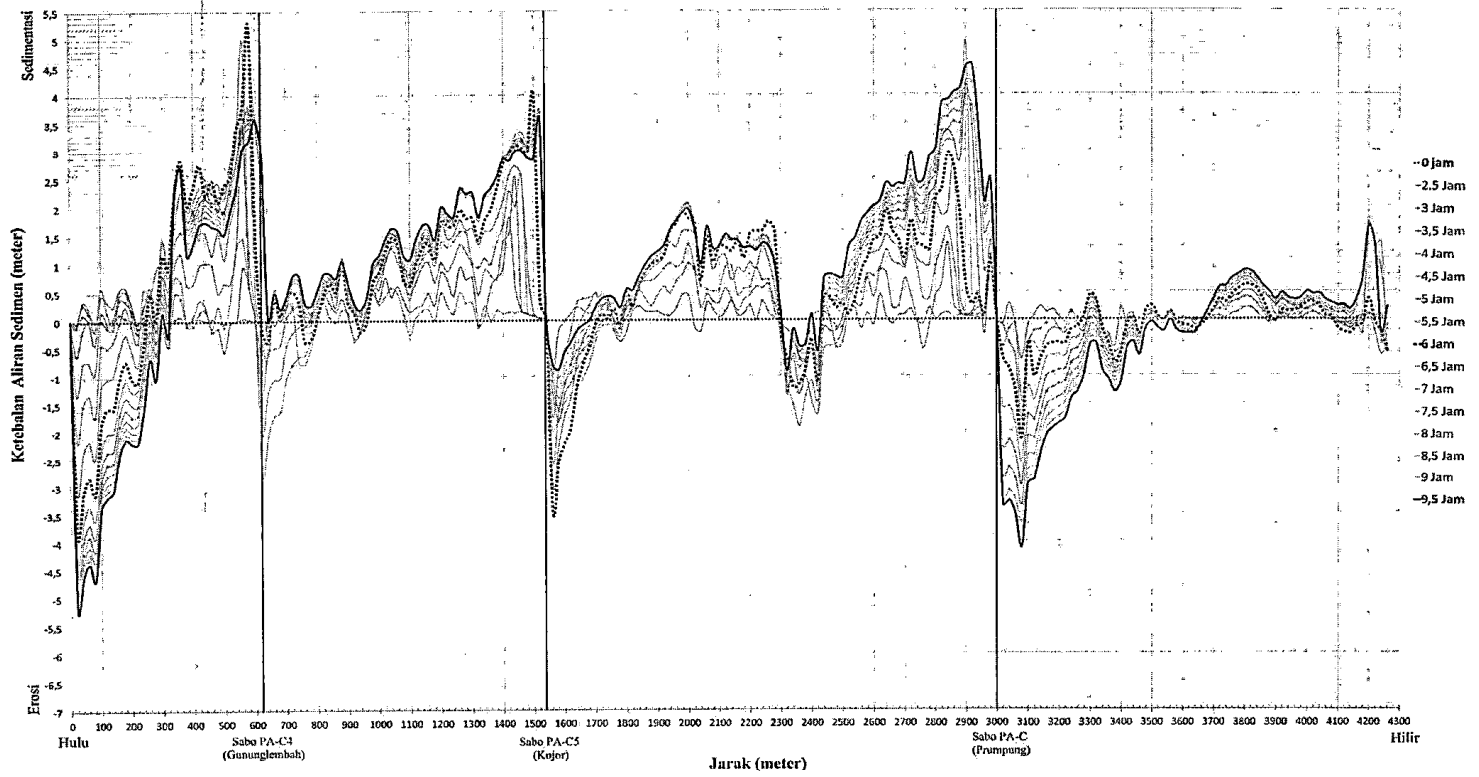
Gambar 5.33 Erosi dan sedimentasi pada aliran Sungai Pabelan dari hulu Dusun Gununglemah sampai hilir Dusun Keji hasil simulasi banjir lahar tanpa bangunan sabo pada tinggi hujan 34 mm



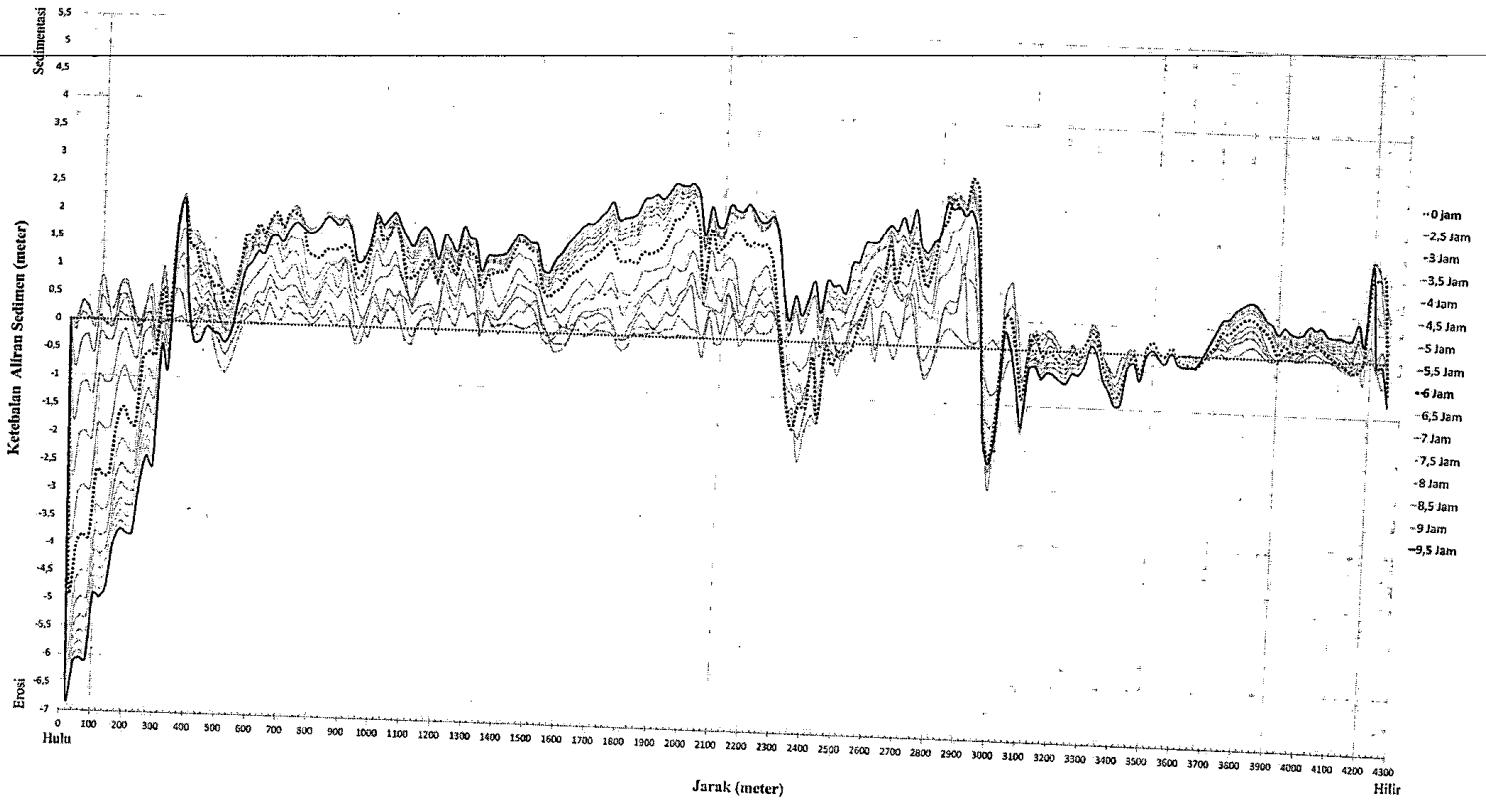
Gambar 5.34 Erosi dan sedimentasi pada aliran Sungai Pabelan dari hulu Dusun Gununglemah sampai hilir Dusun Keji hasil simulasi banjir lahar dengan bangunan sabo pada tinggi hujan 34 mm



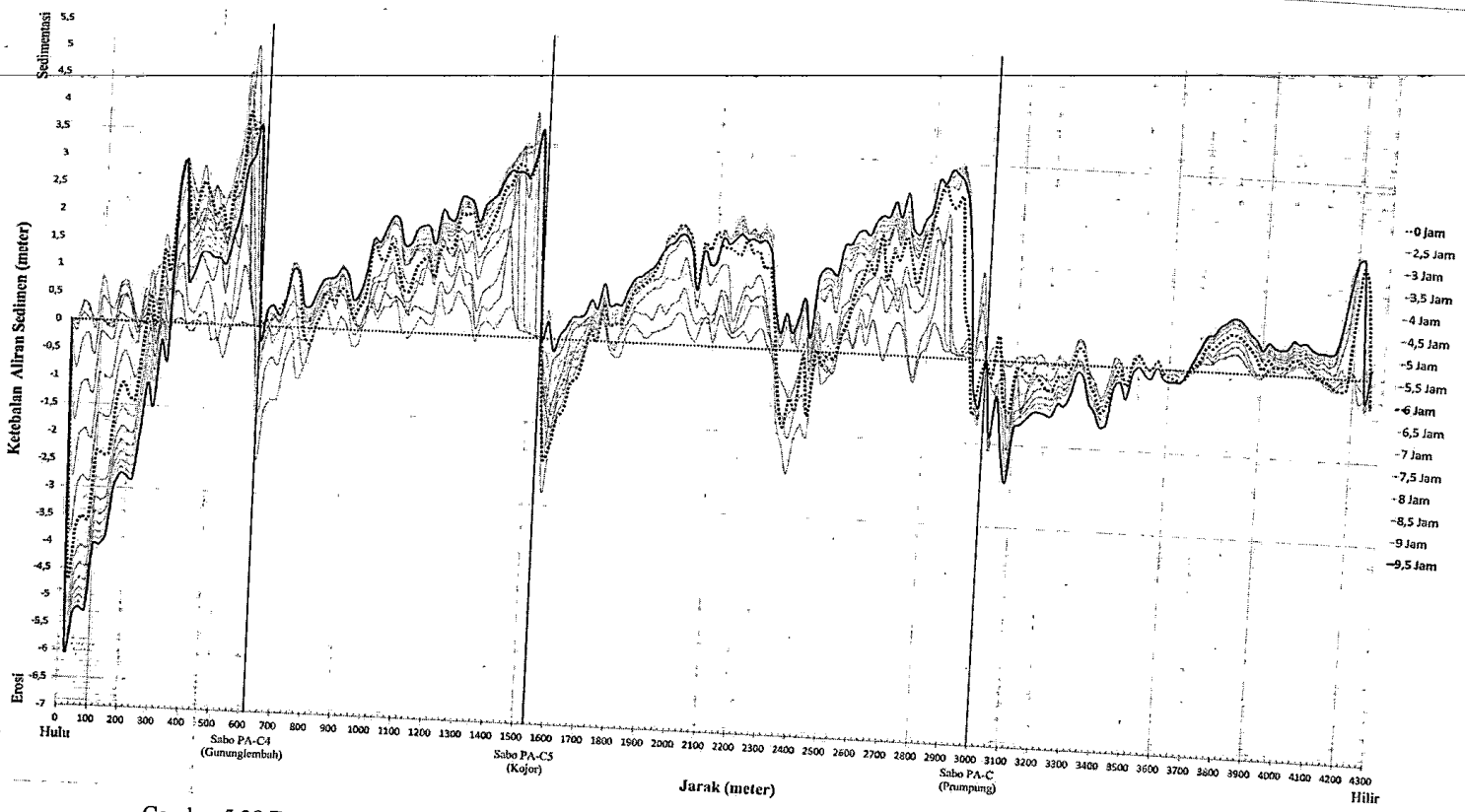
Gambar 5.35 Erosi dan sedimentasi pada aliran Sungai Pabelan dari hulu Dusun Gununglemah sampai hilir Dusun Keji hasil simulasi banjir lahar tanpa bangunan sabo pada tinggi hujan 42 mm



Gambar 5.36 Erosi dan sedimentasi pada aliran Sungai Pabelan dari hulu Dusun Gununglemah sampai hilir Dusun Keji hasil simulasi banjir lahar dengan bangunan sabo pada tinggi hujan 42 mm



Gambar 5.37 Erosi dan sedimentasi pada aliran Sungai Pabelan dari hulu Dusun Gununglemah sampai hilir Dusun Keji hasil simulasi banjir lahar tanpa bangunan sabo pada tinggi hujan 55 mm



Gambar 5.38 Erosi dan sedimentasi pada aliran Sungai Pabelan dari hulu Dusun Gununglemah sampai hilir Dusun Keji hasil simulasi banjir lahar dengan bangunan sabo pada tinggi hujan 55 mm

Dari grafik pada Gambar 5.33 s/d Gambar 5.38 dapat terlihat bahwa terdapat erosi dan sedimentasi yang terus meningkat tiap ordinat setengah jamnya. Perbedaan antara simulasi aliran lahar dingin atau debris tanpa bangunan sabo dengan simulasi aliran lahar dingin atau debris yang terdapat bangunan sabo untuk masing-masing curah hujannya juga terlihat dari tingkat erosi dan sedimentasi yang terjadi.

Pada Gambar 5.34, Gambar 5.36, dan Gambar 5.38 simulasi aliran lahar berbangunan sabo, sedimentasi terlihat lebih tinggi di daerah - daerah sebelum titik bangunan sabo dan erosi terjadi setelah titik bangunan sabo dibandingkan dengan Gambar 5.33, Gambar 5.35, dan Gambar 5.37 yang sedimentasinya hampir merata dan sedikit erosi. Hal ini menunjukkan bahwa bangunan sabo efektif menahan sedimen sehingga terjadi sedimentasi di daerah - daerah sebelum titik bangunan sabo. Namun akibat sedimentasi yang terjadi maka terdapat juga erosi pada daerah setelah titik bangunan sabo yang disebabkan oleh adanya terjunan.

Sedimentasi tertinggi terjadi pada tinggi hujan 42 mm saat $t = 6$ jam (Gambar 5.36) yang mencapai ketinggian 5,25 meter pada jarak aliran 580 meter dari titik awal di daerah titik sebelum titik bangunan sabo pertama PA-C5 Gununglemah. Sedangkan erosi terjadi paling dalam justru pada daerah awal aliran sungai yaitu mencapai kedalam 5,98 meter pada ordinat terakhir $t = 9,5$ jam tinggi hujan 55 mm (Gambar 5.38) akibat curah hujan yang besar dengan debit pada puncak mencapai $272,653 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Namun erosi terdalam akibat adanya bangunan sabo terjadi pada tinggi hujan 42 mm saat $t = 0,5$ jam (Gambar 5.36)

yang mencapai kedalaman 4,12 meter pada jarak aliran 3080 meter dari titik awal terletak setelah bangunan sabo ke-3 PA-C Prumpung.

Perbedaan ketinggian sedimentasi dan kedalaman erosi untuk masing – masing curah hujan dan masing – masing sabo adalah sebagai berikut :

- a. Pada tinggi hujan 34 mm (Gambar 5.34), sedimentasi yang terjadi pada sabo pertama PA-C5 Gununglemah mencapai ketinggian 5,13 m pada jarak aliran 580 m dari hulu saat $t = 6,5$ jam dan erosi mencapai kedalaman 2,53 m pada jarak aliran 620 m dari hulu saat $t = 5$ jam.

Pada sabo kedua PA-C4 Kojor, Sedimentasi mencapai ketinggian 4,73 m pada jarak aliran 1500 m dari hulu saat $t = 6,5$ jam dan erosi mencapai kedalaman 3,29 m pada jarak aliran 1560 m dari hulu saat $t = 6$ jam. Pada sabo ketiga PA-C Prumpung, sedimentasi mencapai ketinggian 4,13 m pada jarak aliran 2920 m dari hulu saat $t = 8$ jam dan erosi mencapai kedalaman 4,05 m pada jarak aliran 3080 m dari hulu saat $t = 9,5$ jam.

- b. Pada tinggi hujan 42 mm (Gambar 5.36), sedimentasi yang terjadi pada sabo pertama PA-C5 Gununglemah mencapai ketinggian 5,25 m pada jarak aliran 580 m dari hulu saat $t = 6$ jam dan erosi mencapai

kedalaman 2,77 m pada jarak aliran 620 m dari hulu saat $t = 5$ jam.

Pada sabo kedua PA-C4 Kojor, Sedimentasi mencapai ketinggian 4 m pada jarak aliran 1500 m dari hulu saat $t = 6$ jam dan erosi mencapai kedalaman 2,53 m pada jarak aliran 1560 m dari hulu saat $t = 6$ jam.

Pada sabo ketiga PA-C Prumpung, sedimentasi mencapai ketinggian 4,9 m pada jarak aliran 2900 m dari hulu saat $t = 6,5$ jam dan erosi mencapai kedalaman 4,12 m pada jarak aliran 3080 m dari hulu saat $t = 9,5$ jam.

- c. Pada tinggi hujan 55 mm (Gambar 5.38), sedimentasi yang terjadi pada sabo pertama PA-C5 Gununglemah mencapai ketinggian 5,04 m pada jarak aliran 580 m dari hulu saat $t = 5,5$ jam dan erosi mencapai kedalaman 2,36 m pada jarak aliran 620 m dari hulu saat $t = 4,5$ jam.

Pada sabo kedua PA-C4 Kojor, Sedimentasi mencapai ketinggian 4 m pada jarak aliran 1500 m dari hulu saat $t = 5,5$ jam dan erosi mencapai kedalaman 2,7 m pada jarak aliran 1560 m dari hulu saat $t = 7$ jam.

Pada sabo ketiga PA-C Prumpung, sedimentasi mencapai ketinggian 3,45 m pada jarak aliran 2900 m dari hulu saat $t = 7,5$ jam dan erosi mencapai kedalaman 2,16 m pada jarak aliran 3080 m dari hulu saat $t =$

G. Daerah Rawan Bencana Sedimen di Sungai Pabelan

Untuk mengetahui daerah rawan bencana sedimen di Sungai Pabelan, dilakukan kalibrasi dengan cara membandingkan antara hasil simulasi dengan peta desa terdampak dari BNPB. Data hasil simulasi yang dipakai adalah simulasi pada tinggi hujan terbesar yaitu 55 mm pada ordinat ke-15 $t = 9,5$ jam. Hal ini agar terlihat limpasan aliran debris pada curah hujan maksimal. Gambar 5.39 s/d Gambar 5.41 berikut menunjukkan hasil perbandingannya :

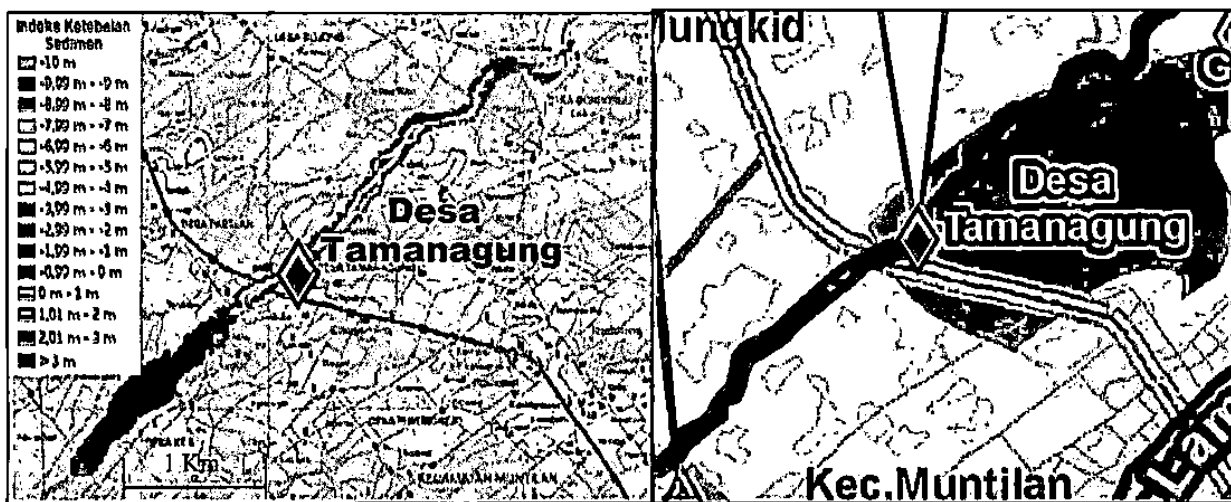
1. Perbandingan Hasil Simulasi Tanpa Sabo dengan Peta BNPB



Gambar 5.39 Perbandingan hasil simulasi tanpa sabo dengan peta BNPB

Dari kedua peta di atas (Gambar 5.39) dapat terlihat bahwa hasil simulasi similar tanpa sabo (kiri) dengan curah hujan 55 mm pada saat ordinat terakhir $t = 9,5$ jam terjadi limpasan aliran sedimen atau debris pada daerah yang terdampak Desa Tamanagung seperti yang ada pada peta desa terdampak dari BNPB (kanan). Namun bila diperhatikan lebih seksama, aliran limpasan hasil simulasi justru tera di dari titik awal aliran sungai berbeda dengan peta BNPB yang justru banyak

terjadi keruntuhan bangunan dan rumah penduduk di daerah sekitar jalan Yogyakarta-Magelang. Hal ini disebabkan dari *inflow* awal simulasi yang diinputkan pada Simlar hanya 1 titik grid spasial yaitu 20 m pada tengah aliran sungai. Namun setelah memodifikasi *inflow* menjadi 4 titik sepanjang lebar aliran sungai yaitu 80 m, maka tidak ada limpasan yang terjadi seperti terlihat pada Gambar 5.40 berikut.

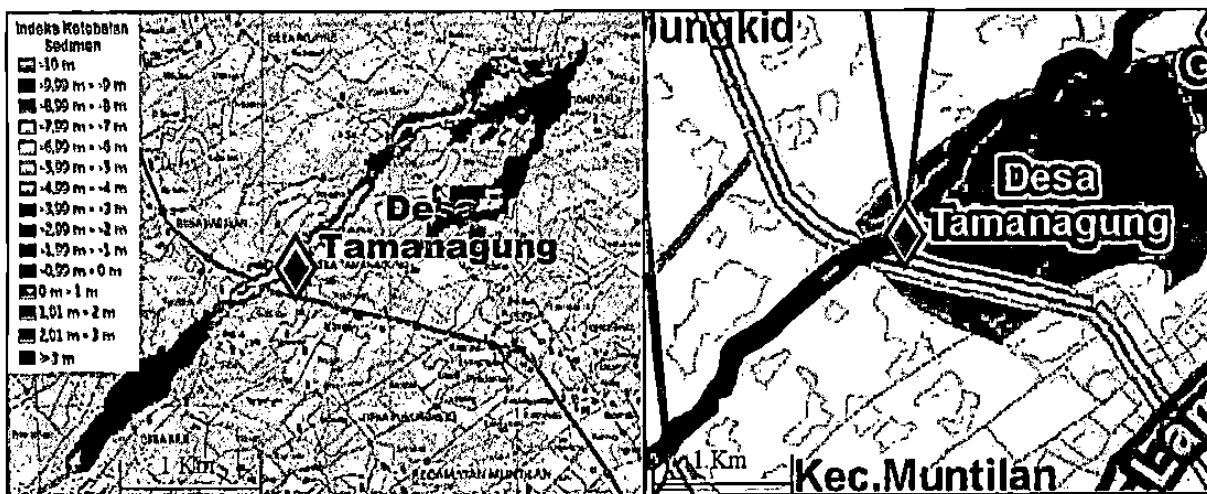


Gambar 5.40 Perbandingan hasil simulasi tanpa sabo dengan peta BNPB setelah memodifikasi *inflow* Simlar-nya

Dari kedua Perbandingan pada Gambar 5.39 dan Gambar 5.40 di atas, dapat diketahui bahwa semakin kecil lebar aliran awal atau *inflow* yang diinputkan pada Simlar maka semakin tinggi kecepatannya, yang menyebabkan terjadi limpasan di daerah awal aliran tersebut. Namun apabila mengukur luas daerah limpasan yang terjadi menggunakan ArcGis, diperoleh luas daerah limpasan hasil simulasi tersebut sebesar 52.214,1676 m² atau sekitar 52.214 ha. Luas ini mencapai setengah dari luas desa Tamanagung yang terdampak

- b. Dusun Carikan
- c. Dusun Daleman
- d. Dusun Bludru
- e. Dusun Ngancah
- f. Dusun Ngentak
- g. Dusun Jumbleng

2. Perbandingan Hasil Simulasi Efektivitas Sabo dengan Peta BNPB



Gambar 5.41 Perbandingan hasil simulasi efektivitas sabo dengan peta BNPB

Dari kedua peta di atas (Gambar 5.41) dapat terlihat bahwa hasil simulasi aliran dengan bangunan sabo (kiri) pada tinggi hujan 55 mm saat ordinat terakhir $t = 9,5$ jam tidak ada perbedaan limpasan aliran sedimen yang terjadi seperti pada simulasi aliran tanpa sabo. Hal ini menunjukkan bahwa bangunan sabo pada simulasi ini hanya menghambat aliran sedimen tapi tidak mencegah terjadinya limpasan aliran ke pemukiman.

Dengan mengukur luas daerah limpasan menggunakan ArcGis diperoleh luas daerah limpasan hasil simulasi efektivitas sabo sama besar dengan hasil simulasi tanpa sabo yaitu sebesar 52.214,1676 m² atau sekitar 52,210 ha hampir mencapai setengah dari luas desa Tembungrejo yang terdampak.