

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa dan Pembahasan Hidrograf Banjir Lahar Das Gendol

1. Analisa Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini yaitu data curah hujan TPH Kali Adem, TPH Deles dan TPH Sorasan. Pemilihan 3 stasiun ini didasarkan karena pada DAS Gendol data curah hujan yang tersedia hanya ada pada ketiga stasiun ini dan pengukuran curah hujan dilakukan pada tahun 2012. Data tersebut diperoleh dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Balai Sabo Yogyakarta (*Lampiran 1*).

Data curah hujan yang didapat kemudian dicari reratanya dengan menggunakan metode Poligon Thiessen. Langkah - langkah perhitungannya sebagai berikut :

1. Menentukan stasiun penakar curah hujan yang berpengaruh pada daerah Pengaliran.
2. Menarik garis hubungan dari stasiun penakar hujan /pos hujan.
3. Menarik garis sumbunya secara tegak lurus dari tiap-tiap garis hubung.
4. Menghitung luas DAS pada wilayah yang dipengaruhi oleh stasiun penakar curah hujan tersebut.

a. Data

1. Hujan rerata maksimum 1 bulan dalam iam ditunjukkan pada Tabel 5.1

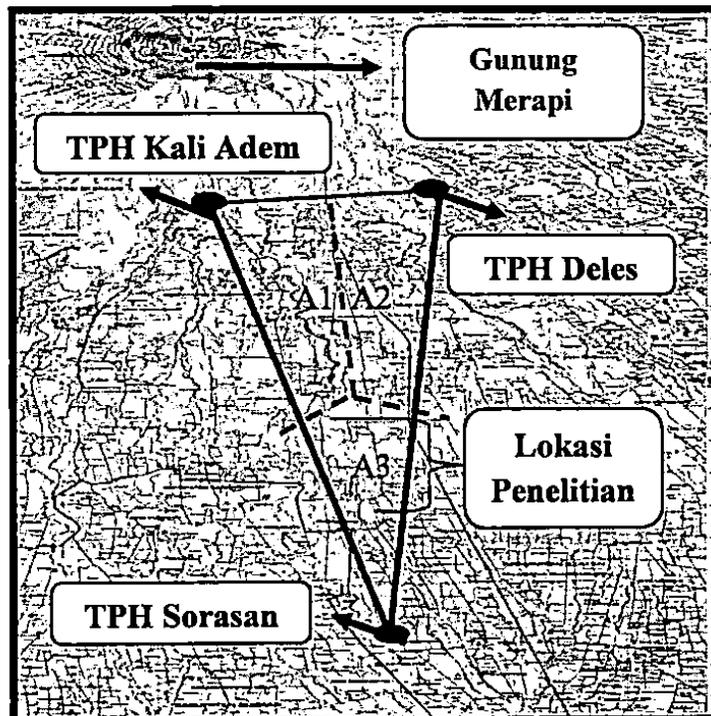
Tabel 5.1 : Data curah hujan rata - rata maksimum bulan Desember tahun 2012
dalam jam

Intensitas Hujan Maksimum (jam)	TPH Kali Adem (mm/jam)	TPH Deles (mm/jam)	TPH Sorasan (mm/jam)
1	47	46	40
2	73	70	40,50
3	103	95	46,50

Sumber: Pusat Penelitian dan Pengembangan Balai Sabo, Yogyakarta

2. Luasan Area

Perhitungan luas area Poligon Thiessen, dilakukan dengan menggunakan software sistem informasi geografi ArcGisMap V.9. Langkah pertama adalah menentukan koordinat masing – masing TPH, kemudian jarak dan luasan diukur dengan menggunakan fungsi yang terdapat dari *software* ArcGisMap. Berikut layout analisa hujan rata – rata dengan Poligon Thiessen, ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Layout analisa hujan rata – rata Poligon Thiessen

Keterangan :

Luas Area TPH Kali Adem (A1)	= 5,7310 Km ²
Luas Area TPH Deles (A2)	= 5,7276 Km ²
Luas Area TPH Sorasan (A3)	= 4,2275 Km ²
Luas Total	= 15,6861 Km ²

b. Perhitungan Hujan Rata-Rata dengan Poligon Thiessen

Metode Poligon Thiessen sering digunakan pada analisis hidrologi karena metode ini lebih sederhana dibanding dengan metode lainnya. Cara Poligon Thiessen ini dipakai apabila daerah pengaruh dan curah hujan rata-rata tiap stasiun berbeda-beda, dipakai stasiun hujan minimum 3 buah serta tersebar tidak merata. Cara ini memperhitungkan luas daerah yang mewakili dari pos-pos hujan yang bersangkutan, untuk digunakan sebagai faktor bobot dalam perhitungan curah hujan rata-rata. Rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata - rata sebagai berikut :

$$R = \frac{A_n \cdot R_n + \dots + A_n \cdot R_n}{A_n + A_n + A_n} \quad 5.1$$

Dimana :

R = Curah hujan rata – rata

A_n = Luasan

R_n = Curah hujan masing TPH

Tabel 5.2 : Hasil perhitungan hujan rata – rata Poligon Thiessen

I Hujan maksimum (jam)	TPH Kali Adem (mm)	TPH Deles (mm)	TPH Sorasan (mm)	Hujan Rata - Rata (mm)
1	47	46	40	44,74832
2	73	70	40,50	63,14564
3	103	95	46,50	84,85180
Luas area (Km ²)	5,7310	5,7276	5,2275	Luas total = 15,6861

Sumber: Hasil perhitungan

Intensitas curah hujan pada daerah DAS Gendol dapat disimpulkan bahwa curah hujan di daerah utara lebih besar daripada daerah tangkapan yang di selatan Das Gendol. Hasil analisis Poligon Thiessen menunjukkan bahwa hujan rata – rata maksimum pada 1 jam sebesar 44,75 mm, hujan rata – rata maksimum 2 jam sebesar 63,14 mm dan hujan rata – rata maksimum 3 jam 84,85 mm.

2. Analisa Hidrograf

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

a. Data sungai, (Sumber : Hasil Pengukuran menggunakan ArcGIS Map) :

L (panjang sungai) = 10,60 Km

A (luas sungai) = 1,238 Km²

Metode Nakayashu memiliki tahapan tahapan yang dijabarkan dengan

$$T_p = t_g + 0,8T_r \quad 5.3$$

$$t_g = 0,21.L^{0.7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ Km} \quad 5.4$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \quad 5.5$$

$$T_{0,3} = 0,5t_g \text{ sampai } t_g \quad 5.5$$

Dengan :

Q_p : debit puncak banjir

A : luas DAS (km)

Re : curah hujan efektif (1 mm)

T_p : waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0,3}$: waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)

t_g : waktu konsentrasi (jam)

T_r : satuan waktu dari curah hujan (jam)

α : koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2

L : panjang sungai utama (km)

b. Perhitungan hidrograf HSS Nakayashu

1. Waktu konsentrasi (t_g)

$$t_g = 0,21.L^{0.7}$$

$$t_g = 0,21 \cdot (10,60^{0.7})$$

$$t_g = 1,10 \text{ jam}$$

2. Satuan waktu dari curah hujan (t_r)

$$T_r = 0,50 t_g \text{ sampai } t_g$$

$$T_r = 0,75 (1,10) \text{ jam}$$

$$T_r = 0,82 \text{ jam}$$

3. Waktu dari permulaan banjir sampai puncak (T_p)

$$T_p = t_g + 0,8T_r$$

$$T_p = 1,10 + 0,8(0,82)$$

$$T_p = 1,75 \text{ jam}$$

4. Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak ($T_{0,3}$)

$$T_{0,3} = \alpha t_g$$

$$T_{0,3} = 2 (1,10)$$

$$T_{0,3} = 2,20 \text{ jam}$$

5. Debit puncak (Q_p)

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

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{1,24 \times 1,00}{0,3(1,75) + 2,20} \right)$$

$$Q_p = 0,13 \text{ m}^3/\text{det}$$

6. Bentuk hidrograf satuan Nakayashu

Kurva naik ($0 \leq t \leq T$) dengan $T = 1,75$ jam, berikut perhitungannya :

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

$$Q_t = 0,13 \left(\frac{0}{1,75} \right)^{2,4}$$

Hasil perhitungan hidrograf dengan metode Nakayashu ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil perhitungan kurva naik ($0 < t < T_p$)

t (jam)	Q Q (m ³ /dtk)
0	0
0,25	0,00119
0,5	0,00627
0,75	0,01658
1	0,03307
1,25	0,05650
1,5	0,08751
1,75	0,12669

Sumber: Hasil perhitungan

b. Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3} = 3,95$ jam), berikut perhitungannya :

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

$$Q_r = 0,13 \times 0,3^{(2-1,75)/2,20}$$

Hasil perhitungan hidrograf dengan metode Nakayashu ditunjukkan pada

Tabel 5.3 Hasil perhitungan kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3} = 3,95$ jam)

t (jam)	Q Q (m ³ /dtk)
2	0,11069
2,25	0,09649
2,5	0,08411
2,75	0,07332
3	0,06392
3,25	0,05572
3,5	0,04857
3,75	0,04234
3,95	0,03794

Sumber: Hasil perhitungan

- c. Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,50 T_{0,3} = 7,24$ jam), berikut perhitungannya :

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

$$Q_r = 0,13 \times 0,3^{\frac{[(4-1,75)+(1,5(2,20))]}{(1,5(2,20))}}$$

Hasil perhitungan hidrograf dengan metode Nakayashu ditunjukkan pada

Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil perhitungan kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,50 T_{0,3} = 7,24$ jam)

t (jam)	Q Q (m ³ /dtk)
4	0,03727
4,25	0,03401
4,5	0,03104

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 5.3 Lanjutan kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,50 T_{0,3} = 7,24$ jam)

t (jam)	Q Q (m ³ /dtk)
4,75	0,02832
5	0,02585
5,25	0,02359
5,5	0,02152
5,75	0,01964
6	0,01792
6,25	0,01636
6,5	0,01493
6,75	0,01362
7	0,01243
7,24	0,01138

Sumber: Hasil perhitungan

- d. Pada kurva turun ($t < T_p + T_{0,3} + 1,50 T_{0,3} = 7,24$ jam), berikut perhitungannya :

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

$$Q_r = 0,13 \times 0,3^{\frac{[(7,24-1,75)+(1,5(2,20))]}{(2(2,20))}}$$

Hasil perhitungan hidrograf dengan metode Nakayashu ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil perhitungan kurva turun ($t < T_p + T_{0,3} + 1,50 T_{0,3} = 7,24$ jam)

banjir, Q pada waktu puncak banjir dan Q pada waktu resesi hidrograf banjir pada diagram hidrograf banjir lahar Kali Gendol

e. Ordinasi Hidrograf

Hasil perhitungan ordinat hidrograf Nakayasu untuk DAS Kali Gendol ditunjukkan pada Tabel 5.4 berikut ini :

Tabel 5.4 Ordinasi Hidrograf Nakayasu

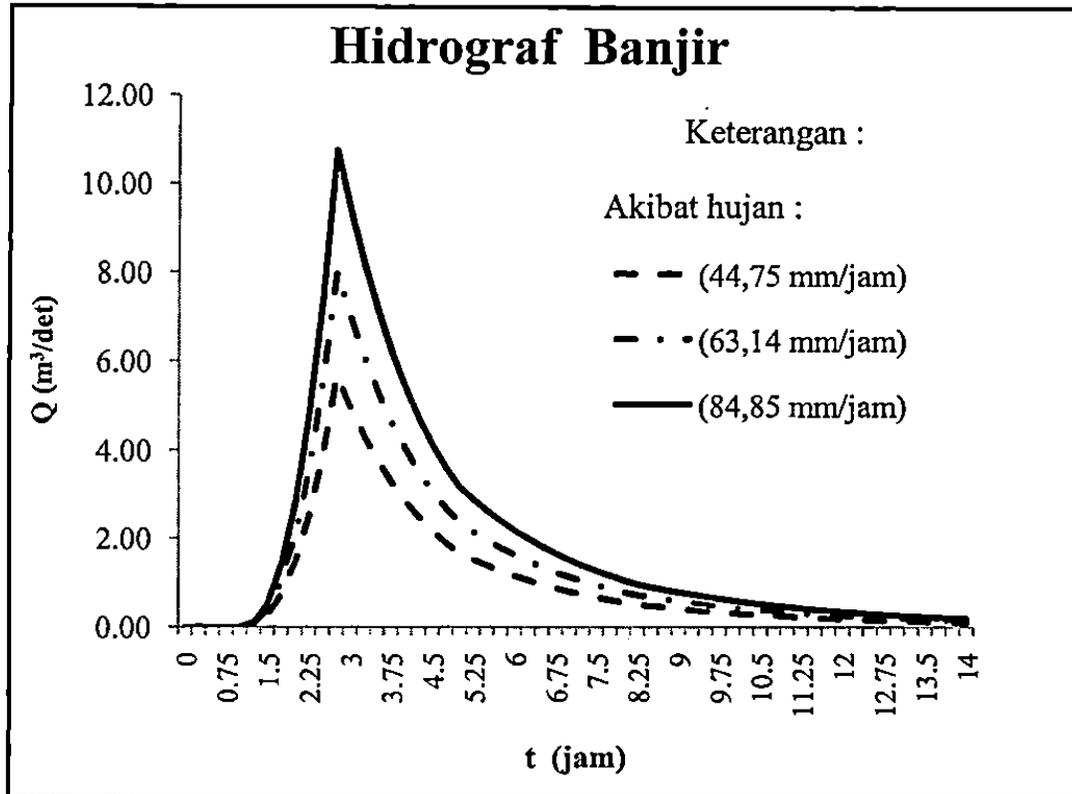
t (jam)	Q (m ³ /det)	Debit Akibat Hujan (m ³ /det)		
		44,75 (mm)	63,14 (mm)	84,85 (mm)
0	0	0,00000	0,00000	0,00000
0,25	0,00119	0,00000	0,00000	0,00000
0,5	0,00627	0,00000	0,00000	0,00000
0,75	0,01658	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,03307	0,00000	0,00000	0,00000
1,25	0,05650	0,05312	0,07496	0,10073
1,5	0,08751	0,28039	0,39562	0,53165
1,75	0,12669	0,74196	1,04687	1,40683
2	0,11069	1,47991	2,08808	2,80605
2,25	0,09649	2,52825	3,56723	4,79379
2,5	0,08411	3,91611	5,52543	7,42529
2,75	0,07332	5,66927	7,99905	10,74944
3	0,06392	4,95320	6,98872	9,39171
3,25	0,05572	4,31785	6,09227	8,18704
3,5	0,04857	3,76400	5,31082	7,13688
3,75	0,04234	3,28119	4,62960	6,22144
4	0,03727	2,86031	4,03576	5,42341
4,25	0,03401	2,49342	3,51809	4,72775
4,5	0,03104	2,17359	3,06683	4,12132
4,75	0,02832	1,89478	2,67345	3,59268
5	0,02585	1,66793	2,35336	3,16254
5,25	0,02359	1,52206	2,14755	2,88596
5,5	0,02152	1,38895	1,95974	2,63357
5,75	0,01964	1,26748	1,78835	2,40326

Tabel 5.4 Lanjutan Ordinat Hidrograf Nakayashu

t (jam)	Q (m ³ /det)	Debit Akibat Hujan (m ³ /det)		
		44,75 (mm)	63,14 (mm)	84,85 (mm)
6	0,01792	1,15663	1,63195	2,19308
6,25	0,01636	1,05548	1,48923	2,00129
6,5	0,01493	0,96317	1,35899	1,82627
6,75	0,01362	0,87894	1,24014	1,66655
7	0,01243	0,80207	1,13169	1,52080
7,25	0,01136	0,73193	1,03272	1,38780
7,5	0,01060	0,66792	0,94240	1,26643
7,75	0,00990	0,60951	0,85998	1,15568
8	0,00924	0,55620	0,78477	1,05461
8,25	0,00863	0,50823	0,71708	0,96364
8,5	0,00806	0,47451	0,66952	0,89972
8,75	0,00752	0,44304	0,62510	0,84004
9	0,00702	0,41365	0,58364	0,78431
9,25	0,00656	0,38621	0,54492	0,73229
9,5	0,00612	0,36059	0,50877	0,68371
9,75	0,00572	0,33667	0,47502	0,63836
10	0,00534	0,31434	0,44351	0,59601
10,25	0,00498	0,29349	0,41409	0,55647
10,5	0,00465	0,27402	0,38662	0,51956
10,75	0,00434	0,25584	0,36098	0,48510
11	0,00406	0,23887	0,33703	0,45292
11,25	0,00379	0,22302	0,31467	0,42287
11,5	0,00354	0,20823	0,29380	0,39482
11,75	0,00330	0,19442	0,27431	0,36863
12	0,00308	0,18152	0,25611	0,34418
12,25	0,00288	0,16948	0,23913	0,32135
12,5	0,00269	0,15824	0,22326	0,30003
12,75	0,00251	0,14774	0,20845	0,28013
13	0,00234	0,13794	0,19462	0,26154
13,25	0,00219	0,12879	0,18171	0,24419
13,5	0,00204	0,12025	0,16966	0,22800
13,75	0,00191	0,11227	0,15841	0,21287
13,75	0,00317	0,10482	0,14790	0,19875
14	0,00178	0,09787	0,13809	0,18557

Sumber: Hasil perhitungan

Berikut diagram hidrograf Kali Gendol ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Ordinasi hidrograf Nakayashu Kali Gendol

Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.2 diketahui hidrograf banjir Kali Gendol dengan tinggi hujan 44,75 mm diketahui debit puncak banjir sebesar $5,66927\text{m}^3/\text{detik}$, pada jam ke 2,75 jam, untuk tinggi hujan 63,14 mm diketahui Q puncak banjir sebesar $7,99905\text{m}^3/\text{detik}$, pada jam ke 2,75 jam dan untuk tinggi hujan 84,85 mm di ketahui Q puncak banjir sebesar $10,74944\text{m}^3/\text{detik}$, pada jam ke 2,75 jam

Program Simlar memiliki keterbatasan ketika mengolah data input hidrograf, data ordinat hidrograf yang bisa dimasukkan maksimum 15 titik ordinat, jadi pada penelitian ini ordinat hidrograf yang akan dijadikan data input

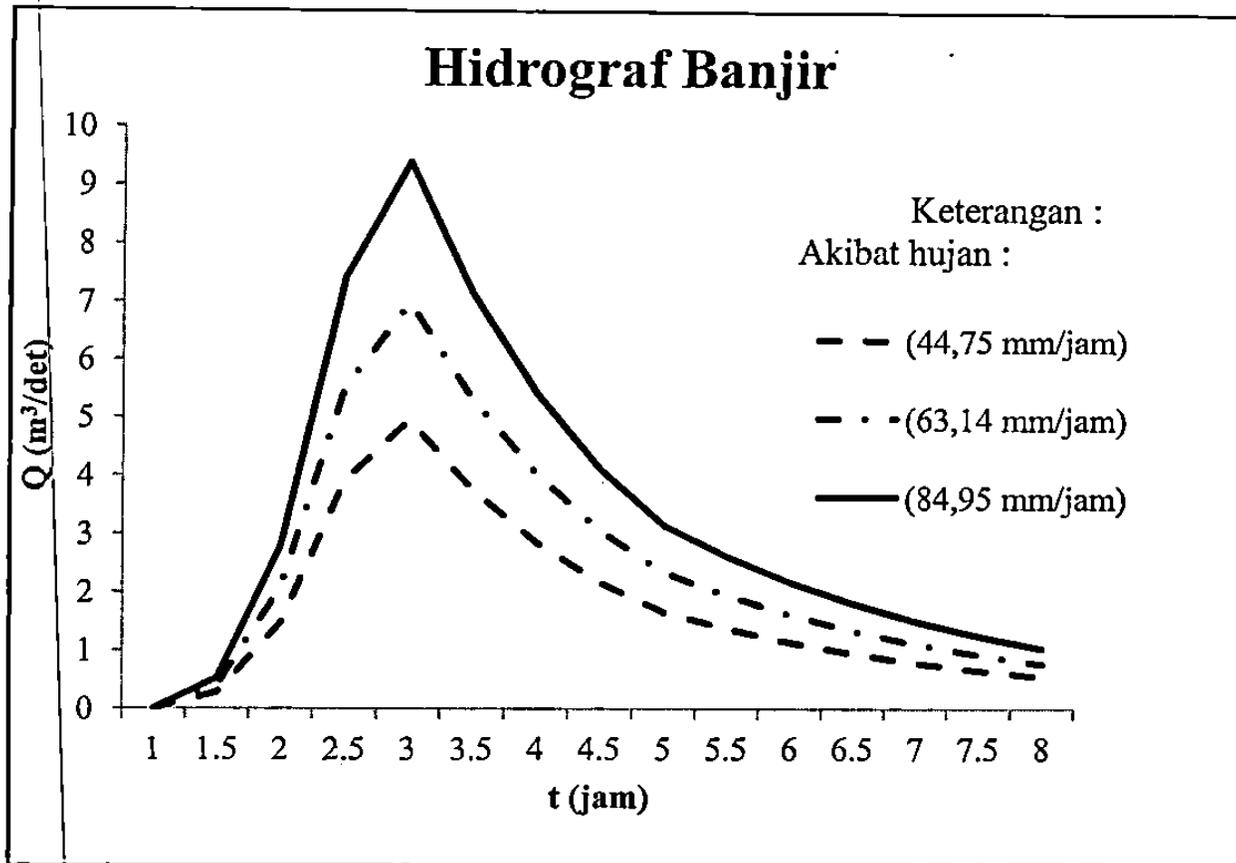
mendapatkan data hidrogaf mulai dari permulaan naik, puncak debitnya dan debit resesi. Data hidrogaf yang akan diinput ke Simlar ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hidrogaf yang menjadi input simulasi

t (jam)	Debit Akibat Hujan (m ³ /det)		
	44,75 (mm)	63,14 (mm)	84,85 (mm)
1	0	0	0
1,5	0,28039	0,39562	0,53165
2	1,47991	2,08808	2,80605
2,5	3,91611	5,52543	7,42529
3	4,95320	6,98872	9,39171
3,5	3,76400	5,31082	7,13688
4	2,86031	4,03576	5,42341
4,5	2,17359	3,06683	4,12132
5	1,66793	2,35336	3,16254
5,5	1,38895	1,95974	2,63357
6	1,15663	1,63195	2,19308
6,5	0,96317	1,35899	1,82627
7	0,80207	1,13169	1,52080
7,5	0,66792	0,94240	1,26643
8	0,55620	0,78477	1,05461

Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan ordinat hidrogaf Nakayashu pada Tabel 5.5 didapatkan diagram hidrogaf banjir untuk dijadikan input simulasi. Diagram hidrogaf banjir ditunjukkan pada Gambar 5.3 dibawah ini :



Gambar 5.3 Hidrograf banjir

Dari hasil analisis yang diperoleh, diketahui hidrograf banjir lahar Kali Gendol dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.3 di atas diketahui hidrograf banjir lahar Kali Gendol dengan tinggi hujan 44,75 mm diketahui :

1. Q pada waktu capai puncak dari 0 jam hingga 2,5 jam sebesar 3,91611 m³/ detik

2. Q puncak banjir pada jam ke 3 dengan Q sebesar 4,95320 m³/detik

3. Q pada sisi turun hingga akhir resesi pada jam ke 3,5 hingga jam ke 8, dengan debit sebesar 3.76400 m³/detik hingga debit sebesar 0.55620

b. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.3 di atas diketahui hidrograf banjir lahar Kali Gendol dengan tinggi hujan 63,14 mm diketahui :

1. Q pada waktu capai puncak dari 0 jam hingga 2,5 jam sebesar $5,52543 \text{ m}^3/\text{detik}$
2. Q puncak banjir pada jam ke 3 dengan Q sebesar $6,98872 \text{ m}^3/\text{detik}$
3. Q pada sisi turun hingga akhir resesi pada jam ke 3,5 hingga jam ke 8, dengan debit sebesar $5,31082 \text{ m}^3/\text{detik}$ hingga debit sebesar $0,78477 \text{ m}^3/\text{detik}$

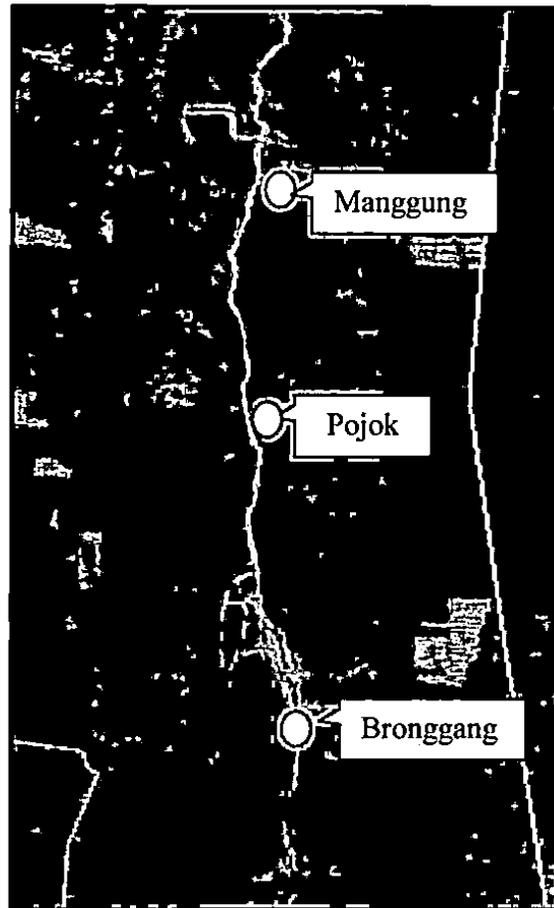
c. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.3 di atas diketahui hidrograf banjir lahar Kali Gendol dengan tinggi hujan 63,14 mm diketahui :

1. Q pada waktu capai puncak dari 0 jam hingga 2,5 jam sebesar $7,42529 \text{ m}^3/\text{detik}$
2. Q puncak banjir pada jam ke 3 dengan Q sebesar $9,39171 \text{ m}^3/\text{detik}$
3. Q pada sisi turun hingga akhir resesi pada jam ke 3,5 hingga jam ke 8, dengan debit sebesar $7,13688 \text{ m}^3/\text{detik}$ hingga debit sebesar $1,05461 \text{ m}^3/\text{detik}$

B. Analisa dan Pembahasan Karakteristik Aliran dan Morfologi Sungai

Das Gendol

Analisa morfologi sungai dibagi dalam 3 segmen yaitu segmen satu di daerah Manggung , segmen dua di daerah Pojok dan segmen tiga di Bronggang.



Gambar 5.4 Peta titik lokasi analisa morfologi

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

a. *Entrenchment Ratio*

Entrenchment Ratio adalah rasio hubungan antara lebar aliran banjir (W_{fpa}) terhadap lebar aliran sungai (W_{bkf}). Untuk studi saat ini tidak menggunakan alat

pengukuran, namun hanya digunakan alat penerangan untuk melakukan pengukuran

Cara perhitungan dalam menentukan *Entrenchment Ratio* ditunjukkan pada persamaan 3.13 berikut ini :

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

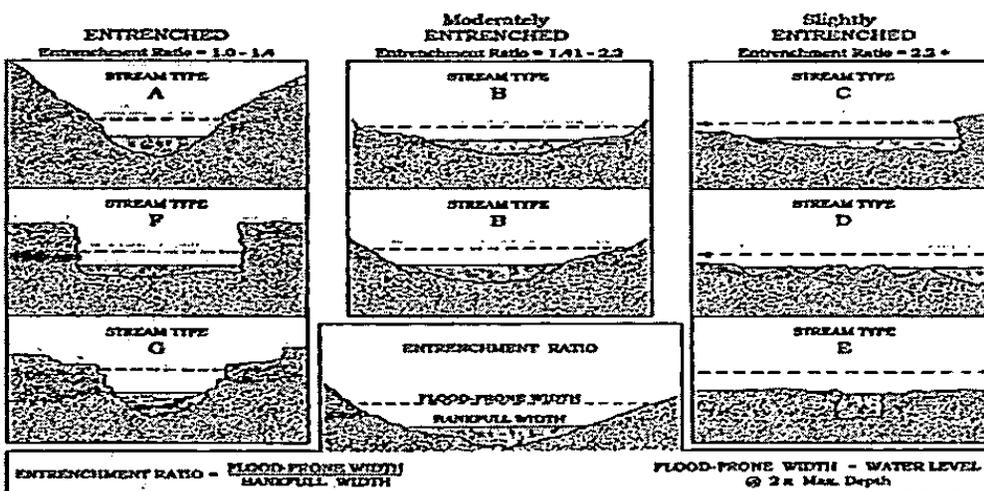
Keterangan :

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

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

$$\begin{aligned} \text{Entrenchment Ratio} &= \frac{110,30 \text{ m}}{15 \text{ m}} \\ &= 7,35 \end{aligned}$$

Menurut Dave Rosgen (1996) *entrenchment ratio* segmen satu Kali Gendol daerah Manggung mewakili tipe sungai C, D, E, yaitu *Entrenchment Ratio* $7,35 > 2,2$. Seperti terlihat pada Gambar 5.5 di bawah ini :



Gambar 5.5. Entrenchment ratio tipe sungai (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}). Berikut perhitungannya ditunjukkan pada persamaan 3.14 di bawah ini :

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

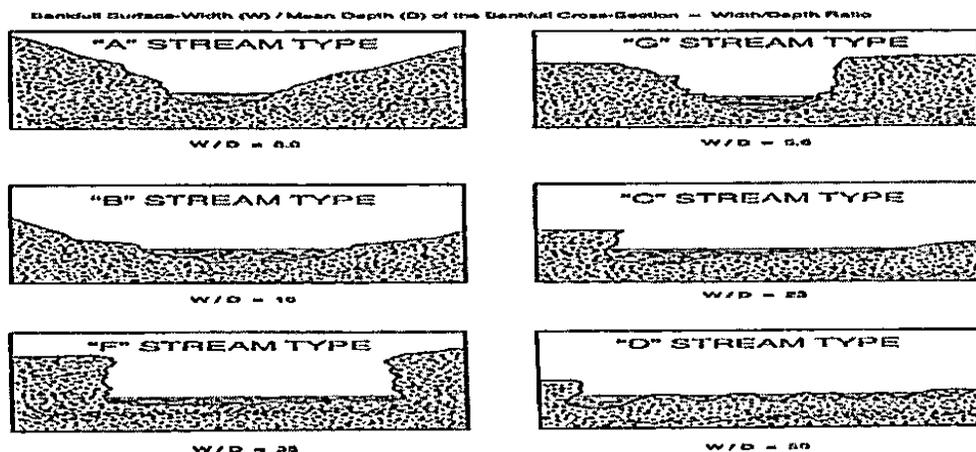
Keterangan :

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

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

$$\begin{aligned} \text{Width / Depth Ratio} &= \frac{15 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \\ &= 75 \end{aligned}$$

Menurut Dave Rosgen (1996) *W/D ratio* satu Kali Gendol daerah Manggung mewakili tipe sungai D yaitu *entrenchment ratio* $75 > 12$. Seperti terlihat pada Gambar 5.6 di bawah ini :



Gambar 5.6. *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 Elevasi Map*) dari Lidar yang diperoleh dari Balai Sabo Yogyakarta.

Data yang diperoleh dari DEM akan dianalisa dengan menggunakan persamaan 3.15 di bawah ini :

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

Keterangan :

Δh = perbedaan elevasi 2 titik yang diamati.

L = jarak antara 2 titik yang diamati.

$$\begin{aligned} \text{Kemiringan sungai} &= \frac{\Delta h}{L} \times 100\% \\ &= \frac{662,756 - 607,907 \text{ m}}{1000 \text{ m}} \\ &= 0,0548 \end{aligned}$$

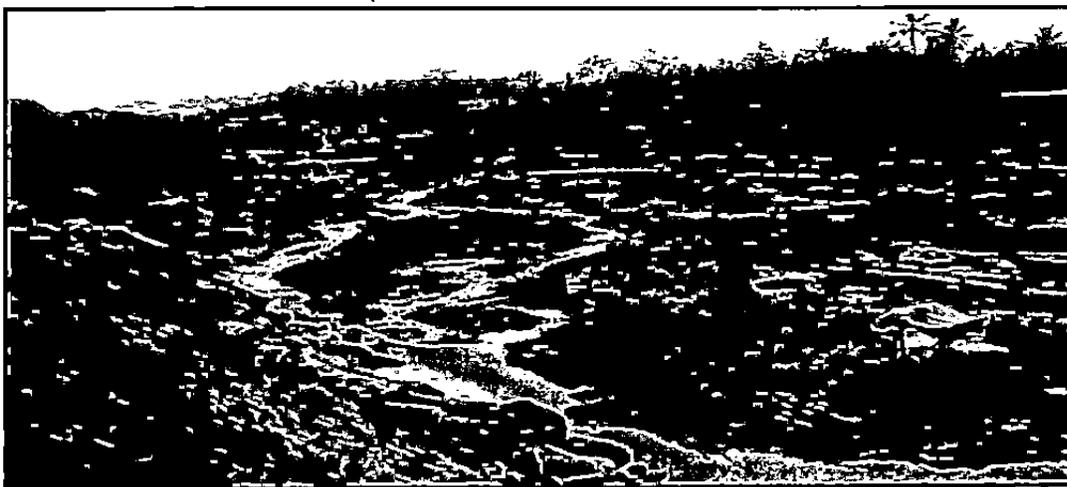
Menurut Dave Rosgen (1996) kemiringan sungai segmen satu Kali Gendol

dearah Menggunng sebesar 5,48% mewakili tipe sungai A yaitu kemiringan sungai

Dari hasil analisa morfologi, diperoleh tipe morfologi masing – masing segmen sebagai berikut :

a. Segmen Manggung

Segmen Manggung terletak di desa Argomulyo, dusun Manggung kecamatan Cangkringan kabupaten Sleman, provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Dari hasil pengukuran diperoleh lebar aliran sungai 15 m dan lebar aliran banjir 110.30 m, kedalaman aliran 0,2 m dan panjang saluran 1000 m , nilai *entrenchment ratio* sebesar 7,35. Menurut Dave Rosgen (1996) *entrenchment ratio* segmen satu Kali Gendol daerah Bronggang mewakili tipe sungai C, D, E. yaitu *Entrenchment Ratio* $7,35 > 2,2$, nilai *W/D Ratio* sebesar 75. Menurut Dave Rosgen (1996) *W/D ratio* segmen satu Kali Gendol daerah Manggung mewakili tipe sungai D. yaitu *W/D ratio* $75 > 40$. Ukuran butiran sedimen dominan (d_{50}) yang diperoleh butiran pasir berukuran 0,90 mm. Kemiringan saluran 0,05 Menurut Dave Rosgen (1996) 4% - 10% termasuk jenis tipe sungai A. Kondisi morfologi pada segmen Manggung ditunjukkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8. Kondisi morfologi Kali Gendol segmen Manggung

Seperti yang ditunjukkan Gambar 5.8, material dasar sungai dominan adalah pasir, kedalaman aliran dominan memiliki kedalaman yang kecil yaitu 0,20 m, dan memiliki lebar aliran sungai yang sangat kecil yaitu 15 m. Hal ini disebabkan oleh endapan sisa material erupsi merapi yang dibawa oleh banjir lahar dingin yang mengakibatkan perubahan kondisi morfologi pada Kali Gendol.

b. Segmen Pojok

Segmen Pojok terletak di desa Kepuharjo, kecamatan Cangkringan kabupaten Sleman, provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Dari hasil pengukuran diperoleh lebar aliran sungai 6,2 m dan lebar aliran banjir 117,5 m, kedalaman aliran 0,10 m dan panjang saluran 1000 m, nilai *entrenchment ratio* sebesar 18,95. Menurut Dave Rosgen (1996) *entrenchment ratio* segmen dua Kali Gendol daerah Pojok mewakili tipe sungai C, D, E. yaitu *entrenchment ratio* $18,95 > 2,2$, nilai *W/D Ratio* sebesar 62. Menurut Dave Rosgen (1996) *W/D ratio* segmen dua Kali Gendol daerah Pojok mewakili tipe sungai D yaitu $W/D Ratio = 62 > 40$. Ukuran butiran sedimen dominan (d_{50}) yang diperoleh butiran pasir berukuran 0,90 mm. Kemiringan saluran 0,05 Menurut Dave Rosgen (1996) 4%-10% termasuk jenis tipe sungai A. Kondisi morfologi pada segmen Pojok ditunjukkan



Gambar 5.9 Kondisi morfologi Kali Gendol segmen Pojok

Kondisi morfologi Kali Gendol segmen Pojok dapat dilihat pada Gambar 5.9, material dasar sungai dominan adalah pasir, kedalaman aliran dominan memiliki kedalaman yang kecil yaitu 0,10 m, dan memiliki lebar aliran sungai yang sangat kecil yaitu 6,2 m. Hal ini disebabkan oleh endapan sisa material erupsi merapi yang dibawa oleh banjir lahar dingin yang mengakibatkan perubahan kondisi morfologi pada kali Gendol.

c. Segmen Bronggang

Segmen Bronggang terletak di desa Argomulyo, dusun Bronggang kecamatan Cangkringan kabupaten Sleman, provinsi Daerah istimewa Yogyakarta. Dari hasil pengukuran diperoleh lebar aliran sungai 4,4 m dan lebar aliran banjir 121,25 m, kedalaman aliran 0,20 m dan panjang saluran 1000 m, nilai *entrenchment ratio* sebesar 27,56. Menurut Dave Rosgen (1996) *entrenchment ratio* segmen tiga Kali Gendol daerah Bronggang mewakili tipe

Menurut Dave Rosgen (1996) *W/D ratio* segmen 3 Kali Gendol daerah Bronggang mewakili tipe sungai DA, yaitu *W/D ratio* $22 < 40$. Ukuran butiran sedimen dominan (d_{50}) yang diperoleh butiran pasir berukuran 0,90 mm. Kemiringan saluran 0,05 Menurut Dave Rosgen (1996) 4% - 10% termasuk jenis tipe sungai A. Kondisi morfologi pada segmen Bronggang ditunjukkan pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Kondisi morfologi Kali Gendol segmen Bronggang

Kondisi morfologi Kali Gendol segmen Bronggang dapat dilihat pada Gambar 5.10, material dasar sungai dominan adalah pasir, kedalaman aliran dominan memiliki kedalaman yang kecil yaitu 0,20 m, dan memiliki lebar aliran sungai yang sangat kecil yaitu 4,4 m, hal ini disebabkan oleh endapan sisa material erupsi merapi yang di bawa oleh banjir lahar dingin yang mengakibatkan perubahan kondisi morfologi pada Kali Gendol. Berdasarkan data pengamatan dan pengukuran dilapangan dihasilkan data klasifikasi secara keseluruhan Kali

Gendol dalam Tabel 5.6 s/d 5.9 :

Tabel 5.6 Klasifikasi berdasarkan *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	Manggung	110.3	15.0	0.20	7.35	C, D, E	75	D
2	Pojok	117.5	6.2	0.10	18.95	C, D, E	62	D
3	Bronggang	121.25	4.4	0.20	27.56	C, D, E	22	DA

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 5.7 Klasifikasi berdasarkan *Slope*

No	Segmen	Kemiringan Dasar Sungai/ <i>Slope</i>				Klasifikasi
		Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Panjang (m)	Nilai (%)	
1	Manggung	662.756	607.907	1000	5.48	A
2	Pojok	607.907	557.07	1000	5.08	A
3	Bronggang	557.07	498.927	1000	5.81	A

Sumber : Hasil perhitungan

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

No	Segmen	Material Dominan(d_{50})		Tipe Morfologi Sungai
		Ukuran (mm)	Klasifikasi	
1	Manggung	0.90	Pasir	A5
2	Pojok	0.90	Pasir	
3	Bronggang	0.90	Pasir	

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 5.9 Klasifikasi morfologi Kali Gendol segmen rata -rata

Rata – Rata				Klasifikasi
<i>Entrenchment Ratio</i>	<i>W/D Ratio</i>	<i>Slope</i>	d_{50}	
17.95	53.00	5.46	0.90	C5b

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada tabel diatas (Tabel 5.6s/d 5.9) dapat diketahui bahwa kali Gendol mempunyai aliran sungai berkisaran antara 4,4 m hingga 15 m, kedalaman aliran sungai relatif mempunyai kedalaman yang kecil yaitu antara 0.15m hingga 0,20 m.Kali Gendol mempunyai kemiringan saluran rata - rata 5,54%, perbandingan *W/D ratio* sebesar 53.00 atau mempunyai tipe aliran berparit kecil, material dasar saluran dominan adalah pasir berdiameter 0,90 mm. Berdasarkan klasifikasi morfologi metode Dave Rosgen (1996) Kali Gendol termasuk morfologi tipe C5b.

C. Analisa dan Pembahasan Karakteristik Endapan Lahar DAS

Gendol

Karakteristik endapan lahar Das Gendol dianalisa menggunakan data *grain size* yang diperoleh dari data pengujian yang dilakukan pada daerah Bronggang yang diuji pada laboratorium Mekanika Tanah, Diploma Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2011 (*Lampiran 2*).

Karakteristik endapan lahar DAS Gendol dianalisa dengan menggunakan metode Dave Rosgen (1996). Dengan mengetahui material dasar dominan (d_{50}) atau diameter median partikel akan diperoleh data karakteristik endapan lahar DAS Gendol Hasil analisa *grain size* ditunjukkan pada Tabel 5.10

Tabel 5.10 Hasil analisa ukuran butiran

Sieve No.	Diamater (mm)	Masa Tertahan (gr)	Masa Lolos (gr)	% finer by mass $e/W \times 100\%$
3"	76,200	$d_0 = 0,00$	$e_0 = 1010,00$	100,00
2 1/2"	62,500	$d_1 = 0,00$	$e_1 = 1010,00$	100,00
2"	50,800	$d_2 = 0,00$	$e_2 = 1010,00$	100,00
1 1/2"	38,100	$d_3 = 0,00$	$e_3 = 1010,00$	100,00
1"	25,400	$d_4 = 101,94$	$e_4 = 908,06$	89,91
3/4"	19,000	$d_5 = 74,69$	$e_5 = 833,37$	82,51
1/2"	12,700	$d_6 = 41,06$	$e_6 = 792,31$	78,45
3/8"	9,500	$d_7 = 34,39$	$e_7 = 757,92$	75,04
4	4,750	$d_8 = 52,46$	$e_8 = 705,46$	69,85
10	2,000	$d_9 = 70,06$	$e_9 = 635,40$	62,91
20	0,850	$d_{10} = 134,08$	$e_{10} = 501,32$	49,64
40	0,425	$d_{11} = 132,25$	$e_{11} = 369,07$	36,54
60	0,250	$d_{12} = 77,80$	$e_{12} = 291,27$	28,84
140	0,106	$d_{13} = 102,55$	$e_{13} = 188,72$	18,69
200	0,075	$d_{14} = 18,50$	$e_{14} = 170,22$	16,85
		$S_d = 839,78$		

Sumber :Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah Diploma Teknik Sipil

Universitas Gadjah Mada, 2011

Dari analisa yang ditunjukkan pada Tabel 5.10 selanjutnya dapat ditentukan ukuran diameter partikel median (d_{50}) seperti yang ditunjukkan pada

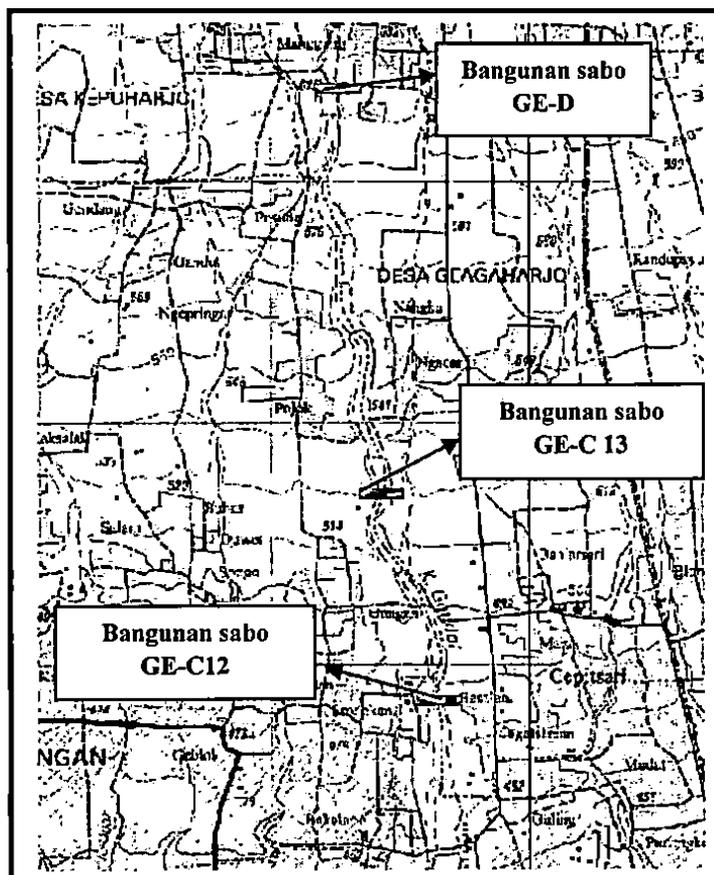
Tabel 5.11 Data input endapan lahar

Ukuran butir sedimen lolos (mm)		
d_{10}	d_{30}	d_{60}
0,027	0,28	1,60

Sumber : Hasil perhitungan

D. Analisa dan Pembahasan Pengaruh Bangunan Sabo Terhadap Pencegahan Rambatan Aliran Sedimen

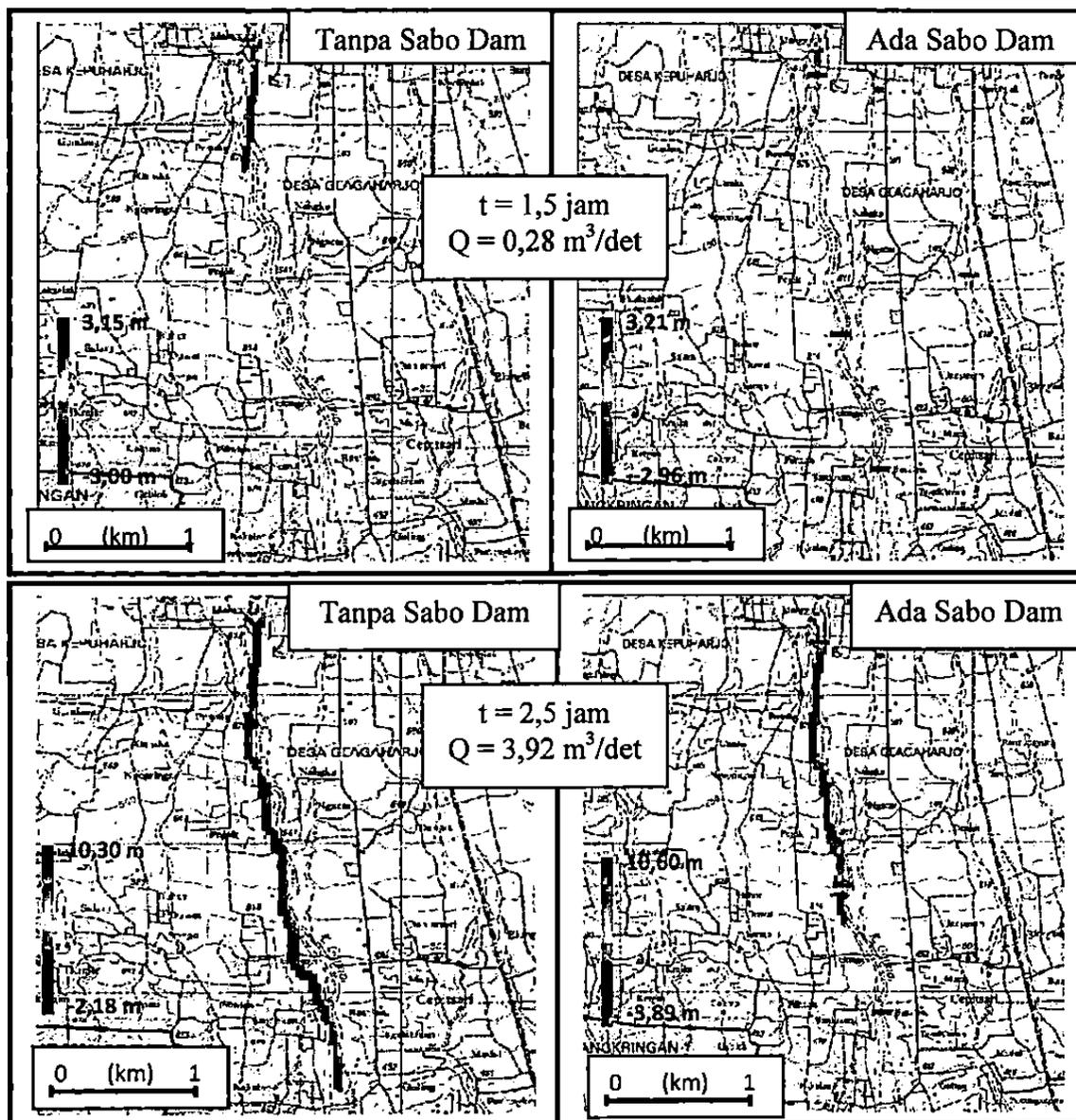
Bangunan sabo adalah bangunan air yang berfungsi untuk menahan endapan material aliran debris yang mempunyai daya rusak yang besar seperti bongkahan batu besar yang terbawa oleh aliran banjir lahar dingin. Pada penelitian ini alur sungai mempunyai 3 unit bangunan sabo. Berikut posisi bangunan sabo ditunjukkan Gambar 5.12.



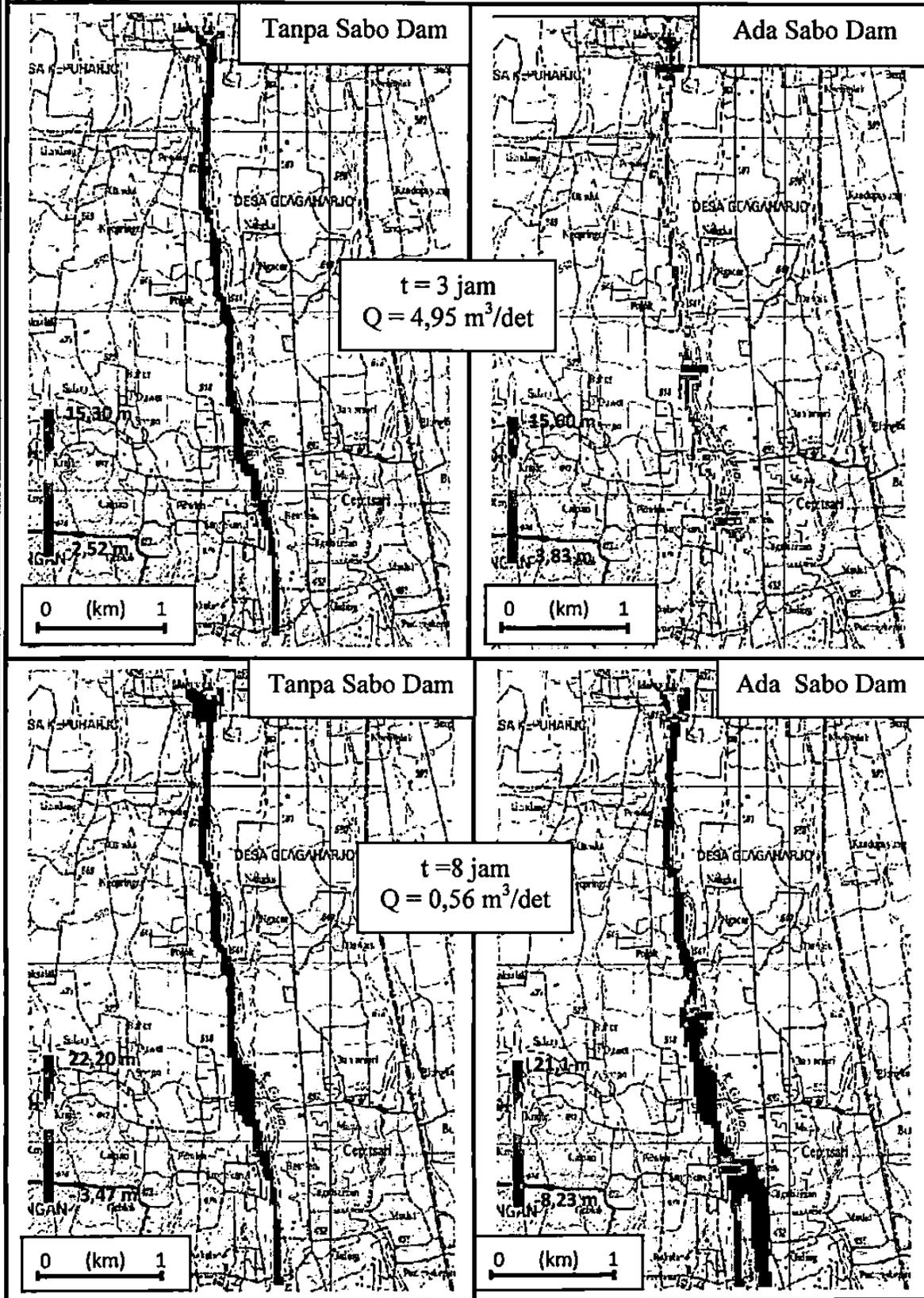
Gambar 5.12. Titik lokasi bangunan sabo

Untuk mengetahui efektifitas bangunan sabo DAS Gendol pada penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan simulasi aliran debris menggunakan *software* Simlar V.1.1.2011. Berikut hasil simulasi aliran debris dengan variasi sungai menggunakan bangunan sabo dan tidak menggunakan bangunan sabo.

1. Hasil simulasi dengan tinggi hujan rata – rata maksimum sebesar 44,75 mm, ditunjukkan pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13. Hasil simulasi dengan tinggi hujan 44,75 mm



Gambar 5.13 Hasil simulasi dengan tinggi buien 44,75 mm

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan Gambar 5.13, dapat dilihat bahwa ketika alur tidak menggunakan bangunan sabo, aliran debris meluncur dengan jarak luncur lebih panjang dibanding yang menggunakan sabo. Berikut panjang jarak luncur aliran debris yang ditunjukkan pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Panjang jarak luncur aliran debris

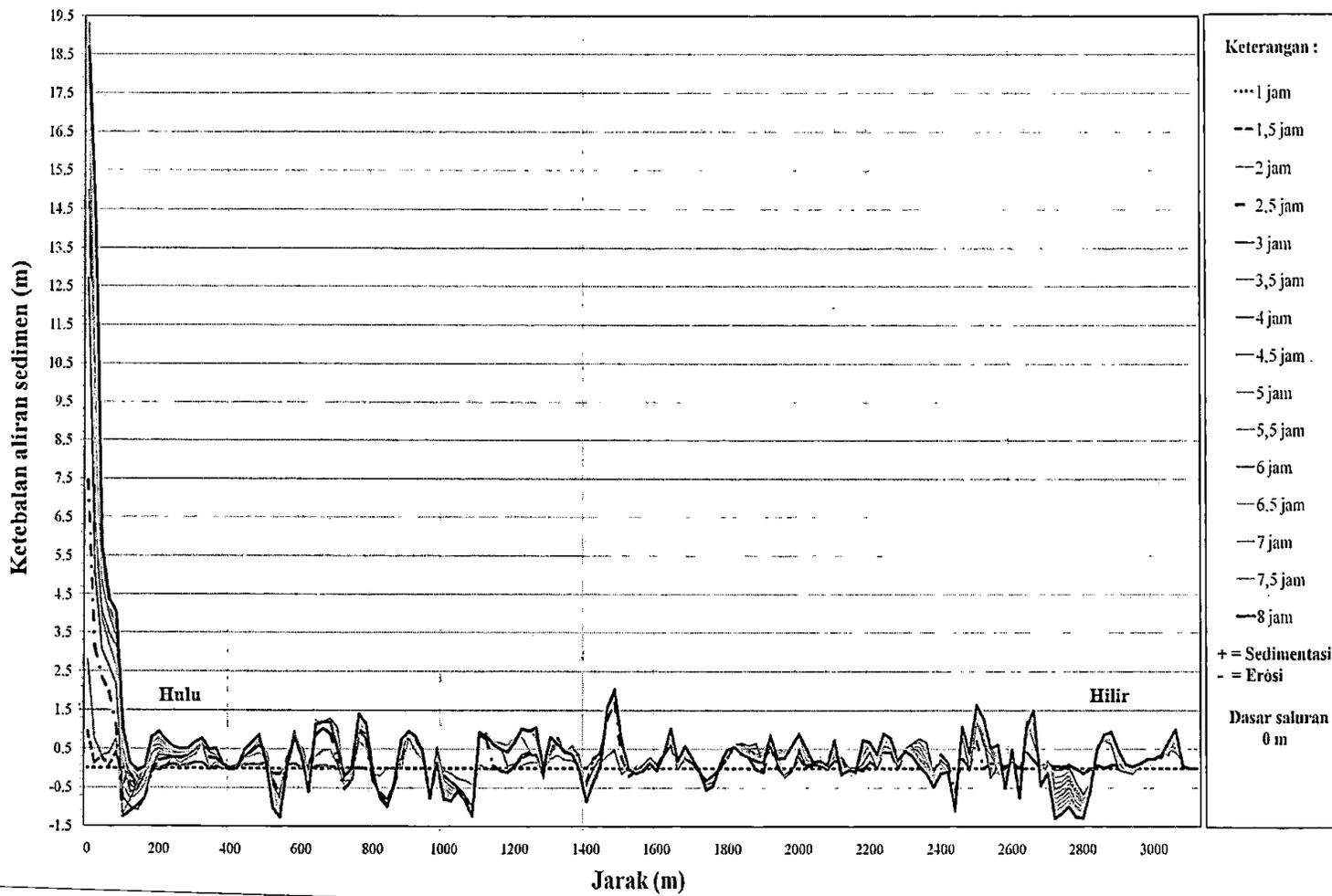
Jam	Jarak luncur tanpa sabo (m)	Jarak luncur ada sabo (m)
1,5	760	140
2,5	2960	1900
3,0	3120	2560
8,0	3120	3120

Sumber : Hasil simulasi

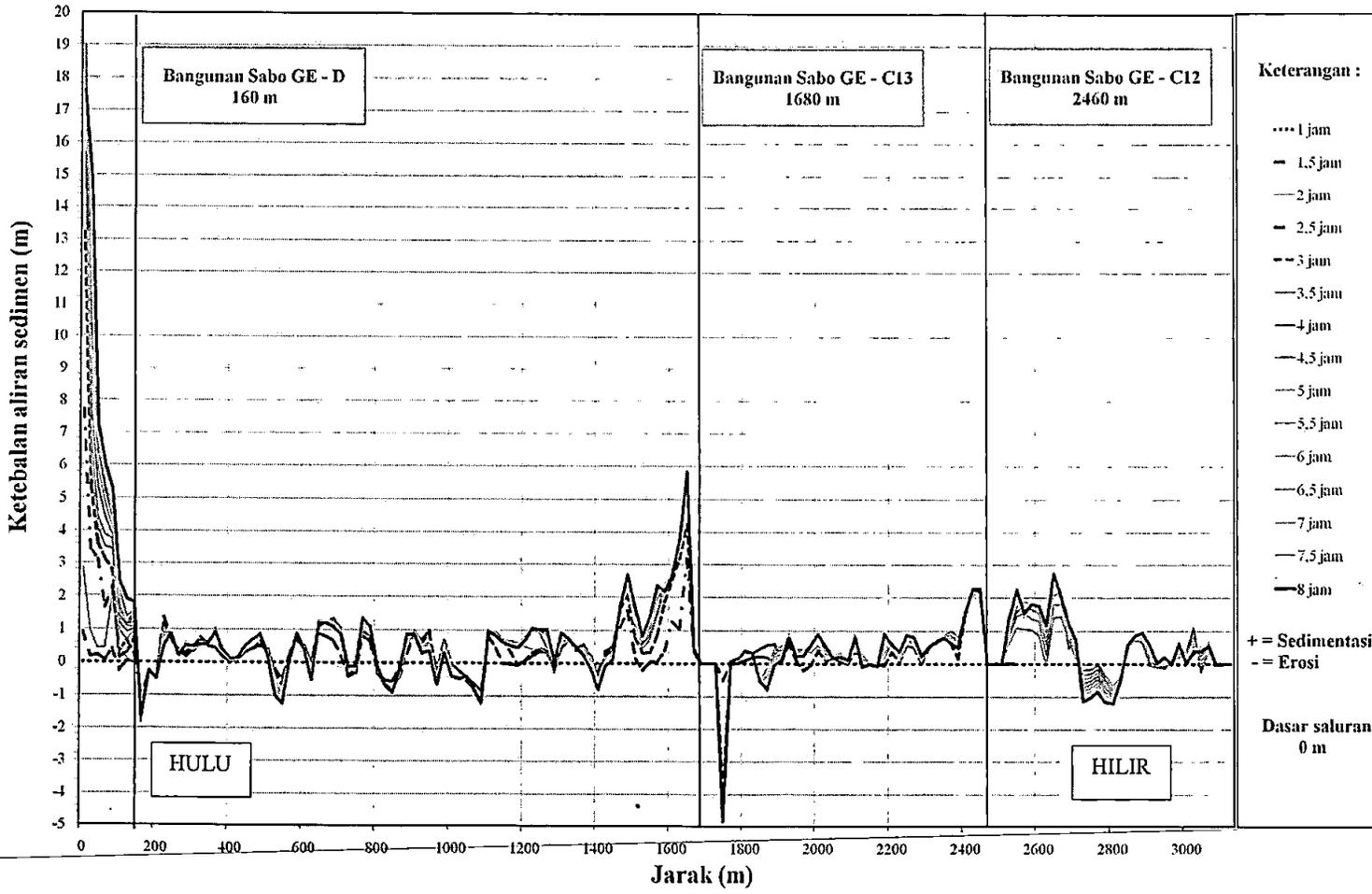
Jarak luncur yang ditunjukkan tabel 5.12 menunjukkan bahwa bangunan sabo masih efektif menahan panjang aliran debris pada saat permulaan hidrograf naik hingga menuju waktu resesi yaitu pada jam 1,5 hingga jam 3. Ketika jam resesi bangunan sabo tidak efektif lagi menahan panjang rambatan aliran debris, akibatnya erosi dan sedimentasi meningkat pada titik lokasi saluran yang menggunakan bangunan sabo.

Berikut erosi dan sedimentasi yang terjadi pada pias desa Kepuharjo

hingga desa Argemuluo ditunjukkan pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15



Gambar 5.14 Erosi dan sedimentasi pada pias desa Kepuharjo hingga desa Argomulyo



Dari hasil simulasi yang ditunjukkan (Gambar 5.14 s/d 5.15) dapat dilihat erosi maksimum yang terjadi pada Kali Gendol yang tidak menggunakan bangunan sabo sebesar 1,28 m pada jarak 2120 m dari hulu dan sedimentasi maksimum sebesar 19,3 m pada jarak 0 m hulu sungai. Sedangkan kali yang menggunakan bangunan sabo erosi maksimum sebesar 4,86 pada jarak 1740 m dari hulu dan sedimentasi maksimum 19 m pada jarak 0 m dari hulu sungai.

Berikut erosi dan sedimentasi yang terjadi pada masing – masing sabo yang ditunjukkan pada Tabel 5.13 di bawah ini :

Tabel 5.13 Erosi dan sedimentasi maksimum masing - masing sabo

Bangunan Sabo	Jarak dari hulu (m)	Erosi maksimum (m)	Sedimentasi maksimum (m)
GE - D Kepuharjo	80	1.85	5,30
GE - C 13	1620	4.86	5,84
GE- C12	2460	0	2,28

Sumber : Hasil simulasi

Hasil kajian yang ditunjukkan pada Tabel 5.13 menunjukkan bahwa erosi maksimum dan sedimentasi maksimum terjadi pada GE – C13 dengan sedimentasi 5,84 m dan erosi sedalam 4, 86 m. Erosi dan sedimentasi yang terjadi pada alur yang menggunakan bangunan sabo meningkat dibanding dengan alur yang tidak menggunakan bangunan sabo. Hal ini diakibatkan bangunan sabo tidak mampu menampung volume aliran debris pada saat jam resesi.

Besaran volume sedimen dan volume air ditunjukkan pada Tabel 5 14

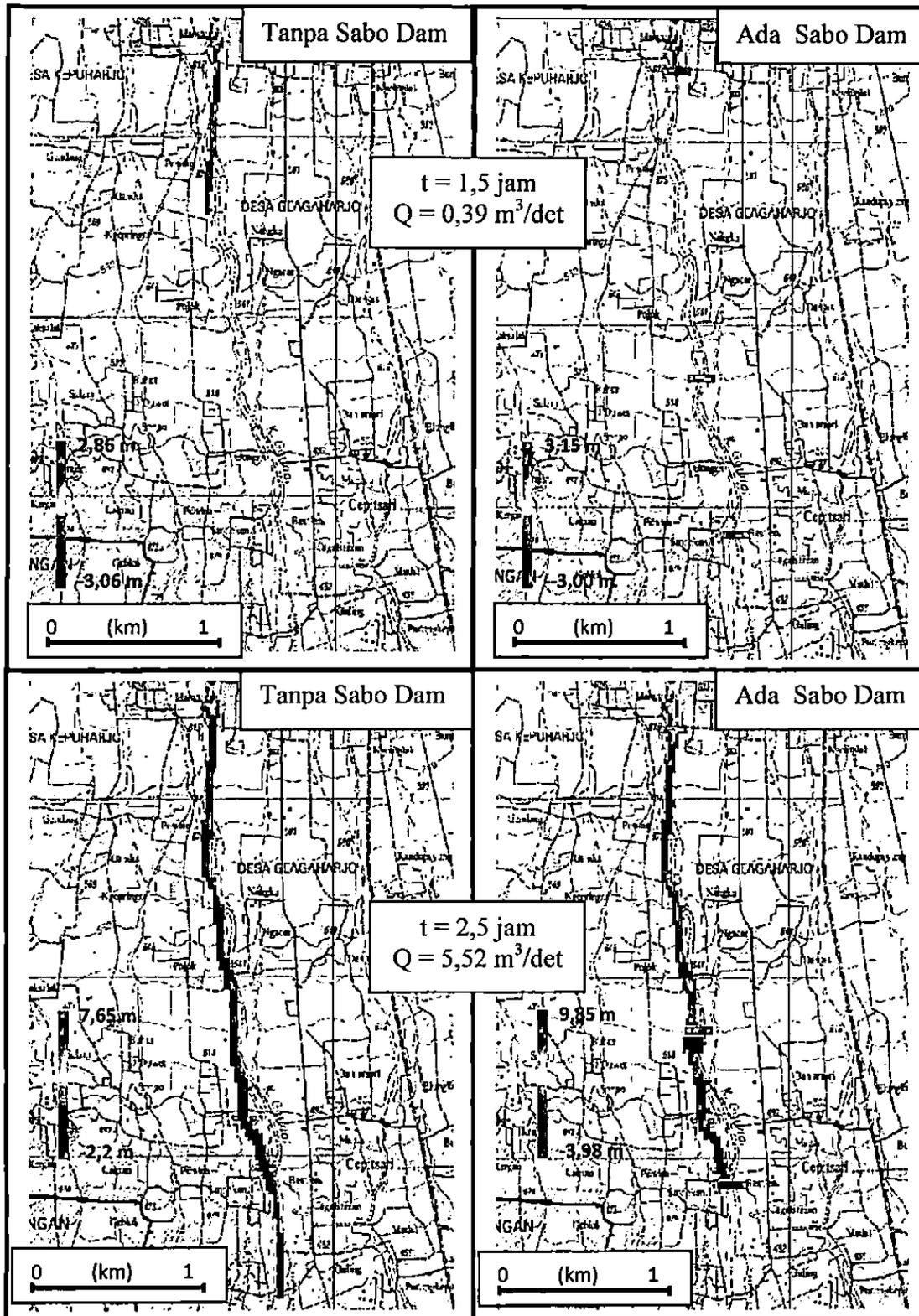
Tabel 5.14 Volume aliran debris

Jam	Tanpa bangunan sabo		Ada bangunan sabo	
	Volume air (m ³)	Volume sedimen (m ³)	Volume air (m ³)	Volume sedimen (m ³)
1,5	504	748,51	504	748,51
2,5	10215	13930,18	10215	13930,18
3	13527,15	23250,65	19122,98	25785,13
8	3887	44814,72	6448,70	45885,72

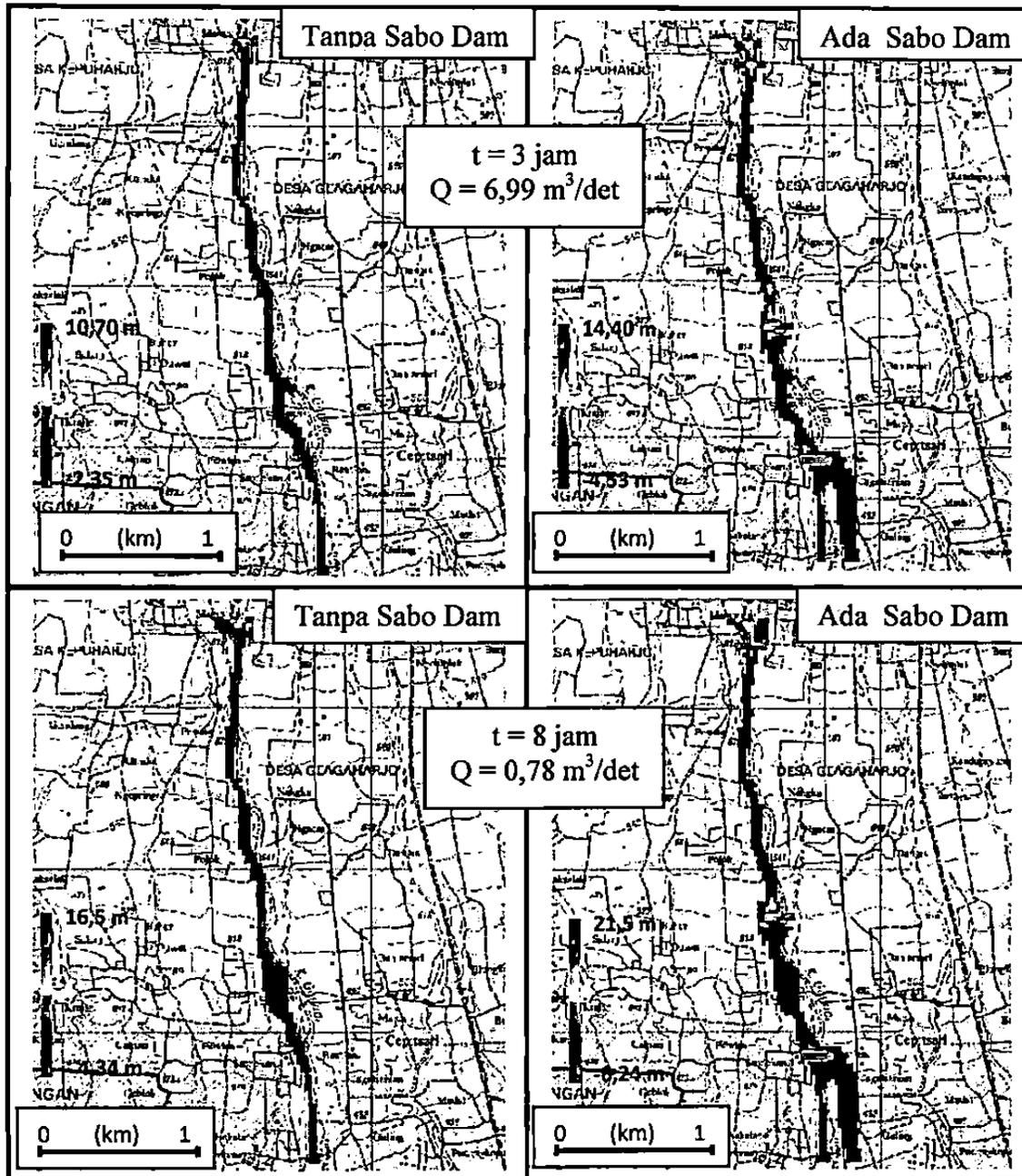
Sumber : Hasil simulasi

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan Tabel (5.12 s/d 5.14) dan Gambar (5.14 s/d 5.15). Bahwa bangunan sabo pada jam 1,5 – 2,5 jam masih efektif mampu menghambat panjang aliran debris dibanding alur sungai tanpa menggunakan bangunan sabo, namun ketika jam 3 s/d jam 8 aliran debris meluncur mengakibatkan volume sediment melebihi kapasitas tampung bangunan sabo mengakibatkan aliran debris merambat ke bantaran Kali Gendol dan mengakibatkan sedimentasi dan erosi pada daerah sekitar Kali Gendol yang ada bangunan sabo. Dari hasil kajian menunjukkan bahwa bangunan sabo masih efektif menampung volume sedimen < 13930,18 m³ dan tidak efektif ketika menampung volume sedimen > 13930,18 m³. Untuk proses evakuasi bangunan sabo pada pias desa Kepuharjo hingga desa Argomulyo dapat diklasifikasikan efektif mencegah rambatan aliran debris. Hasil simulasi selengkapnya ditunjukkan pada *Lampiran 3*.

2. Hasil simulasi dengan tinggi hujan rata – rata maksimum sebesar 63,14 mm, ditunjukkan pada Gambar 5.16 di bawah ini :



Gambar 5.16 Hasil simulasi dengan tinggi hujan 63,14 mm



Gambar 5.16 Hasil simulasi dengan curah hujan 63,14 mm

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan Gambar 5.16, dapat dilihat bahwa ketika alur tidak menggunakan bangunan sabo, aliran debris meluncur dengan jarak luncur lebih panjang dibanding alur yang menggunakan sabo. Berikut

berikut ini jarak luncur aliran debris yang ditunjukkan pada Tabel 5.15

Tabel 5.15 Panjang jarak luncur aliran debris

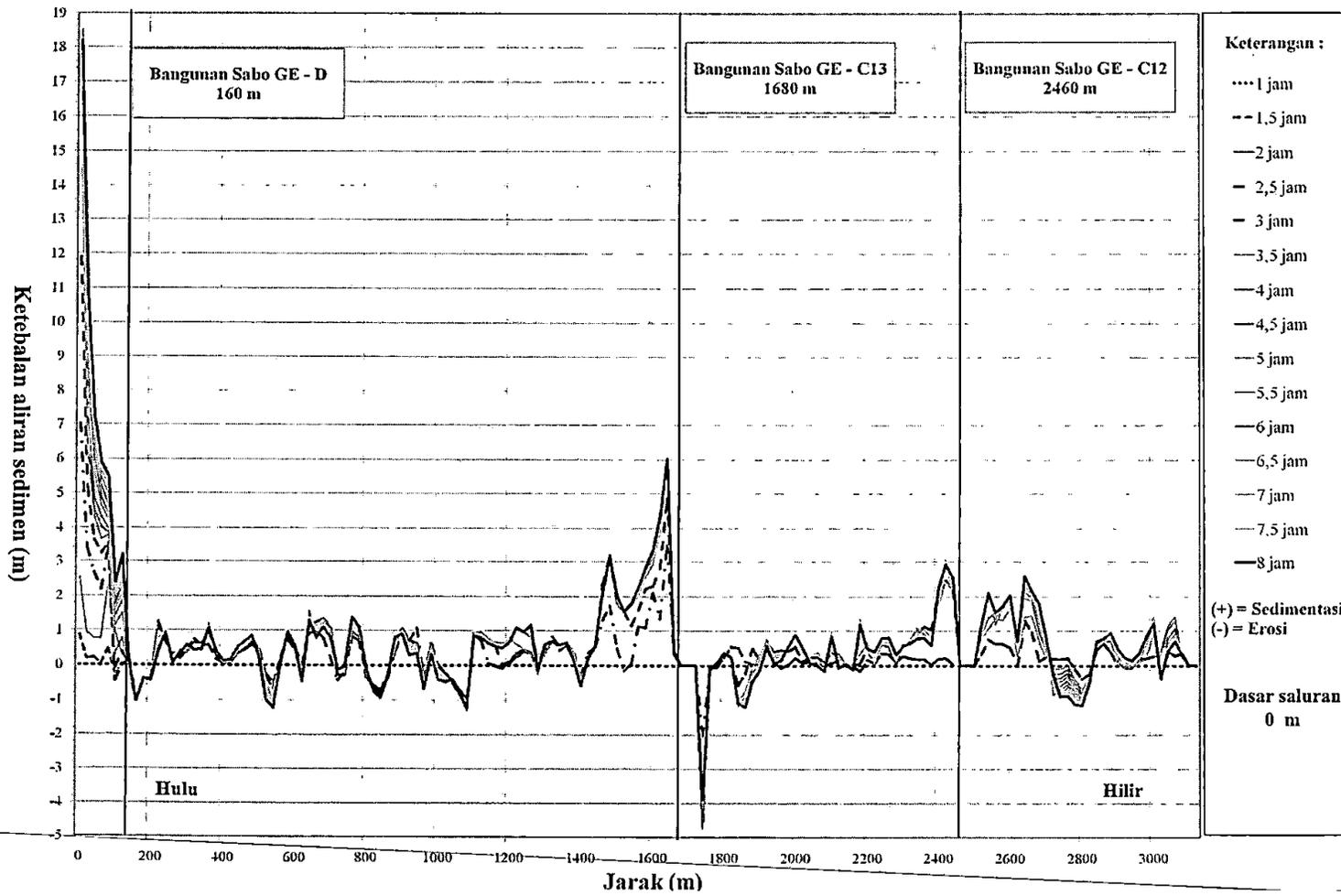
Jam	Jarak luncur tanpa sabo (m)	Jarak luncur ada sabo (m)
1,5	880	140
2,5	3100	2440
3,0	3120	3120
8,0	3120	3120

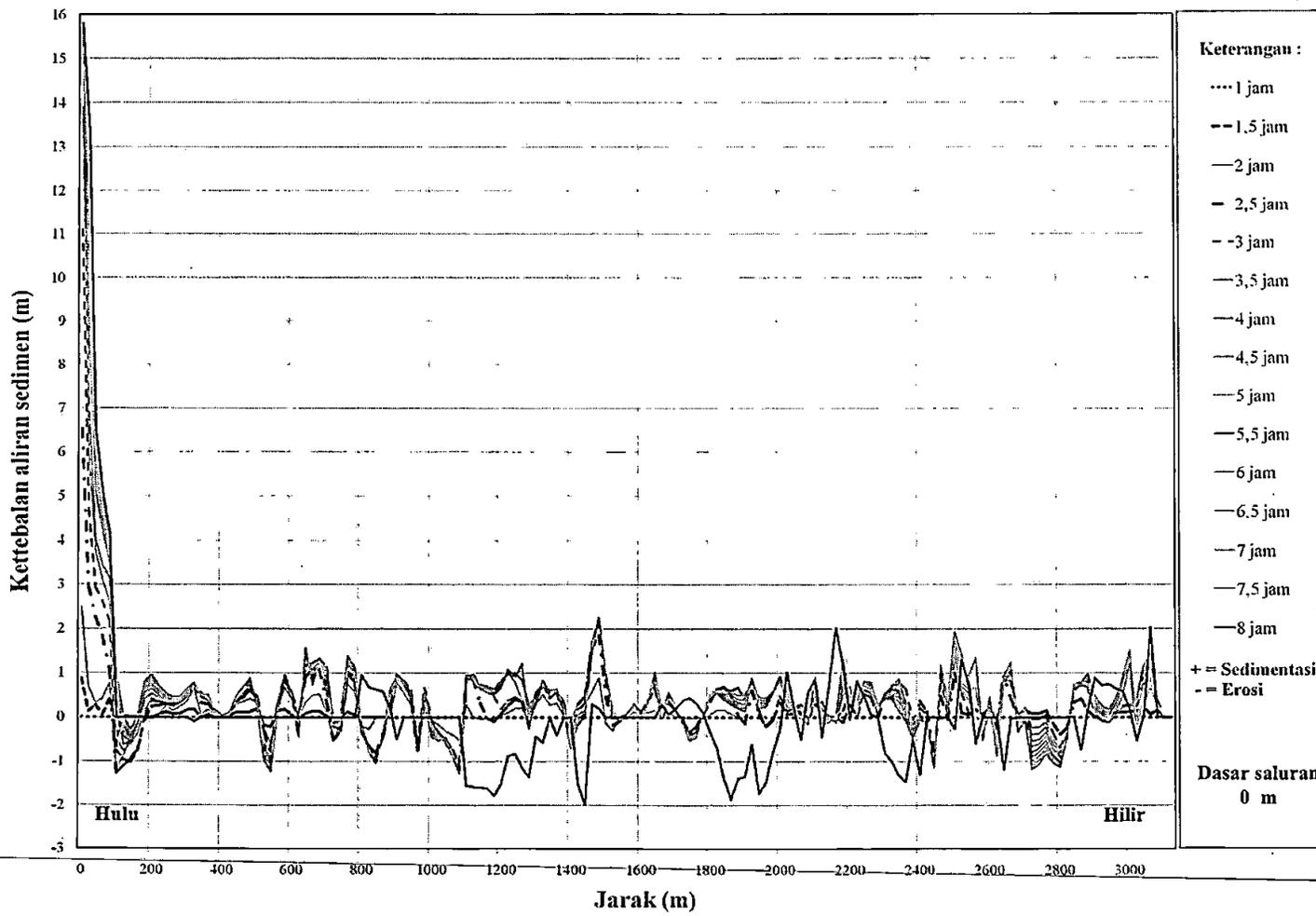
Sumber : Hasil perhitungan

Jarak luncur yang ditunjukkan tabel 5.15 menunjukkan bahwa bangunan sabo masih efektif menahan panjang aliran debris pada saat permulaan hidrograf naik hingga menuju waktu resesi yaitu pada jam 1,5 hingga jam 2,5. Ketika jam resesi bangunan sabo tidak efektif lagi menahan panjang rambatan aliran debris, akibatnya erosi dan sedimentasi meningkat pada titik lokasi saluran yang menggunakan bangunan sabo.

Berikut erosi dan sedimentasi yang terjadi pada pias desa Kepuharjo

lingkaran dan Arahannya ditunjukkan pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18





Dari hasil simulasi yang ditunjukkan (Gambar 5.17 s/d 5.18) dapat dilihat erosi maksimum yang terjadi pada Kali Gendol yang tidak menggunakan bangunan sabo sebesar 1,98 m pada jarak 1440 m dari hulu dan sedimentasi maksimum sebesar 15,80 m pada jarak 0 m hulu sungai. Sedangkan alur yang menggunakan bangunan sabo erosi maksimum sebesar 4,74 pada jarak 1740 m dari hulu dan Sedimentasi maksimum 18,50 m pada jarak 0 m dari hulu sungai.

Berikut erosi dan sedimentasi yang terjadi pada masing – masing sabo yang ditunjukkan pada Tabel 5.16 di bawah ini :

Tabel 5.16 Erosi dan sedimentasi maksimum masing - masing sabo

Bangunan Sabo	Jarak dari hulu (m)	Erosi maksimum (m)	Sedimentasi maksimum (m)
GE - D Kepuharjo	80	1,03	5,49
GE - C 13	1620	4,74	6,02
GE- C12	2460	0	3,07

Sumber : Hasil simulasi

Hasil kajian yang ditunjukkan Tabel 5.16 menunjukkan bahwa erosi maksimum dan sedimentasi maksimum terjadi pada GE – C13 dengan sedimentasi 6,02 m dan erosi sedalam 4,74 m. Erosi dan sedimentasi yang terjadi pada alur yang menggunakan bangunan sabo meningkat dibanding dengan alur yang tidak menggunakan bangunan sabo. Hal ini diakibatkan bangunan sabo tidak mampu menampung volume aliran debris pada saat jam resesi. Besaran volume sedimen

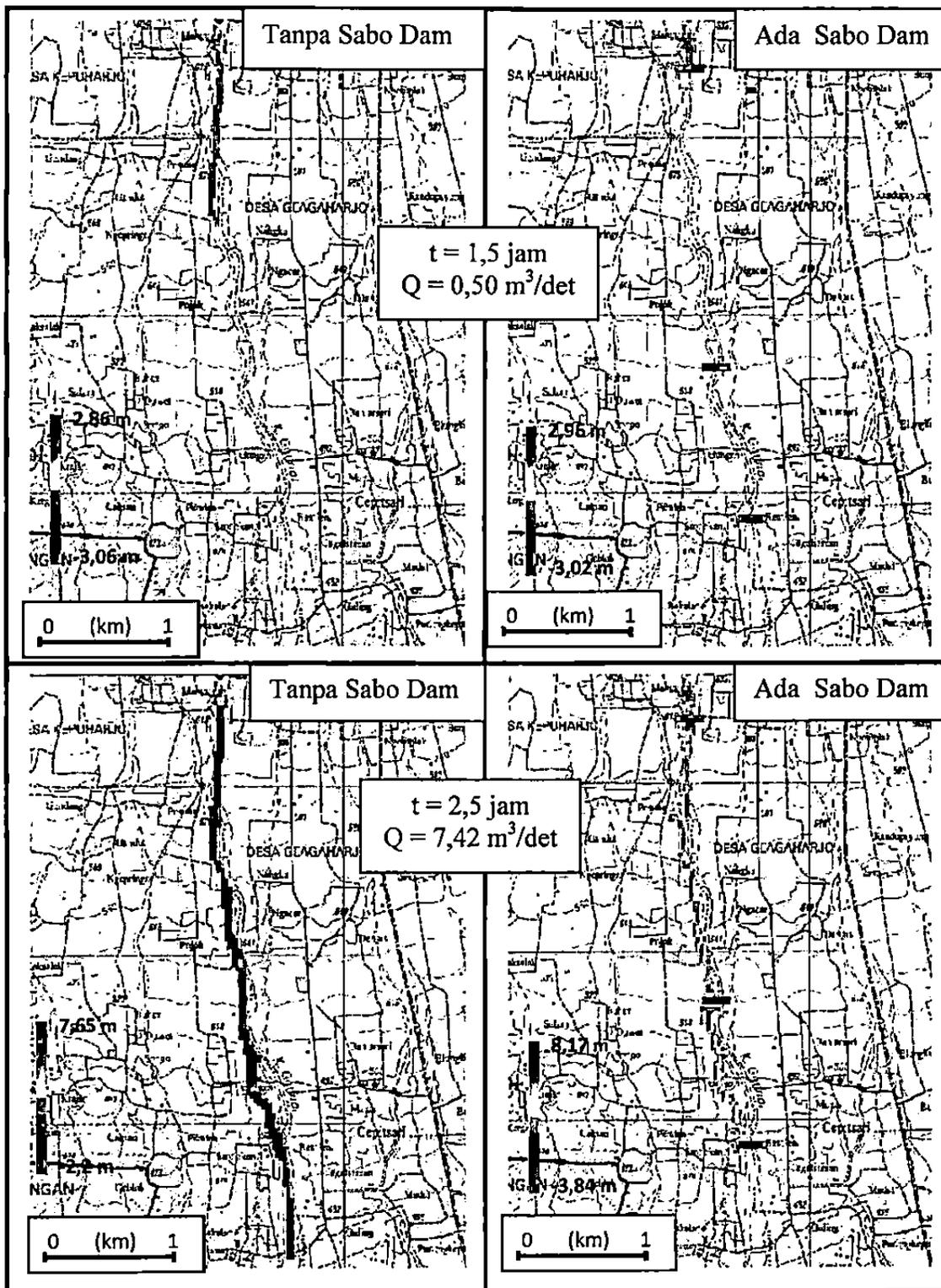
Tabel 5.17 Volume aliran debris

Jam	Tanpa bangunan sabo		Ada bangunan sabo	
	Volume air (m ³)	Volume sedimen (m ³)	Volume air (m ³)	Volume sedimen (m ³)
1,5	711	786,18	711	786,18
2,5	13778,81	14383,60	14414,40	14676
3	16978,86	22999	23111	25390,63
8	4750,50	40660	7616,63	41867,50

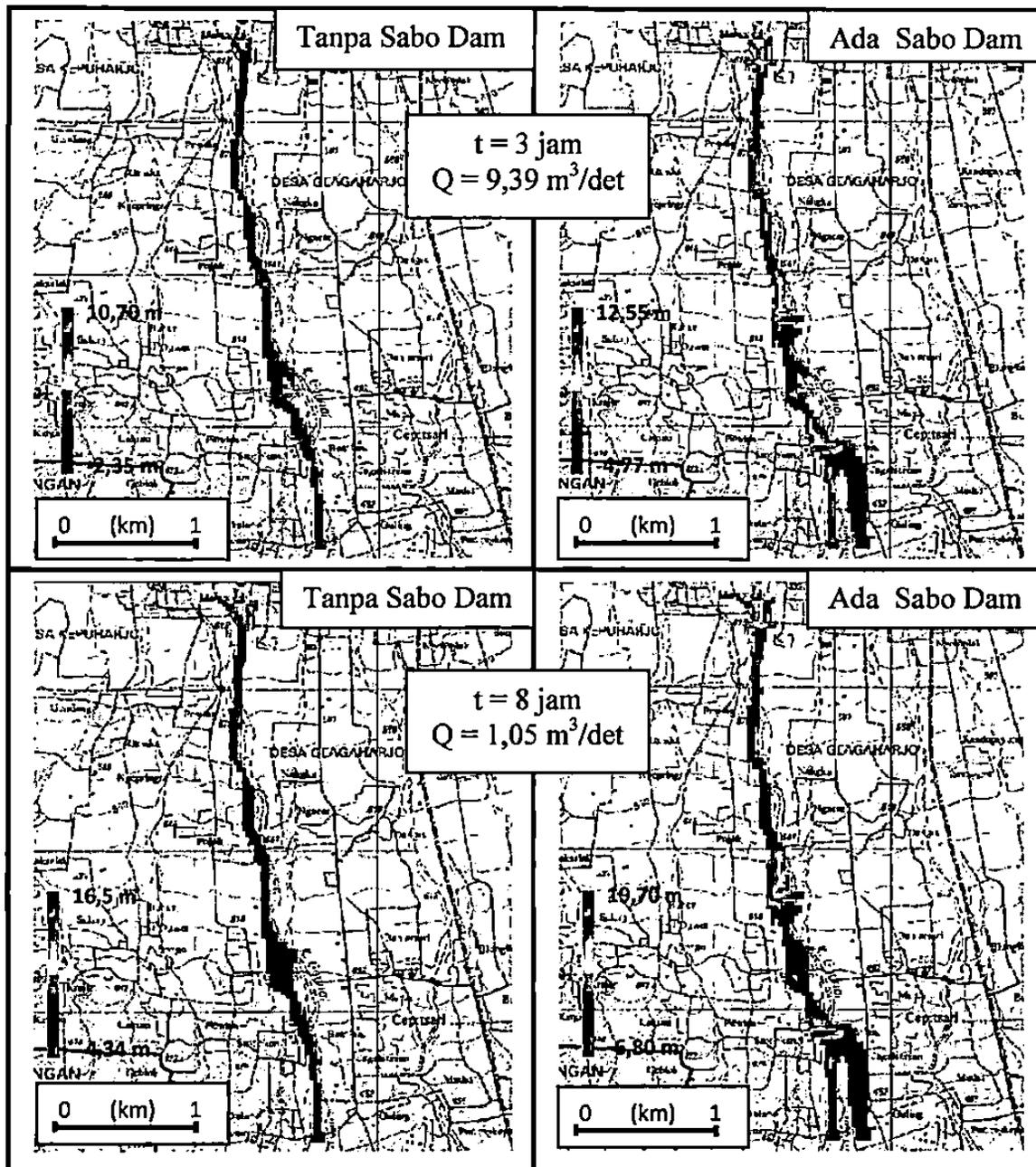
Sumber : Hasil simulasi

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan Tabel (5.15 s/d 5.17) dan Gambar (5.17 s/d 18). Bahwa bangunan sabo pada jam 1,5 s/d jam 2,5 masih efektif mampu menghambat panjang aliran debris dibanding alur sungai tanpa menggunakan bangunan sabo, namun ketika jam 3 s/d jam 8 aliran debris meluncur mengakibatkan volume sediment melebihi kapasitas tampung bangunan sabo mengakibatkan aliran debris merambat ke bantaran Kali Gendol dan mengakibatkan sedimentasi dan erosi pada daerah sekitar Kali Gendol yang ada bangunan sabo. Dari hasil kajian menunjukkan bahwa bangunan sabo masih efektif menampung volume sedimen < 14676 m³ dan tidak efektif ketika menampung volume sedimen > 14676 m³. Untuk proses evakuasi bangunan sabo pada pias desa Kepuharjo hingga desa Argomulyo dapat diklasifikasikan efektif menghambat aliran debris. Hasil simulasi selanjutnya ditunjukkan pada

3. Hasil simulasi dengan tinggi hujan rata – rata maksimum sebesar 84,85 mm, ditunjukkan pada Gambar 5.19 di bawah ini :



Gambar 5.10. Hasil simulasi dengan tinggi hujan 84,85 mm



Gambar 5.19. Hasil simulasi dengan tinggi hujan 84,85 mm

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan Gambar 5.19, dapat dilihat bahwa ketika alur tidak menggunakan bangunan sabo, aliran debris meluncur dengan jarak luncur lebih panjang dibanding alur yang menggunakan sabo. Berikut ini adalah jarak luncur aliran debris yang ditunjukkan pada Tabel 5.18

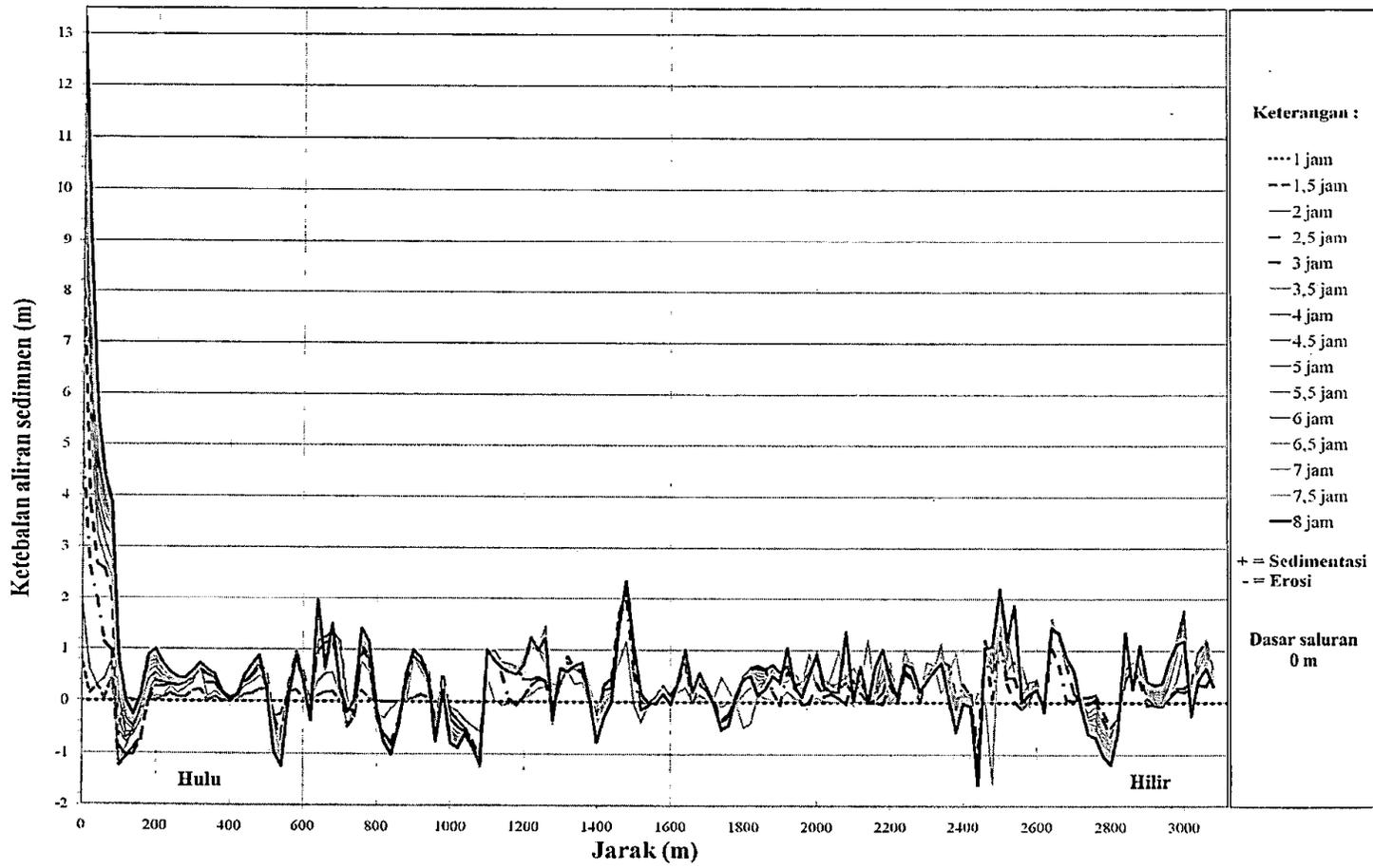
Tabel 5.18 Panjang jarak luncur aliran debris

Jam	Jarak luncur tanpa sabo (m)	Jarak luncur ada sabo (m)
1,5	940	170
2,5	3100	2440
3,0	3120	3120
8,0	3120	3120

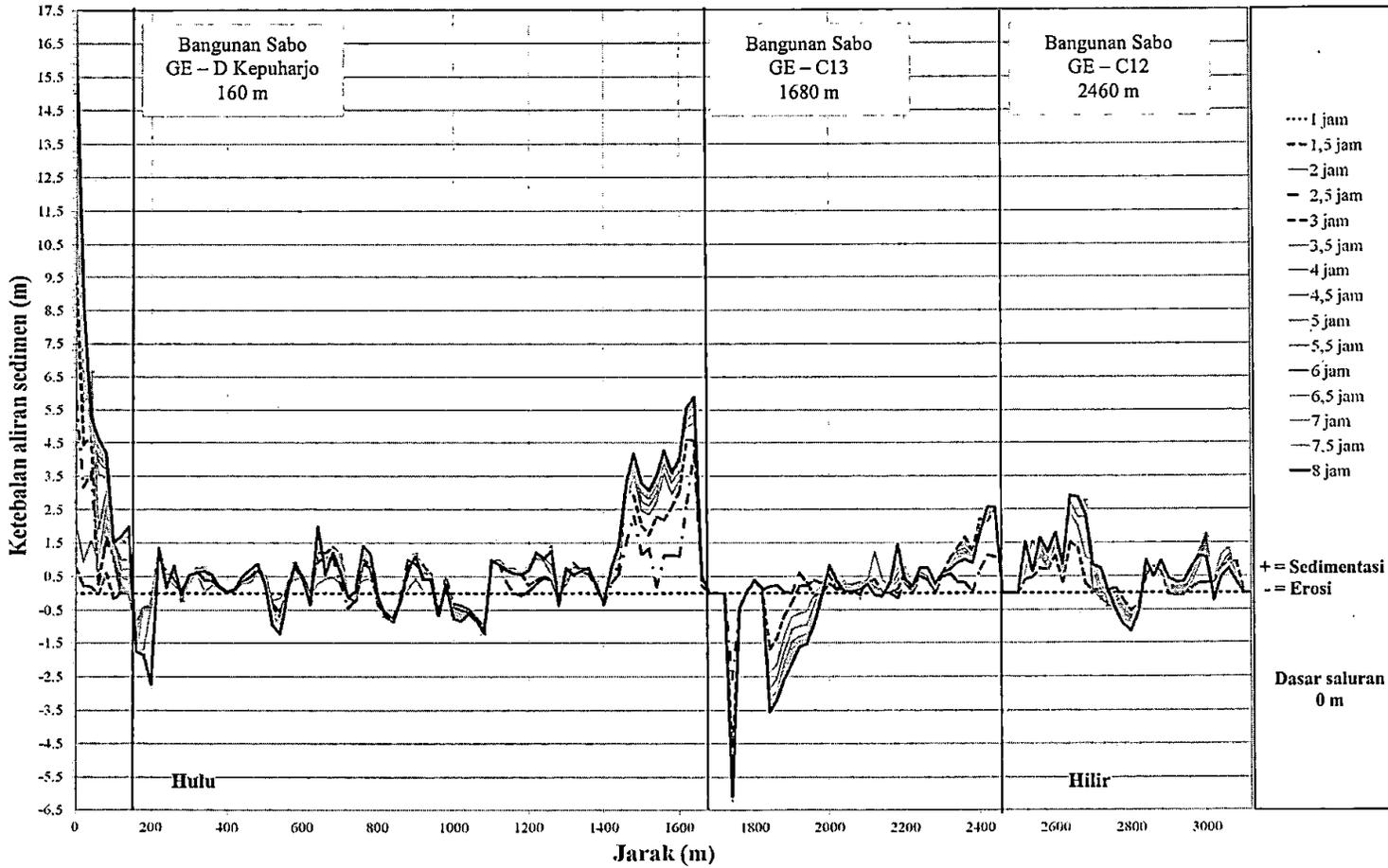
Sumber : Hasil simulasi

Jarak luncur yang ditunjukkan tabel 5.18 menunjukkan bahwa bangunan sabo masih efektif menahan panjang aliran debris pada saat permulaan hidrograf naik hingga menuju waktu resesi yaitu pada jam 1,5 hingga jam 2,5. Ketika jam resesi bangunan sabo tidak efektif lagi menahan panjang rambatan aliran debris, akibatnya erosi dan sedimentasi meningkat pada titik lokasi saluran yang menggunakan bangunan sabo.

Berikut erosi dan sedimentasi yang terjadi pada pias desa Kepuharjo hingga desa Argomulyo ditunjukkan pada Gambar 5.20 dan Gambar 5.21



Gambar 5.20 Erosi dan sedimentasi pada pias desa Kepuharjo hingga desa Argomulyo tanpa bangunan sabo



Gambar 5.21 Erosi dan sedimentasi pada pias desa Kepuharjo hingga desa Argomulyo menggunakan bangunan sabo

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan (Gambar 5.20 s/d 5.21) dapat dilihat erosi maksimum yang terjadi pada Kali Gendol yang tidak menggunakan bangunan sabo sebesar 1,58 m pada jarak 1440 m dari hulu dan sedimentasi maksimum sebesar 13,30 m pada jarak 0 m hulu sungai. Sedangkan alur yang menggunakan bangunan sabo erosi maksimum sebesar 6,22 pada jarak 1740 m dari hulu dan sedimentasi maksimum 17,30 m pada jarak 0 m dari hulu sungai.

Berikut erosi dan sedimentasi yang terjadi pada masing – masing sabo yang ditunjukkan pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Erosi dan sedimentasi maksimum masing - masing sabo

Bangunan Sabo	Jarak dari hulu (m)	Erosi maksimum (m)	Sedimentasi maksimum (m)
GE - D Kepuharjo	80	2,71	4,20
GE - C 13	1620	6,22	5,89
GE- C12	2460	0	2,58

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil kajian yang ditunjukkan Tabel 5.19 menunjukkan bahwa erosi maksimum dan sedimentasi maksimum terjadi pada GE – C13 dengan sedimentasi 6,22 m dan erosi sedalam 5,89 m. Erosi dan sedimentasi yang terjadi pada saluran alur yang menggunakan bangunan sabo meningkat dibanding dengan saluran alur yang tidak menggunakan bangunan sabo. Hal ini diakibatkan bangunan sabo tidak mampu menampung volume aliran debris pada saat jam erosi. Berikut besaran volume sedimen dan volume air dan yang ditunjukkan

Tabel 5.20 Volume aliran debris

Jam	Tanpa bangunan sabo		Ada bangunan sabo	
	Volume air (m ³)	Volume sedimen (m ³)	Volume air (m ³)	Volume sedimen (m ³)
1,5	955,80	788,43	955,90	788,43
2,5	17151,43	13762	19371,60	14763,16
3	20379	20836,50	23111	22795,10
8	5965,47	32139	8967,22	33396

Sumber : Hasil simulasi

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan Tabel (5.19 s/d 5.20) dan Gambar (5.20 s/d 5.21). Bahwa bangunan sabo pada jam 1,5 – 2,5 jam masih efektif mampu menghambat panjang aliran debris dibanding alur sungai tanpa menggunakan bangunan sabo, namun ketika jam 3 – 8 aliran debris meluncur mengakibatkan volume sediment melebihi kapasitas tampung bangunan sabo mengakibatkan aliran debris merambat ke bantaran Kali Gendol dan mengakibatkan sedimentasi dan erosi pada daerah sekitar Kali Gendol yang ada bangunan sabo. Dari hasil kajian menunjukkan bahwa bangunan sabo masih efektif menahan volume sedimen < 14763,16 m³ dan tidak efektif ketika menampung volume sedimen > 14763,16 m³. Untuk proses evakuasi bangunan sabo pada pias desa Kepuharjo hingga desa Argomulyo dapat diklasifikasikan

efektif menghambat rambat aliran debris Hasil simulasi selanjutnya

Dari hasil kajian yang telah diuraikan, dapat diambil kesimpulan bangunan sabo GE - D Kepuharjo, GE - C13 dan GE - C12 masih efektif untuk menampung volume aliran debris dan panjang rambatan aliran debris dari jam 1 hingga ke jam 2,5. Ketika mencapai jam resesi bangunan sabo tidak efektif hal ini disebabkan aliran debris mengalami peningkatan volume aliran debris dibanding dengan aliran yang tidak menggunakan bangunan sabo. Volume aliran debris meningkat dikarenakan peningkatan sedimentasi dan erosi pada titik lokasi alur yang menggunakan bangunan sabo.

Efektifitas bangunan sabo di Kali Gendol akan tercapai dengan cara berikut ini :

- a. Bangunan sabo diusahakan mempunyai kemampuan menahan dan menampung volume sedimen aliran debris lebih besar daripada volume banjir debris atau banjir lahar dingin yang akan meluncur melewati saluran kali Gendol.
- b. Bangunan sabo yang tidak mampu menahan volume aliran debris, direncanakan penempatannya di hilir daerah pemukiman, agar erosi dan sedimentasi aliran debris tidak merambat kearah pemukiman.
- c. Dalam pemilihan konstruksi bangunan sabo direncanakan bangunan sabo tipe terbuka dan direncanakan mampu menahan material yang mempunyai daya rusak yang tinggi, seperti bankbakan batu-batu besar yang dibawa oleh aliran debris

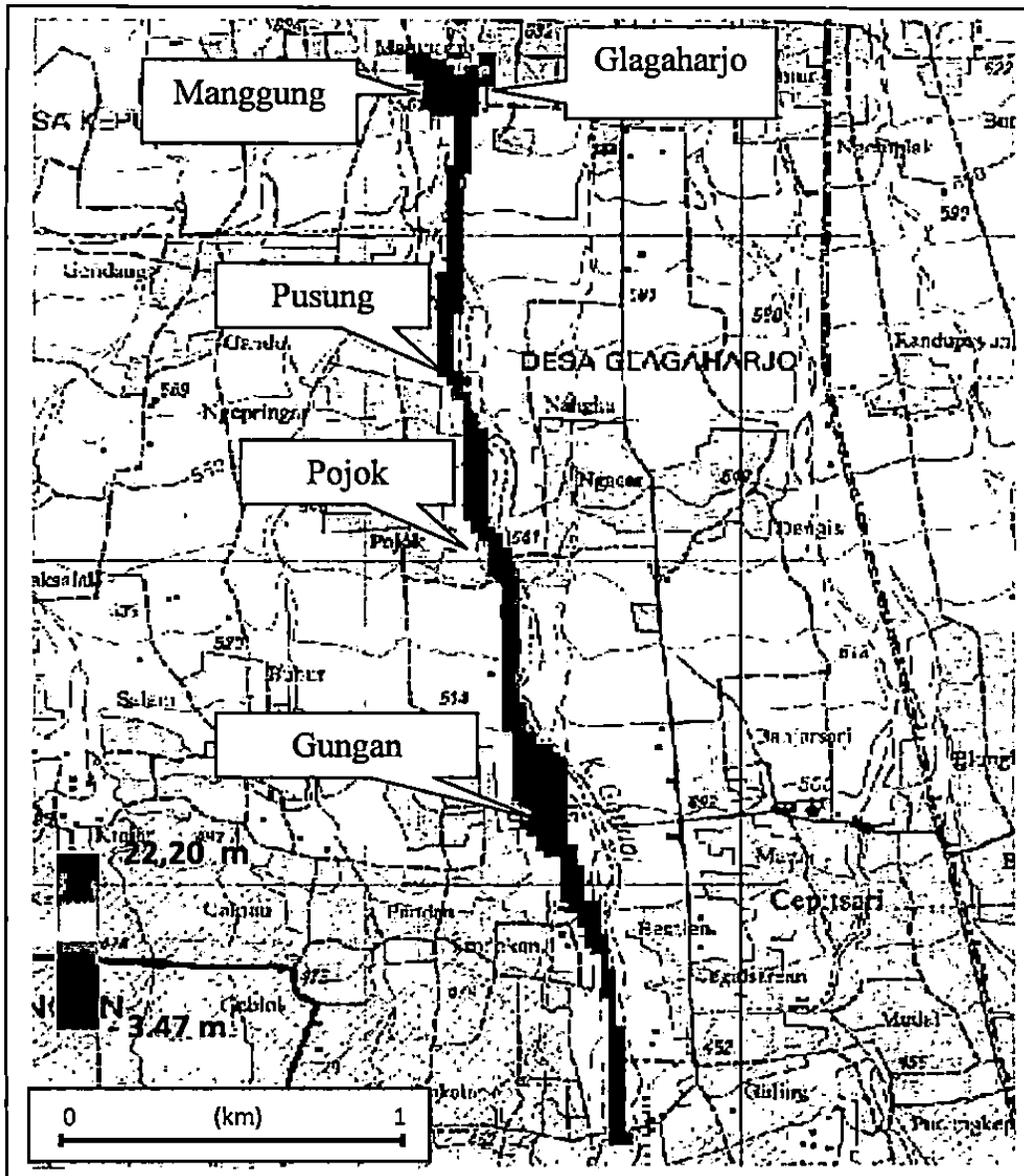
E. Analisa dan Pembahasan Daerah Rawan Bencana Banjir Lahar

Dingin

Salah satu cara melakukan mitigasi bencana lahar dingin / sedimentasi yaitu melakukan identifikasi daerah yang memiliki potensial terkena dampak bencana sedimentasi. Dengan mengetahui arah pergerakan aliran debris dan besarnya jangkuan aliran debris resiko kerusakan dapat dikurangi. Dalam penelitian ini identifikasi daerah rawan bencana sedimentasi dilakukan dengan melakukan simulasi menggunakan Simlar V.1.1.2011. Daerah rawan bencana sedimentasi diperoleh berdasarkan simulasi variasi curah hujan rata - rata maksimum dengan variasi sungai tanpa dan menggunakan bangunan sabo.

Untuk verifikasi hasil simulasi, hasil simulasi yang diperoleh akan dibandingkan dengan peta rawan bencana yang di keluarkan BNPB pada tahun 2011. Hasil simulasi akan dijelaskan sebagai berikut :

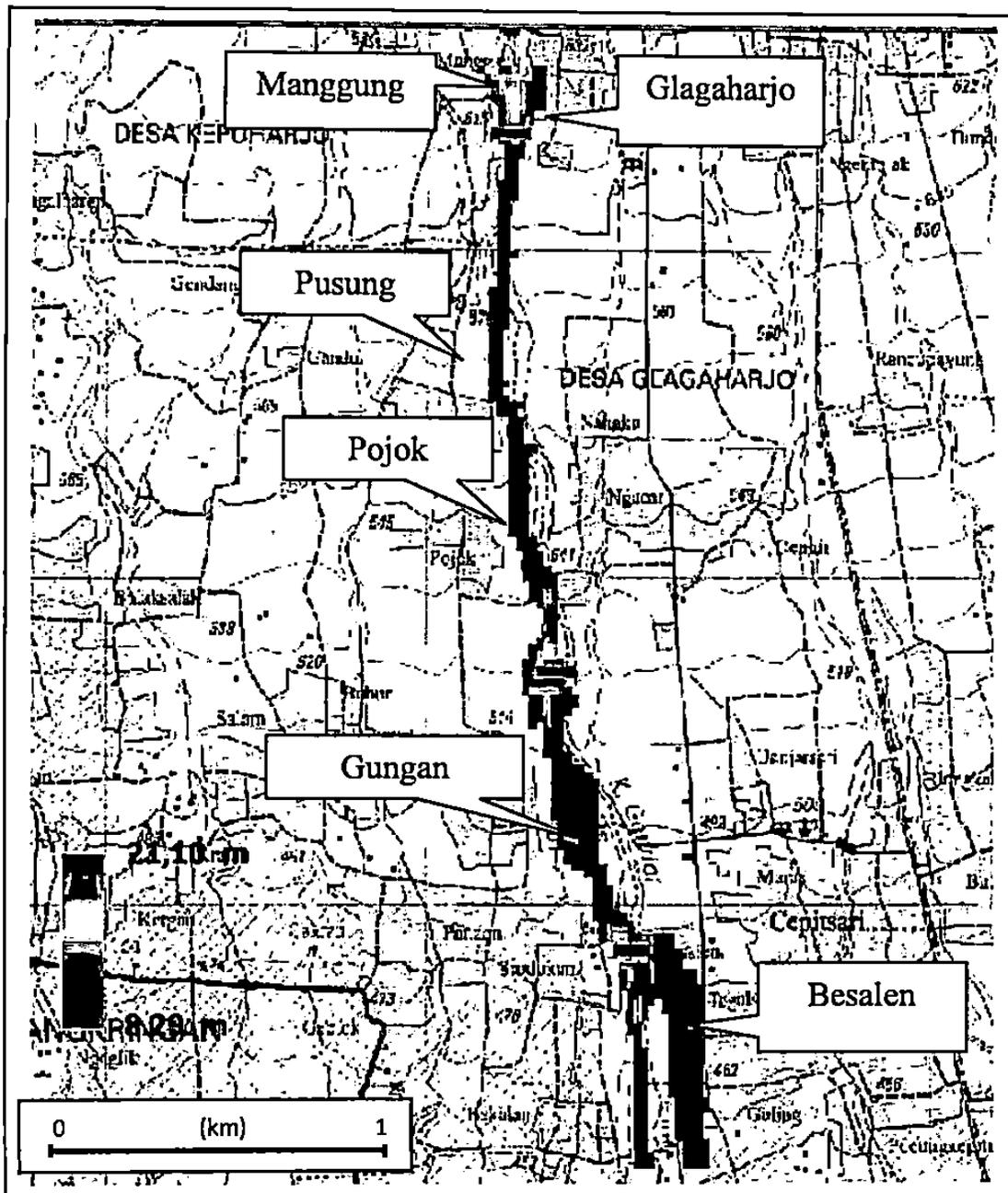
1. Daerah rawan bencana lahar dingin / sedimentasi berdasarkan hasil simulasi akibat tinggi hujan rata – rata maksimum 44,75 mm dengan variasi sungai menggunakan dan tidak menggunakan bangunan sabo. Hasil simulasi aliran debris pada sungai tidak menggunakan bangunan sabo ditunjukkan pada



Gambar 5.22 Hasil simulasi dengan tinggi hujan 44,75 mm tanpa bangunan Sabo

Hasil simulasi Kali Gendol tanpa menggunakan bangunan sabo yang ditunjukkan oleh Gambar 5.22, diketahui daerah di sekitar bantaran Kali Gendol yang rawan terkena bencana banjir lahar dingin sebagai berikut : dusun Manggung, Glagaharjo, Pusung, Pojok, dan Gungan. Hasil simulasi tiap ordinat hidrograf ditunjukkan pada *Lampiran 3*

Hasil simulasi dengan kondisi sungai menggunakan bangunan sabo yang

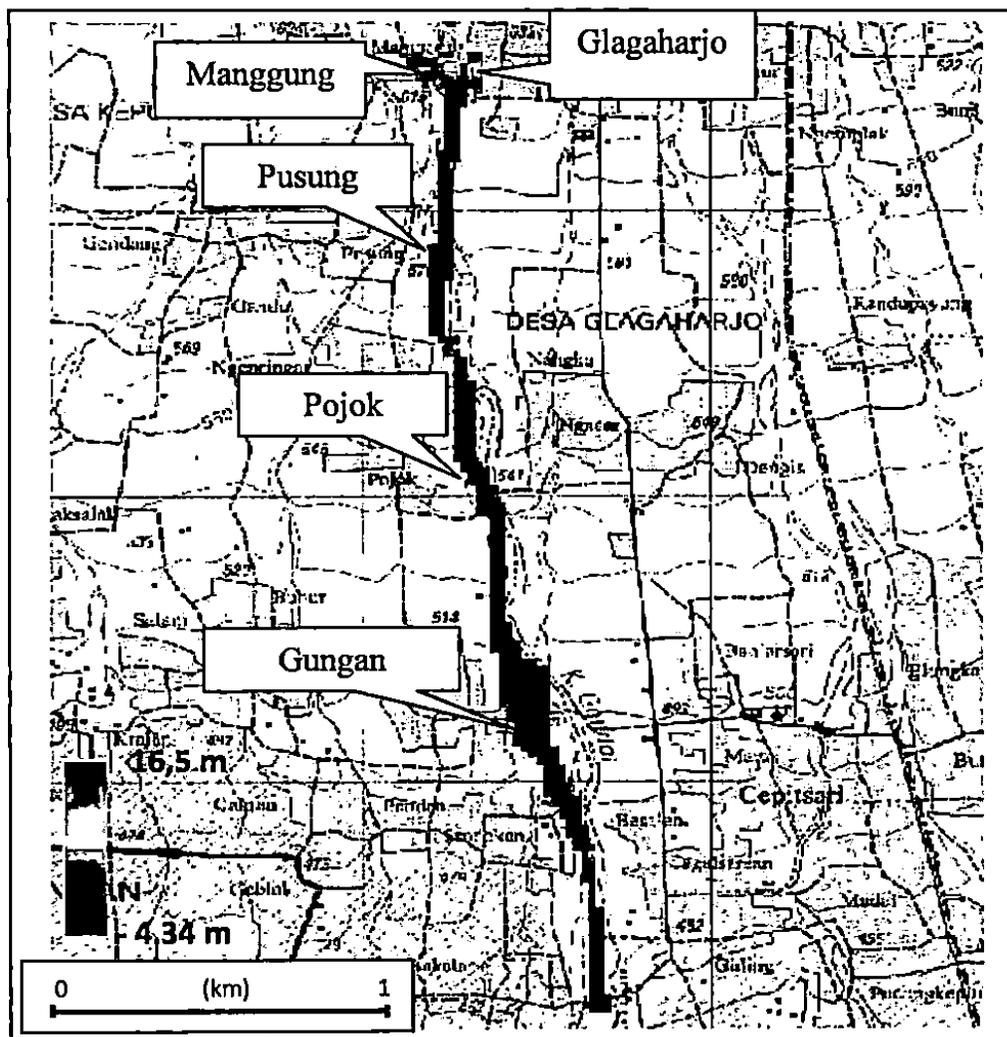


Gambar 5.23 Hasil simulasi dengan tinggi hujan 44,75 mm menggunakan bangunan Sabo

Hasil simulasi menggunakan bangunan sabo yang ditunjukkan oleh Gambar 5.23 diketahui daerah di sekitar bantaran Kali Gendol yang rawan terkena bencana banjir lahar dingin adalah dusun Manggung, Glagaharjo, Pusung,

Diikuti dengan Besalen. Hasil simulasi tiap ordinat hidrograf ditunjukkan

2. Daerah rawan bencana banjir lahar dingin berdasarkan hasil simulasi akibat tinggi hujan rata – rata maksimum 63,14 mm. Hasil simulasi aliran debris pada sungai tidak menggunakan bangunan sabo ditunjukkan pada Gambar 5.24.

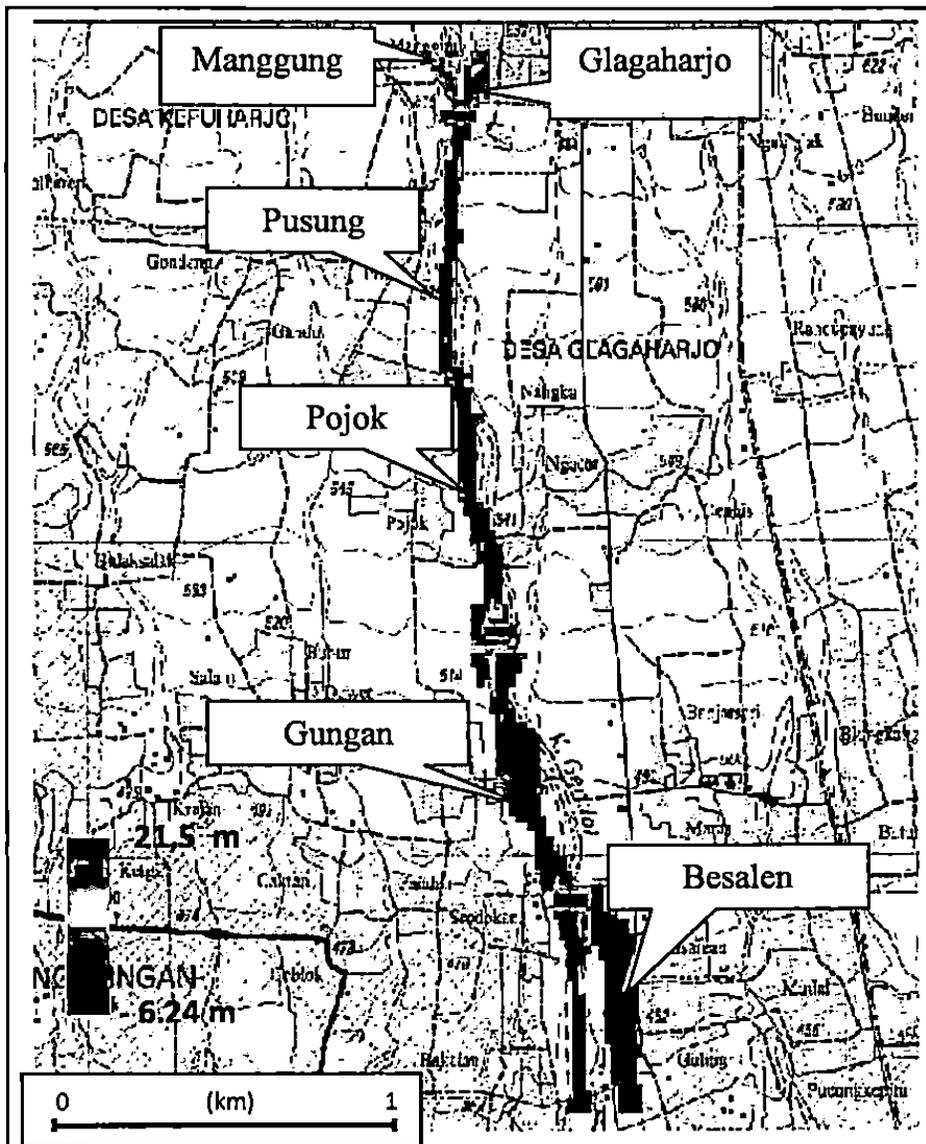


Gambar 5.24 Hasil simulasi dengan tinggi hujan 63,14 mm tanpa bangunan Sabo

Hasil simulasi tanpa bangunan sabo yang ditunjukkan oleh Gambar 5.24 diketahui daerah di sekitar bantaran Kali Gendol yang rawan terkena bencana banjir lahar dingin adalah dusun Manggung, Glagaharjo, Pusung, Pojok, dan

G... Hasil simulasi titik ordinat hidrograf ditunjukkan pada Lampiran 4

Hasil simulasi dengan kondisi sungai menggunakan bangunan sabo yang ditunjukkan pada gambar 5.25.

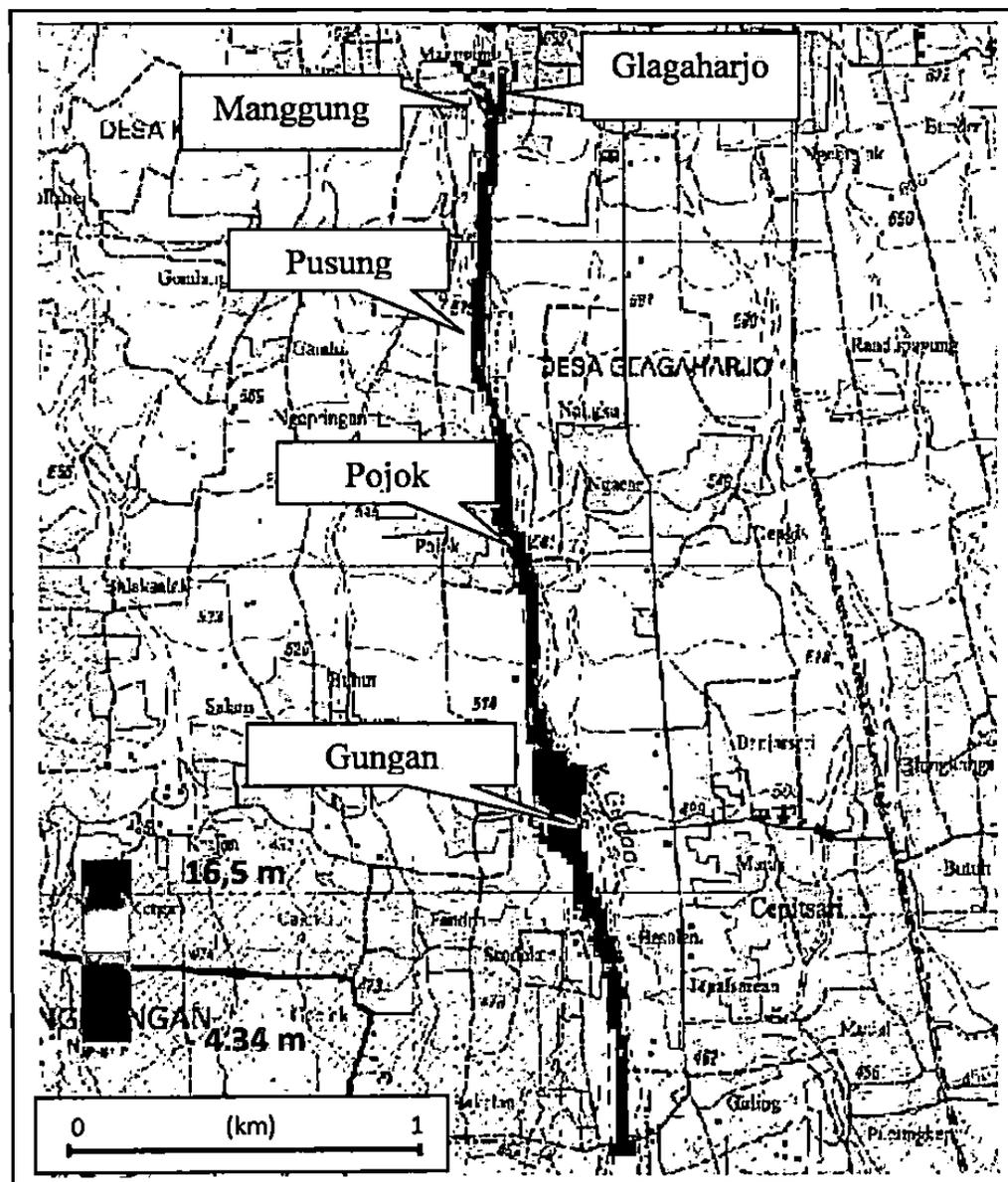


Gambar 5.25 Hasil simulasi dengan tinggi hujan 63,14 mm menggunakan bangunan sabo

Hasil simulasi menggunakan bangunan sabo yang ditunjukkan oleh Gambar 5.25 diketahui daerah di sekitar bantaran Kali Gendol yang rawan terkena bencana banjir lebar di bagian dusun Manggung, Glagaharjo, Pusung, Pojok

Gungan dan Besalen. Hasil simulasi tiap ordinat hidrograf ditunjukkan pada *Lampiran 4*.

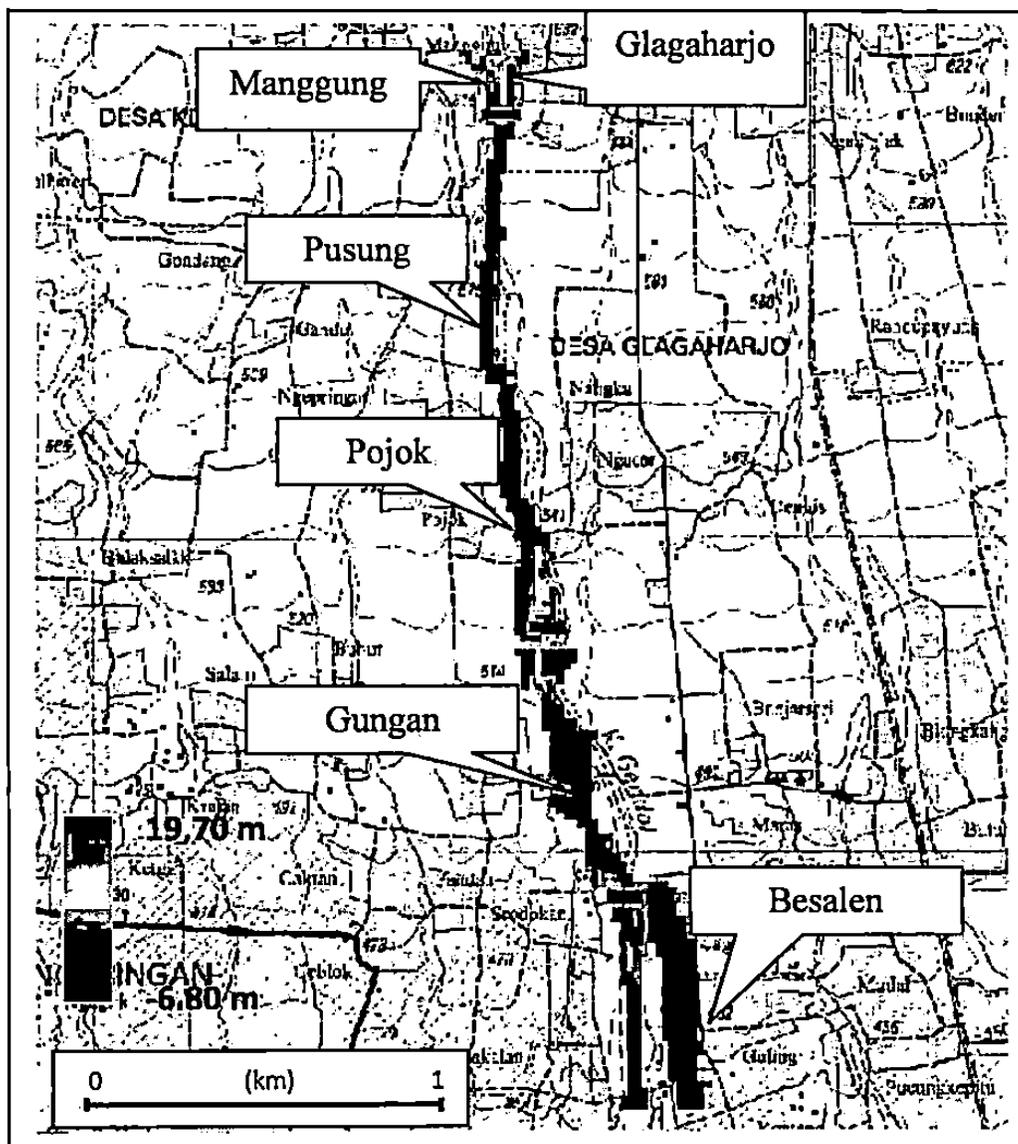
3. Daerah rawan Bencana Banjir lahar dingin berdasarkan hasil simulasi akibat tinggi hujan rata – rata maksimum 84,85 mm. Hasil simulasi aliran debris pada sungai tidak menggunakan bangunan sabo ditunjukkan pada Gambar 5.26.



Gambar 5.26 Hasil simulasi dengan tinggi hujan 84,85 mm tanpa

Hasil simulasi tanpa bangunan Sabo yang ditunjukkan oleh Gambar 5.26 diketahui daerah di sekitar bantaran Kali Gendol yang rawan terkena bencana banjir lahar dingin adalah dusun Manggung, Glagaharjo, Pusung, Pojok seluas dan Gungan. Hasil simulasi tiap ordinat hidrograf ditunjukkan pada *Lampiran 5*.

Hasil simulasi dengan kondisi sungai menggunakan bangunan sabo yang ditunjukkan pada gambar 5.27.



Gambar 5.27 Hasil simulasi dengan tinggi hujan 84,85 mm menggunakan bangunan sabo

Hasil simulasi menggunakan bangunan sabo yang ditunjukkan oleh Gambar 5.27 diketahui daerah di sekitar bantaran Kali Gendol yang rawan terkena bencana banjir lahar dingin adalah dusun Manggung, Glagaharjo, Pusung, Pojok, Gungan dan Besalen. Hasil simulasi tiap ordinat hidrograf ditunjukkan pada *Lampiran 5*.

Dari hasil simulasi (Gambar 5.22 s/d 5.27) dapat dilihat bahwa daerah yang paling rawan terkena dampak bencana banjir lahar dingin adalah bagian barat bantaran Kali Gendol lebih besar dibanding bagian bantaran timur kali Gendol, berikut luasan area yang terkena dampak bencana banjir lahar dingin yang ditunjukkan tabel 5.21.

Tabel 5.21 Luas area yang terkena dampak bencana banjir lahar dingin

No	Dusun	Luasan area terkena dampak (ha)			Luasan area terkena dampak (ha)		
		Tanpa bangunan sabo			Ada bangunan sabo		
		44,45 mm	63,14 mm	84,85 mm	44,45 mm	63,14 mm	84,85 mm
1	Manggung	1,5	1,17	0,73	0,27	1,09	0,82
2	Glagaharjo	2,04	1,89	2,05	2,55	3,07	3,24
3	Pusung	1,90	0,83	1,87	1,87	3,28	2,35
4	Pojok	2,78	2,35	3,46	4,07	5,31	4,57
5	Gungan	5,16	6,11	5,21	4,54	5,88	5,34
6	Besalen	0,00	0,00	0,00	8,15	6,28	8,52

Sumber : Hasil simulasi dan pengukuran dengan ArcGis Map

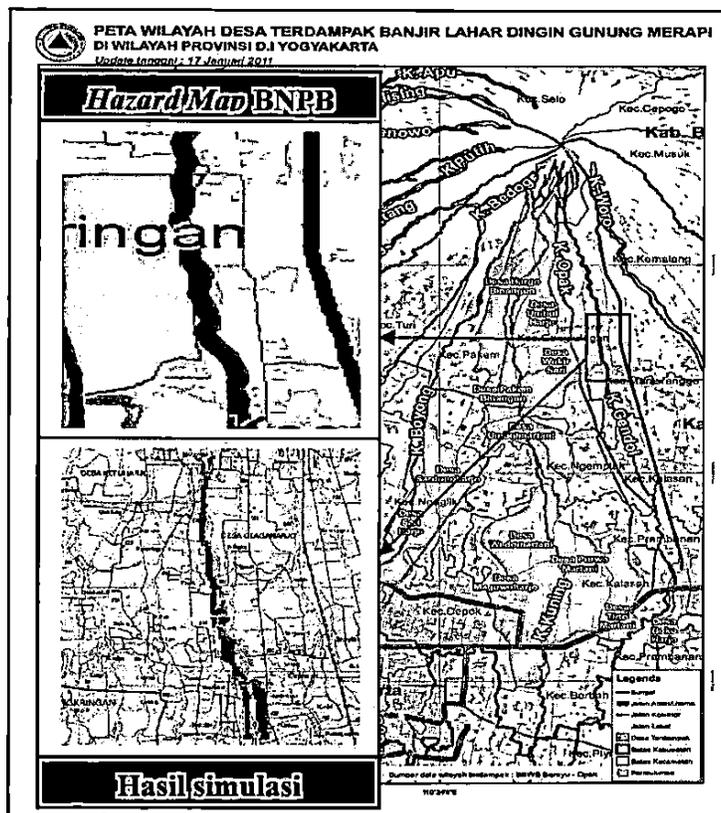
Luas area yang ditunjukkan oleh Tabel 5.21 diatas menunjukkan dapat diketahui bahwa masing – masing luasan desa mengalami banjir lahar dingin yang dipengaruhi oleh curah hujan dan faktor efektifitas bangunan sabo, terlihat dusun

Besalen ketika menggunakan bangunan sabo banjir lahar dingin merambat ke

dusun Besalen, hal ini dikarenakan oleh kapasitas tampung bangunan sabo GE – C12 tidak mampu menahan aliran debris yang meluncur dari hulu akibatnya terjadi erosi dan sedimentasi merambat ke dusun Besalen.

Ketika alur tidak menggunakan bangunan sabo desa Besalen tidak terkena rambatan banjir lahar dingin, hal ini dikarenakan aliran masih meluncur ke hilir tanpa ada hambatan.

Hasil simulasi yang telah diperoleh akan dibandingkan dengan peta daerah rawan bencana sedimentasi yang dikeluarkan oleh BNPB pada tahun 2011 guna untuk menverifikasikan hasil simulasi. Berikut Peta BNPB ditunjukkan pada Gambar 5.28 di bawah ini :



Gambar 5.28 Verifikasi hasil simulasi dengan Peta Daerah Rawan Bencana sedimentasi BNPB, 2011

Menurut gambar 5.28 daerah bantaran Kali Gendol sebelah barat rawan terkena dampak bencana banjir lahar dingin apabila dibandingkan dengan hasil simulasi (Gambar 5.22 – Gambar 5.27). Hasil simulasi menunjukkan bahwa daerah bantaran sebelah timur Kali Gendol juga termasuk daerah rawan bencana yaitu desa Galagaharjo dan dusun Besalen termasuk daerah rawan bencana banjir lahar dingin. Perbedaan hasil simulasi dengan peta daerah rawan bencana sedimentasi BNPB tahun 2011 dikarenakan kondisi topografi data DEM yang digunakan untuk inputan simulasi tidak memiliki ketelitian yang sama persis dengan keadaan topografi di lapangan.