

STUDI PENGARUH BANJIR LAHAR DINGIN TERHADAP PERUBAHAN KARAKTERISTIK MATERIAL DASAR SUNGAI

Jazaul Ikhsan¹, Arizal Arif Fahmi²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta

*Email: jazaul.ikhsan@umy.ac.id

Abstrak

Erupsi Merapi pada tahun 2010 merupakan erupsi yang terbesar dalam kurun waktu 50 tahun terakhir dengan menyisakan endapan material yang cukup banyak jumlahnya di sekitar lereng gunung tersebut. Endapan material akan terbawa ke arah hilir sungai sebagai banjir lahar dingin, ketika intensitas hujan yang memadai sebagai pemicu lahar dingin terjadi di lereng Merapi. Dampak banjir lahar berpengaruh terhadap kondisi fisik sungai di bagian hilir, termasuk Sungai Opak dan Progo yang beberapa anak sungainya berhulu di Gunung Merapi. Salah satu perubahan fisiknya adalah perubahan karakteristik material dasar sungai. Perubahan kondisi material dasar sungai akan berpengaruh terhadap lingkungan dan infrastruktur yang ada di sungai tersebut. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian untuk mengetahui pengaruh lahar dingin terhadap perubahan karakteristik material dasar sungai, khususnya Sungai Opak pasca erupsi Merapi 2010. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan material dasar Sungai Opak bagian hilir yang diakibatkan oleh aliran lahar dingin pasca erupsi Merapi 2010 dan angkutan sedimen yang terjadi pada pias sungai tersebut. Parameter yang digunakan untuk menilai perubahan material dasar sungai adalah tipe grain size dan porositas material dasar sungai tersebut. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui besarnya angkutan sedimen adalah persamaan Einstein. Penelitian dilakukan di 5 titik tinjauan yang sudah ditentukan. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan tipe grain size dan porositas material dasar sungai. Berdasarkan analisa angkutan sedimen, telah terjadi fenomena degradasi dan agradasi di titik-titik tinjauan.

Kata kunci: angkutan sedimen, banjir lahar, grain size, porositas, Sungai Opak

1. PENDAHULUAN

Gunung Merapi mulai yang aktif sejak tahun 1548 hingga saat ini telah bererupsi sebanyak 68 kali, dan erupsi yang terakhir terjadi pada tanggal 26 Oktober 2010. Hasil erupsi terendapkan di lereng Gunung Merapi, khususnya lereng bagian barat dan selatan. Salah satu sungai yang berhulu di lereng Merapi bagian selatan adalah Sungai Opak. Sungai Opak mempunyai dua anak sungai yang berhulu di Merapi, yaitu Sungai Opak dan Sungai Gendol. Kedua anak sungai ini bertemu menjadi satu alur sungai, yaitu Sungai Opak di dusun Tempur, Nganglik, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Pasca letusan Gunung Merapi pada tahun 2010, telah terjadi lahar dingin dengan frekuensi yang cukup tinggi, terutama ketika terjadi intensitas hujan yang tinggi, pada kedua anak Sungai Opak tersebut. Di Gunung Merapi, potensi banjir lahar cukup besar di sebabkan oleh beberapa faktor antara lain: (a) curah hujan yang cukup tinggi, antara 2,600-3,000 mm, (b) endapan sedimen yang besar, sebagai contoh, menurut BPPTK, letusan tahun 2010 menghasilkan material tidak kurang dari 100 juta m³ dan (c) kemiringan sungai yang mencukupi, dimana di atas elevasi 1,000 bervariasi antara 1/1-1/6. Kerusakan dari banjir lahar dingin letusan Gunung Merapi tersebut mengakibatkan perubahan pada alur Sungai Opak dan ekosistem di sekitarnya. Endapan lahar dingin hasil erupsi Gunung Merapi 2010 dapat merubah porositas dan elevasi dasar sungai maka perlu dilakukan kajian pengaruh suplai sedimen terhadap perubahan grain size dan pengaruh suplai sedimen terhadap degradasi atau agradasi elevasi dasar sungai.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui grain size material dasar Sungai Opak di titik tinjauan, mengetahui porositas material dasar Sungai Opak di titik tinjauan, mengetahui angkutan sedimen di titik tinjauan dan mengetahui pengaruh angkutan sedimen terhadap perubahan degradasi atau agradasi elevasi dasar sungai pada titik tinjauan.

METODOLOGI

Studi/kajian ini dilakukan untuk mengetahui grain size, porositas, angkutan sedimen dan agradasi atau degradasi Sungai Opak erupsi Gunung Merapi 2010. Tahapan penelitian dilakukan dengan urutan sebagai berikut: a. survei pendahuluan, b. survei pengambilan data, c. Perhitungan porositas dengan metode Sulaiman, d. analisa angkutan sedimen dengan persamaan Einstein dan e. analisa degradasi/agradasi. Data yang diperlukan untuk analisa diperoleh dari hasil survei yang dilakukan pada tanggal 23-24 Pebruari 2015. Survei dilakukan pada beberapa titik tinjauan seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Lokasi Penelitian

No	Lokasi	Elevasi	Koordinat
1	Sungai Opak di Jembatan Segoroyoso	+65 m	E 110°24'507" S 07°52'610"
2	Sungai Opak di JembatanSindet	+50 m	S 07° 53' 653" E 110°23'222"
3	Sungai Opak di Jembatan jl ImogiriTimur	+48 m	S 07° 54' 210" E 110° 23' 33"
4	Sungai Opak di Jembatan jl Manding Imogiri	+44 m	S 07° 54' 630" E 110° 22' 31"
5	Sungai Opak di Jembatan jl Parangtritis	+26 m	S 07° 59' 469" E 110° 18' 828"



Gambar 1. Lokasi penelitian

2.1 Porositas

Untuk mengetahui porositas pada penelitian ini menggunakan persamaan yang di kembangkan oleh Sulaiman (2008). Porositas dapat dihitung setelah distribusi ukuran butiran diperoleh. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{\log d_{max} - \log d_{50}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \tag{1}$$

$$\beta = \frac{\log d_{max} - \log d_{peak}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \tag{2}$$

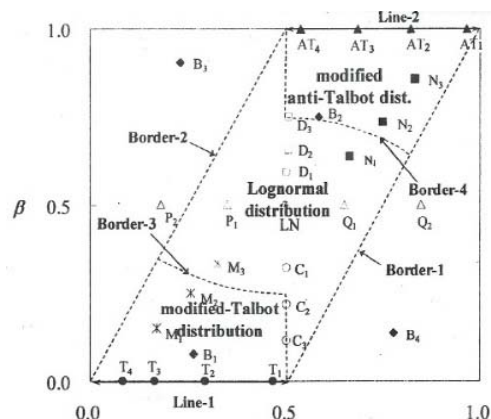
dengan :

d_{max} = diameter maksimal

d_{min} = diameter minimal

d_{50} = diameter tengah

d_{peak} = diameter puncak



Gambar 2. Grafik hubungan γ dan β dengan tipe distribusi ukuran

Selanjutnya, nilai porositas dihitung dengan persamaan berikut:

a. Distribusi lognormal

$$\sigma_1^2 = \sum_{j=1}^N (Ind_j - Ind)^2 P_{sj} \tag{3}$$

dengan ketentuan :

$$\gamma = (0,1561 \text{ jika } 1,5 > \sigma) \tag{4}$$

$$\gamma = (0,0465\sigma) + 0,2258 \text{ jika } (1,25 < \sigma < 1,5) \tag{5}$$

$$\gamma = (-0,141\sigma) + 0,3445 \text{ jika } (1 < \sigma < 1,25) \tag{6}$$

$$\gamma = (-0,105\sigma) + 0,3088 \text{ jika } (0,75 < \sigma < 1,0) \tag{7}$$

$$\gamma = (-0,1871\sigma) + 0,3698 \text{ jika } (0,5 < \sigma < 0,75) \tag{8}$$

dengan:

- σ = standar deviasi
- d = diameter butir
- j = kelas ukuran butir
- p_{sj} = proporsi kelas j
- γ = porositas

Tipe distribusi ukuran butir log normal adalah yang sering terjadi pada kondisi sungai yang masih alamiah, dan komposisi material dasar sungai umumnya masih berimbang antara material butir halus dengan material butir kasar.

b. Distribusi tallbot

$$n_T(x\%) = \frac{\ln(f(D_{x\%}))}{\ln\left(\frac{\log D_{x\%} - \log D_{\min}}{\log D_{\max} - \log D_{\min}}\right)} \tag{9}$$

$$n_T = \frac{n_T(16\%) + n_T(25\%) + (50\%) + n_T(75\%) + n_T(85\%)}{5} \tag{10}$$

dengan ketentuan:

$$(100 \leq d_{\max}/d_{\min}) \gamma = 0,0125 n_T + 0,3 \tag{11}$$

$$(1000 \leq d_{\max}/d_{\min}) \gamma = 0,0125 n_T + 0,15 \tag{12}$$

dengan:

$f(d)$ = persen komulatif butiran halus

n_T = angka Talbot

Tipe distribusi M Talbot sering terjadi di sungai vulkanik di mana material dasar sungai umumnya didominasi oleh material halus atau sebaliknya didominasi oleh material kasar.

2.2 Angkutan Sedimen

Angkutan sedimen atau *transport sediment* merupakan suatu peristiwa terangkutnya material oleh aliran sungai. Angkutan sedimen dalam penelitian ini adalah angkutan sedimen dasar (*bed load*) dan pda penelitian ini angkutan sedimen diperoleh dengan menggunakan persamaan Einstein (Kironoto, 1997). Langkah untuk dapat menghitung angkutan sedimen dasar sebagai berikut:

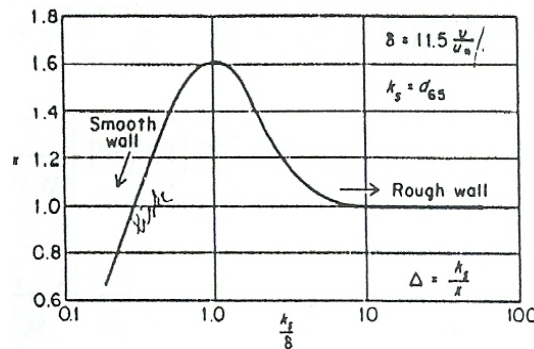
- a. Asumsikan R_b .
- b. Kecepatan aliran rata-rata (v), untuk mengetahui x digunakan Gambar 3.

$$v = 5,75u' \log\left(12,27 \frac{R_b' x}{k_s}\right) \tag{13}$$

dengan :

v = kecepatan aliran rata-rata, R_b' = jari-jari hidrolis, x = faktor koreksi pengaruh *viskositas*,

$k_s = d_{65}$ (kekasaran butiran).



Gambar 3. Faktor koreksi dalam persamaan distribusi kecepatan logaritmik

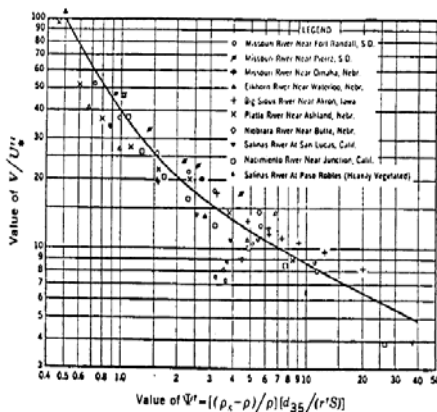
c. Intensitas aliran, Ψ' dan hubungan antara $\frac{v}{u''}$ dengan menggunakan gambar 3.

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d_{35}}{SRb'} \tag{14}$$

dengan:

Ψ' = intensitas aliran, γ_s = berat spesifik sedimen, γ = berat spesifik air, d_{35} = parameter angkutan.

Rb' = jari-jari hidrolis, S = slope/kemiringan dasar saluran.



Gambar 4. Grafik hubungan antara $\frac{v}{u''}$ dengan Ψ'

d. Jari-jari hidraulik akibat konfigurasi dasar

$$u' = \sqrt{gR_b''S} \quad Rb'' = \frac{(U')^2}{gS} \tag{15}$$

Jari-jari hidraulik total diperoleh:

$$Rb = Rb' + Rb'' \tag{16}$$

dengan:

R_b = jari-jari hidrolis total, R_b' = jari-jari hidrolis rencana/coba-coba, R_b'' = jari-jari hidrolis akibat konfigurasi dasar, U' = kecepatan gesek akibat konfigurasi dasar, g = gravitasi, s = slope.

e. Hitung $Q = V * A$, Jika Q hasil hitungan sama dengan nilai Q awal maka perhitungan sudah benar, jika belum sama maka asumsikan kembali nilai Rb' sampai nilai Q hasil hitungan dan nilai Q awal sama.

f. besar angkutan sedimen untuk fraksi butiran ukuran d_i , untuk Φ diperoleh dari Gambar 5.

$$(i_b q_b)_1 = i_b \Phi \frac{\rho_s}{g} (gD_1)^{3/2} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{1/2} \tag{17}$$

dengan:

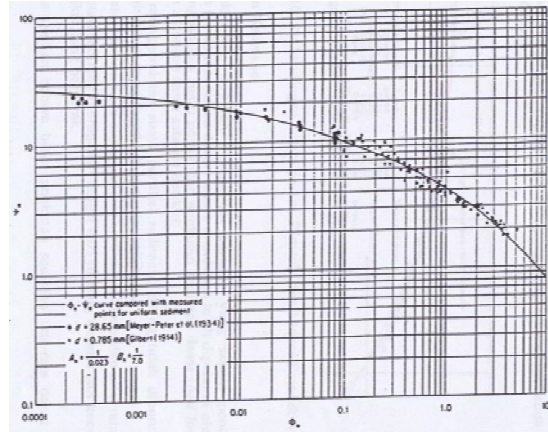
i_b = fraksi kelas ukuran i dalam material dasar, q = angkutan muatan dasar dalam berat per satuan waktu dan lebar, g = percepatan gravitasi, d_i = diameter ukuran butir kelas I , ρ = rapat massa air, ρ_s = rapat massa sedimen, ϕ = intensitas angkutan.

g. Jadi besar angkutan sedimen dapat dihitung dengan Persamaan 18

$$q_B = (\sum i_b q_b) \times 60 \text{ detik} \times 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam} \times \mathbf{B} \tag{18}$$

dengan:

q_B = jumlah angkutan sedimen dasar sungai per hari(ton/hari), \mathbf{B} = lebar saluran/sungai.



Gambar 5. Grafik Einstein

2.3 Degradasi atau Agradasi

Degradasi terjadi apabila tenaga gravitasi sedimen lebih kecil daripada tenaga turbulensi aliran maka dasar sungai akan terkikis, sedangkan agradasi terjadi apabila tenaga gravitasi sedimen lebih besar daripada tenaga turbulensi aliran maka partikel sedimen akan menggendap (Soewarno, 1991).

$$V = \frac{b_1 + b_2}{2} \times L \times d \tag{18}$$

dengan : V = volume sedimen yang terendap/tererosi, b_1 = lebar dasar sungai di hulu, b_2 = lebar dasar sungai di hilir, L = jarak hulu dengan hilir, d = nilai degradasi/agradasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Porositas

Hasil perhitungan porositas sedimen dasar Sungai Opak ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil perhitungan porositas

Titik	D50	dpuncak	Gamma	Beta	Tipe Distribusi	Standar Deviasi	Porositas
1	0,001114	0,001669	0,4426	0,3592	LN	1,08526	0,191
2	0,000819	0,001669	0,5061	0,3592	LN	1,3874	0,290
3	0,001965	0,006718	0,4679	0,0716	M Talbot	1,0468	0,29731
4	0,001731	0,006718	0,4935	0,0716	M Talbot	1,5793	0,29746
5	0,00864	0,006718	0,4951	0,0716	M Talbot	1,81721	0,29774

Dari hasil analisis perhitungan porositas menunjukkan semakin ke hilir porositas akan mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan tipe distribusi ukuran butiran dari log normal menjadi tipe M Talbot, yang disebabkan kemampuan aliran untuk mengangkut sedimen semakin ke hilir semakin kecil. Sehingga material dasar sungai di daerah hilir mempunyai kecenderungan material halus dominan dibandingkan di daerah yang lebih hulu (Soewarno, 1991). Kesimpulan yang diperoleh adalah besar kecilnya nilai porositas material dasar sungai dipengaruhi oleh tipe distribusi ukuran butiran dan standar deviasi, semakin besar standar deviasi maka porositas juga semakin besar.

3.2 Angkutan Sedimen

Hasil analisis mengenai angkutan sedimen di titik-titik tinjauan ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil perhitungan angkutan sedimen

Titik	Q ($m^3/detik$)	B (m)	S	D35 (mm)	D65 (mm)	Rb' (m)	Qb (kg/hari)
1	12,311	22,5	0,0027453	0,42	0,91	0,24	846,879
2	20,2111	49,4	0,00211	0,62	1,5	0,17	1437,289
3	21,183	51,2	0,00233	0,29	0,5	0,21	1218,892
4	22,451	51,2	0,00215	0,25	1,1	0,18	1126,418
5	29,855	88,1	0,00204	0,26	1,9	0,225	3376,075

Dari hasil analisis angkutan sedimen menunjukkan bahwa terjadi erosi/degradasi pada pias 2 (antara titik 2 dan 3) dan pias 3 (antara titik 3 dan 4). Proses sedimentasi/agradasi terjadi pada pias 1 (antara titik 1 dan 2) dan pias 4 (antara titik 4 dan 5). Namun demikian karena selisih angkutan sedimen di tiap-tiap titik tidak terlalu besar, maka dapat disimpulkan bahwa potensi degradasi dan agradasi relatif kecil. Hal ini disebabkan karena debit hasil pengukuran dianggap sama besar dengan debit harian selama setahun. Parameter yang mempengaruhi jumlah angkutan sedimen adalah Q , B , dan ukuran butiran terutama d_{65} , apabila semua parameter mengalami kenaikan maka jumlah angkutan sedimen juga akan mengalami kenaikan (Soemarto, 1991).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian mengenai porositas, dan pengaruh angkutan sedimen terhadap degradasi atau agradasi pada sungai opak dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil analisis porositas di titik 1 sampai titik 5 menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi besar kecilnya porositas adalah tipe distribusi ukuran butiran dan jumlah standar deviasi, apabila jumlah standar deviasi semakin besar maka porositas dasar sungai juga semakin besar.
- Dari hasil analisis angkutan sedimen di titik 1 sampai titik 5 dapat dilihat bahwa jumlah angkutan sedimen terbesar terjadi pada titik 5.
- Dari hasil analisis degradasi atau agradasi dapat disimpulkan bahwa suplai sedimen mempengaruhi terjadinya agradasi atau degradasi apabila jumlah angkutan sedimen di hulu besar dari pada di hilir maka akan terjadi agradasi, dan apabila jumlah angkutan sedimen di hulu lebih kecil dari pada di hilir maka akan terjadi degradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Kironoto, B. A. 1997. *Hidraulika Transpor Sedimen*. Program Studi Teknik Sipil Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Soemarto, C.D, 1995. *Hidrologi Teknik*, Ed.2, Erlangga, Jakarta.
- Soewarno. 1991. *Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*, Nova, Bandung.
- Sulaiman, M,. 2008. *Study on porosity of sediment mixtures and a Bed-porosity Variation model, tesis*, Program Studi Teknik Sipil Program Pascasarjana, Universitas Tokyo, Tokyo.