

PERENCANAAN SABO DAM KALI PUTIH (KM 16,7) KABUPATEN MAGELANG JAWA TENGAH

Nanda Anjaribowo, Dwi Indra Setyawan, Salamun^{*)}, Hary Budienny^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Gunung Merapi (2980 mdpl) adalah salah satu gunung berapi paling aktif di dunia yang terletak di Propinsi Jawa Tengah. Gunung Merapi terakhir kali mengalami erupsi pada tahun 2012 dan menimbulkan aliran lahar dingin dalam jumlah besar dan memiliki daya rusak tinggi. Aliran lahar dingin tersebut mengalir hampir ke seluruh sungai yang berada di lereng Gunung Merapi, salah satunya yaitu Kali Putih. Kali Putih merupakan sungai yang memiliki potensi bahaya cukup besar dikarenakan lokasinya terletak cukup dekat dengan pemukiman penduduk. Untuk mengurangi potensi bahaya tersebut, dilakukan upaya pencegahan berupa pembuatan bangunan pengendali sedimen (Sabo Dam). Data-data yang dibutuhkan adalah data hidrologi berupa data curah hujan harian, data penyelidikan tanah, peta DAS Kali Putih, peta topografi dan peta geometri sungai. Data-data dan referensi tersebut diolah dan dijadikan dasar perencanaan Main Dam, Sub Sabo Dam, Apron, dan lain sebagainya. Setelah proses pengolahan data selesai, didapat hasil berupa tinggi total Main Dam sebesar 8,55 meter, tinggi total Sub Sabo Dam sebesar 2,79 meter, panjang Apron sebesar 6,1 m dan volume tampungan sebesar 8.100 m³, dengan total biaya sebesar Rp.1.470.615.000,00 (termasuk PPN) dan masa konstruksi selama 14 minggu. Pembangunan Sabo Dam akan lebih optimal jika disertai dengan sistem pemeliharaan yang baik oleh dinas terkait sehingga diharapkan prosentase wilayah terdampak Aliran Lahar Dingin Kali Putih akan berkurang secara signifikan.

kata kunci : Sabo Dam, Kali Putih, sedimen, Gunung Merapi, lahar dingin

ABSTRACT

Mount Merapi (2980) meters above sea level), one of the most active volcanoes in the world, located in Central Java Province. Mt. Merapi last erupted in 2012, producing a large number of volcanic materials which has highly destructive force. This flow happened on almost all of the rivers in Mt. Merapi hillside, such as Kali Putih for example. Kali Putih has a big potential of damage because of its location, near rural areas. Referring to the above mentioned, the preventive effort of disasterous effect need to be done to decrease the damages by using Sabo Dam. The data we need to design it are hydrological data such as annual daily rainfalls data and Kali Putih catchment area map, soil investigation data, a topographic map and geometric river map. Those data will be processed and used as the

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

basis for designing the Main Sabo Dam, Sub Sabo Dam, Apron and etc. The results of Sabo Dam design are: total height of Main Dam is 8,55 meters, total height of Sub Sabo Dam is 2,79 meters, length of Apron is 6,1 meters, sediment storage capacity is 8.100 m³, the total cost is Rp.1.470.615.000,00 (including VAT) and the construction phase is 14 weeks. The construction of Sabo Dam will be more optimal if it is accompanied by a good maintenance system done by the related agencies, so that the percentage of the damaged covering areas will decrease significantly.

keywords: *Sabo Dam, Kali Putih, sediment, Mount Merapi, debris flow*

PENDAHULUAN

Pasca erupsi, Gunung Merapi menyisakan sejumlah material vulkanik berupa batu, pasir, dan abu. Material-material tersebut apabila bercampur dengan air hujan dalam jumlah besar akan membentuk suatu aliran yang disebut lahar dingin. Tingginya curah hujan dan kondisi lereng yang ada dapat menimbulkan aliran lahar yang memiliki daya rusak tinggi. Untuk mengurangi dampak negatif tersebut, perlu dibuat suatu bangunan pengendali sedimen (*Sabo Dam*) yang diletakkan pada sungai-sungai yang berpotensi dilalui aliran lahar dingin seperti Kali Putih, Kali Krasak, Kali Gendol, Kali Putih, dan lain sebagainya.

Berdasarkan data dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, daerah yang terkena dampak banjir lahar dingin terbesar pada erupsi Gunung Merapi 2012 yaitu wilayah disekitar Kali Putih. Oleh karena itu lokasi perencanaan bangunan pengendali sedimen (*Sabo Dam*) dalam penyusunan laporan tugas akhir ini difokuskan pada Kali Putih.

POKOK PERMASALAHAN

Faktor-faktor penyebab terjadinya aliran lahar dingin di wilayah Gunung Merapi dapat dibagi dalam tiga hal, yakni material sedimen, curah hujan, dan kemiringan dasar sungai. Faktor pertama yaitu material sedimen. Menurut Daryono (2011), peneliti pada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), material sedimen vulkanik pasca erupsi Merapi 2010 diperkirakan mencapai 30 juta meter kubik. Faktor kedua adalah tingginya curah hujan di wilayah Gunung Merapi. Faktor ketiga yakni kemiringan dasar sungai yang curam.

Berdasarkan ketiga faktor di atas, kemiringan dasar sungai merupakan satu-satunya faktor yang dapat direkayasa untuk meminimalisir efek negatif dari aliran lahar dingin dengan cara membangun bangunan pengendali sedimen (*Sabo Dam*). *Sabo Dam* berfungsi memperlambat aliran lahar dan memberikan waktu yang cukup untuk mengendapkan material vulkanis yang terlarut. Seiring bertambahnya jumlah material vulkanis yang mengendap, kemiringan dasar sungai akan menjadi semakin landai.

METODOLOGI

Lingkup perencanaan pembangunan *Sabo Dam* Kali Putih diuraikan menjadi enam bagian, yaitu identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis data, perencanaan konstruksi, rencana kerja dan syarat, serta rencana anggaran biaya.

Identifikasi masalah penting dilakukan untuk memprediksi, permasalahan yang mungkin terjadi, baik teknis maupun non teknis, sejauh mungkin.

Data-data yang dibutuhkan pada perencanaan *Sabo Dam* antara lain :

1. Data hidrologi, didapat dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Yogyakarta, berupa data curah hujan harian selama 10 tahun terakhir dari tiga pos pengamatan di daerah tersebut;
2. Data upah dan bahan, diperoleh dari SK Gubernur Nomor 289 Tahun 2011 Kabupaten Sleman;
3. Data peta topografi, geometri sungai, dan data geologi diperoleh dari PPK Pengendalian Lahar Gunung Merapi Yogyakarta;
4. Data mekanika tanah diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Undip berupa jenis dan lapisan tanah pada kedalaman tertentu beserta parameter-parameter lainnya seperti *grain size analysis*, *specific gravity* (G_s), *dry density* (γ_d), *cohesion* (c), *water content* (w), *permeability coefficient* (k), dan sudut geser dalam (ϕ).

Perencanaan konstruksi bangunan pengendali sedimen Kali Putih ini difokuskan pada perencanaan konstruksi *Main Dam*, *Sub Dam*, *Apron*, dan bangunan pendukung lainnya. Urutan kegiatan pada perencanaan *Sabo Dam* Kali Putih, antara lain:

1. Mengumpulkan data-data umum hasil survey;
2. Melakukan pengecekan kelengkapan data-data yang ada;
3. Menganalisis data yang ada dan mengolahnya agar dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya;
4. Melakukan perhitungan desain perencanaan teknis struktur;
5. Melakukan pengecekan terhadap stabilitas struktur;
6. Membuat gambar desain, *network planning*, *S-Curve*, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan Rencana Kerja dan Syarat (RKS).

Rencana Kerja dan Syarat (RKS) berisi tentang metode kerja dan syarat-syarat pekerjaan terkait dengan manajemen mutu (*Quality Control*) yang ada. Selain persyaratan teknis, di dalam RKS juga disebutkan mengenai syarat-syarat administrasi pada perencanaan *Sabo Dam* ini.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) mencakup tentang perhitungan upah tenaga kerja, kebutuhan alat berat, bahan material yang digunakan, perhitungan harga satuan pekerjaan, pembuatan *network planning*, *time schedule*, *man power curve*, dan kurva S pekerjaan.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis topografi dan geometri sungai berguna untuk menentukan batas dan luas daerah aliran sungai (DAS), menentukan posisi *Sabo Dam*, serta kemiringan rata-rata dasar sungai. Hal tersebut dapat dilakukan dengan bantuan peta topografi skala 1 : 25000.

Metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan maksimum tahunan DAS masing-masing pos pengamatan hujan yakni Metode *Thiessen*. Metode ini dipilih dengan alasan tidak meratanya letak pos pengamatan hujan serta tidak seragamnya kondisi topografi Kali Putih. Dari data diatas didapat curah hujan maksimum sehingga data tersebut dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Selanjutnya adalah penentuan distribusi

probabilitas yang meliputi distribusi Normal, Log-Normal, *Gumbel* dan *Log Pearson III*. Dari hasil perhitungan distribusi probabilitas tersebut didapat yang memenuhi syarat adalah distribusi *Log Pearson III*.

Berdasarkan hasil distribusi probabilitas yang terpilih yaitu distribusi *Log Pearson III* dilakukan uji parameter statistik dengan metode uji *Chi Square* dan *Smirnov – Kolmogorov*. Hasil dari uji parameter statistik tersebut adalah distribusi *Log Pearson III* memenuhi syarat dan dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan beberapa metode yaitu metode Rasional, *Weduwen*, *Hasper*, *HSS Gama I* dan *Passing Capacity*. Debit banjir maksimum ditentukan dengan mengambil nilai debit mendekati metode *Passing Capacity*, debit yang digunakan sebagai dasar pendesainan *Sabo Dam* adalah debit dengan periode ulang 20 tahun. Dari hasil perhitungan debit banjir terbesar didapat dari hasil perhitungan dengan metode *Weduwen* yaitu sebesar 35,06 m³/det. Debit banjir metode *Passing Capacity* hanya digunakan untuk mengetahui debit banjir pada saat muka banjir tertinggi sehingga metode ini tidak dapat digunakan sebagai dasar untuk mendesain *Sabo Dam*.

Debit Banjir Rencana *Sabo Dam*.

Dari perhitungan didapat debit banjir rencana *Sabo Dam* sebesar 35,06 m³/det.

Perencanaan *Main Dam*.

Berdasarkan perhitungan, didapat hasil-hasil sebagai berikut:

1. Tinggi efektif *Main Dam* direncanakan tidak lebih dari ketinggian tebing sungai di bagian hulu *Main Dam* sehingga didapat tinggi efektif *Main Dam* (H_m) sebesar 5 meter.
2. Lebar dasar pelimpah *Main Dam* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$B_1 = \alpha \times \sqrt{Q_d}$$

di mana :

B_1 = lebar dasar pelimpah *Main Dam* (m).

Q_d = debit banjir rencana.

α = koefisien limpasan

Dari hasil perhitungan lebar dasar pelimpah *Main Dam* (B_1) sebesar 13 meter.

3. Tinggi air di atas pelimpah *Main Dam* (h_w) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_d = (0,71 h_w + 1,77 B_1) \times h_w^{3/2}$$

di mana :

Q_d = debit banjir rencana.

h_w = tinggi air di atas pelimpah (m).

B_1 = lebar dasar pelimpah sebesar 1,36 meter.

4. Berdasarkan tabel tinggi jagaan, Tinggi jagaan (w) untuk debit rencana dibawah 200 m³/dt sebesar 0,6 meter.
5. Berdasarkan tabel lebar mercu pelimpah *main dam*, tebal mercu (b_d) diambil sebesar 3 meter.
6. Berdasarkan tabel Kedalaman minimum pondasi *Main Dam* maka kedalaman pondasi *Main Dam* (h_p) sebesar 2 meter.

Kemiringan badan *Main Dam* bagian hilir harus ditentukan berdasarkan syarat stabilitas bangunan, dengan nilai n sebesar 0,2 dan Kemiringan badan *Main Dam* bagian hulu untuk tinggi *Main Dam* (H) < 15 m yaitu 1 : m , dengan nilai m dihitung dengan persamaan berikut:

$$0 = (1 + \alpha)m^2 + [2(n + \beta) + (4\alpha + \gamma) 2\alpha\beta] m - (1 + 3\alpha) + \alpha\beta(4n + \beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2)$$

Dari persamaan diatas didapat $m = 0,3$ (bagian hulu).

Perencanaan *Sub Sabo Dam* dan Lantai Terjun (*Apron*).

Berdasarkan perhitungan, didapat hasil-hasil sebagai berikut:

1. Bentuk mercu dan kemiringan badan *Sub Sabo Dam* sama dengan bentuk mercu *Main Dam*.
2. Tinggi *Sub Sabo Dam* merupakan total dari tinggi pelimpah *Sub Sabo Dam* dari dasar *Main Dam* sebesar 1,09 meter dan kedalaman pondasi *Sub Sabo Dam* dari dasar *Main Dam* sebesar 1,5 m. Tinggi *Sub Sabo Dam* sebesar 2,59 m.
3. Tebal lantai dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$t = 0,1 \times (0,6 h_m + 3h_w - 1)$$

Di mana : t = tebal *Apron* (m).

h_m = tinggi efektif *Main Dam*

h_w = tinggi air di atas pelimpah *Main Dam*

Dari persamaan diatas,tebal lantai terjun/*Apron* sebesar 0,5 meter.

4. Panjang *Apron* ditentukan dengan persamaan rumus empiris dan teoritis. Dari hasil perhitungan dengan rumus empiris didapat panjang *Apron* sebesar 6 m dan dengan rumus teoritis sebesar 6,1 m. Panjang Lantai terjun/*Apron* diambil nilai paling besar dari kedua rumus tersebut sebesar 6,1 meter.
5. tinggi muka air diatas mercu sub sabo dam sampai permukaan lantai terjun.

$$h_j = \left(\frac{h_1}{2} \right) \cdot \left(\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1 \right)$$

Di mana : h_j = tinggi air pada titik terjun.

F_1 = angka froude

Perencanaan Bangunan Pelengkap.

Berdasarkan perhitungan, didapat hasil-hasil sebagai berikut:

1. Posisi dinding tepi (*sidewall revetment*) diletakkan tepi pelimpah *Main Dam* dengan tinggi 1,1 meter dari *Apron*.
2. Lubang drainase di *Main Dam* direncanakan dengan menggunakan persamaan berikut

$$Q_d = C \times A \times \sqrt{2gh}$$

Di mana :

Q_d = debit rencana

C = koefisien debit

A = luas lubang drainase (m²).

g = percepatan gravitasi =.

h = jarak pelimpah *Main Dam* sampai titik tengah lubang drainase

total lubang drainase yang dibutuhkan dapat dihitung sebagai berikut :

$$A = n_{\text{drain}} \times \text{luas lubang drainase}$$

Dari persamaan diatas lubang drainase (*drip hole*) direncanakan berbentuk persegi dengan ukuran 1 x 1,5 m sebanyak 5 buah.

3. Panjang Pelindung dasar sungai (*riverbed protection*) dihitung dengan menggunakan rumus *Hokkaido* dan rumus *Graaf*. Dengan rumus *Hokkaido* didapat nilai sebesar 3,1 m dan rumus *Graaf* sebesar 5,24 m. Panjang Pelindung dasar sungai diambil nilai paling kecil diantara kedua rumus tersebut yaitu sebesar 3,1 m.

Rencana Anggaran Biaya.

Berdasarkan perhitungan anggaran biaya yang mengacu pada Daftar Harga Satuan Pekerjaan dan Upah Kabupaten Semarang, biaya yang dibutuhkan untuk membangun *Sabo Dam* Kali Putih KM 16,7 yaitu sebesar Rp. 1.470.615.000,00 dengan masa pelaksanaan 14 minggu.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari Laporan Tugas Akhir “Perencanaan Bangunan Pengendali Sedimen Kali Putih KM 9,20” adalah sebagai berikut :

1. Kali Putih menampung aliran sedimen akibat erupsi Gunung Merapi dalam jumlah besar.
2. Bangunan *Sabo Dam* ini didesain untuk mengendalikan aliran sedimen Kali Putih dan meminimalisir ancaman bahaya banjir lahar dingin.
3. Luas daerah aliran sungai untuk *Sabo Dam* ini sebesar 5,53 km² dengan debit banjir rencana sebesar 35,06 m³/det.
4. Hasil perencanaan *Main Dam* berupa : tinggi *Main Dam* 5 m, kedalaman pondasi 2 m, tebal mercu *Main Dam* 3 m, lebar dasar *Main Dam* 13 m dengan kemiringan badan *Main Dam* arah hulu 0,3 dan arah hilir 0,2.
5. Hasil perencanaan *Sub Sabo Dam* berupa : tinggi *Sub Sabo Dam* 2,59 m, kedalaman pondasi 1,5 m, tebal mercu *Sub Sabo Dam* 3 m, lebar dasar *Sub Sabo Dam* 13 m, dengan kemiringan badan *Sub Sabo Dam* arah hulu 0,3 dan arah hilir 0,2.
6. Hasil perencanaan lantai *Apron* berupa : panjang lantai *Apron* 6,1 m dengan tebal lantai 0,5 m.
7. Konstruksi *Main Dam*, *Sub Sabo Dam* dan *Apron* menggunakan bahan beton bertulang.
8. Pada bagian hilir *Sub Sabo Dam* direncanakan *Riverbed Protection* sepanjang 3,1 m sebagai perlindungan terhadap gerusan berupa kawat bronjong berisi batu kali berdiameter 10 cm yang disusun setebal 0,5 m.
9. Estimasi biaya pembangunan *Sabo Dam* Kali Putih KM 16,7 yaitu sebesar Rp. 1.470.615.000,00 dengan masa pelaksanaan 14 minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2006. *Teknik Pondasi I*. Yogyakarta: Beta Offset

- Karmiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maidment, David R. 1992. *Handbook of Hydrology*. New York: Warner Brooks.
- Salamun. 2010. *Bangunan Air*. Bahan Kuliah. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Soemarto, C. D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I*. Bandung: Nova.
- Subarkah. 1978. *Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Edhisono, Sutarto. 2010. *Perencanaan Check Dam*. Bahan Kuliah. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wahyuni, Sri Eko. 2011. *Hidrologi Lanjut*. Bahan Kuliah. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irgasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Pengairan.
- Anonim. 1999. *Sabo Engineering (JICA)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2010. *Technical Standarts and Guidelines For Sabo Engineering*. Jakarta: Departement of Public Works and Highways (Japan International Cooperation Agency).
- Anonim. 2012. *Harga Satuan Pekerjaan Bahan dan Upah Pekerjaan Konstruksi Kabupaten Sleman Tahun 2012*. Yogyakarta : Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Sleman.