

PERENCANAAN BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN KALI PUTIH KM 16,7 YOGYAKARTA

Dwi Indra Setyawan, Nanda Anjaribowo
Salamun, Hari Budienny

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. 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 daerah pemukiman. 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 : Kali Putih, 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 building 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 basis for designing the Main Sabo Dam, Sub Sabo Dam, Apron and etc. After the process of designing is completed, the results 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 period 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 : Kali Putih, 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, salah satu daerah yang terkena dampak banjir lahar dingin pada erupsi Gunung Merapi 2010 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 dengan curah hujan rata-rata bulanan pada puncak musim hujan mencapai 508 mm pada bulan Januari dan 514 mm pada bulan Februari. 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 peta topografi, geometri sungai, dan data geologi diperoleh dari PPK Pengendalian Lahar Gunung Merapi Yogyakarta;
3. 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.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapatkan data-data sebagai berikut :

1. Kemiringan dasar sungai rata-rata sebesar 9,71% atau 5,55°.
2. Luas DAS di hulu *Sabo Dam* sebesar $\pm 5,53 \text{ km}^2$.
3. Elevasi dasar sungai pada lokasi rencana *Sabo Dam* Kali Putih terletak pada ketinggian $\pm 362,711 \text{ mdpl}$ dengan kemiringan dasar sungai $\pm 8,54\%$ atau 4,86°.
4. Panjang alur sungai di hulu *Sabo Dam* sebesar 9,20 km dengan lebar melintang dasar sungai pada lokasi rencana *Sabo Dam* sebesar 12 m.

Data tanah didapat dari hasil *boring* yang dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

Tabel 1. Parameter-Parameter Tanah di Lokasi Sabo Dam.

Parameter Tanah	Kedalaman -1,50 m sampai -2,00 m	Kedalaman -6,00 m sampai -6,50 m
Kadar Air (w)	9,14 %	5,28 %
<i>Specific Gravity</i> (G_s)	2,7227	2,7395
Berat Jenis (γ)	1,7663 g/cm ³	1,7828 g/cm ³
Berat Jenis Kering (γ_d)	1,6184 g/cm ³	1,6935 g/cm ³
Porositas (n)	40,56 %	38,18 %
Angka Pori (e)	0,6823	0,6177
Sudut Geser (ϕ)	32°	35°
Kohesi (c)	0,02 kg/cm ²	0,01 kg/cm ²

Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Undip.

Perhitungan curah hujan maksimum harian tahunan dilakukan dengan mengambil nilai terbesar dari data curah hujan harian tiap tahun pada masing-masing pos hujan. Hasil dari analisis tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Data Hujan Maksimum Harian Tahunan.
TABEL CURAH HUJAN HARIAN MAX DAERAH

Tahun	Tanggal	Curah Hujan Harian Maksimum			Rh Maks (mm)	Rh Maks Rencana (mm)
		Srumbung	Salam	Gulon		
		46,29%	46,27%	7,24%		
2011	26 nov	88,00	35,00	53,00	60,77	60,77
	1 sep	0,00	78,00	0	36,09	
	6 mar	20,00	0,00	135,00	19,03	
2010	20 feb	151,00	30,00	33,00	86,17	86,17
	21 feb	31,00	132,00	86,00	81,65	
	22 apr	0,00	0,00	125,00	9,05	
2009	12 jan	120,00	70,00	18,00	89,24	89,24
	26 apr	0,00	86,00	0,00	39,79	
	28 feb	36,00	40,00	79,00	40,89	
2008	17 nov	130,00	65,00	13,00	91,19	91,19
	23 feb	40,00	145,00	2	85,75	
	28 feb	0,00	10,00	91,00	11,22	
2007	27 mei	80,00	0,00	51,00	40,72	40,72
	17 apr	0,00	73,00	5,00	34,14	
	4 jan	0	19,00	66,00	13,57	
2006	5 feb	113	16	83	65,72	65,72
	10 jan	0	90	3	41,86	
	30 okt	52	44	102	51,81	
2005	28 jan	91	0	0	42,12	42,12
	3 nov	15	67	0	37,94	
	20 nov	37	0	95	24,01	
2004	20 feb	143	44	15	87,64	87,64
	5 jan	15	78	22	44,63	
	6 mar	26	0	70	17,10	

2003	6 jan	105	0	0	48,60	48,60
	13 des	0	58	87	33,14	
	9 nov	0	0	111	8,04	
2002	13 mar	100	18	44	57,80	57,80
	20 nov	0	63	0	29,15	
	23 jan	41	0	104	26,51	
Rh rata-rata						67,00

Sumber: Badan Meterologi, Klimatologi, dan Geofisika Propinsi Yogyakarta (2012)

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.

Berdasarkan hasil uji parameter statistik dan uji *Chi Square* diketahui bahwa distribusi probabilitas yang memenuhi persyaratan adalah distribusi *Log Pearson Type III*.

Tabel 6. Curah Hujan Rencana Dengan Periode Ulang T.
(Distribusi *Log Pearson Type III*)

Tahun	Rh	Log Rh	Log Rh rata-rata	(a-b)	(a-b) ²	(a-b) ³	(a-b) ⁴
		a	b				
2011	60,77	1,78	1,81	-0,02	0,0006	-0,00001	0,0000003
2010	86,17	1,94		0,13	0,0164	0,00210	0,0002691
2009	89,24	1,95		0,14	0,0205	0,00294	0,0004214
2008	91,19	1,96		0,15	0,0233	0,00356	0,0005432
2007	40,72	1,61		-0,20	0,0390	-0,00770	0,0015207
2006	65,72	1,82		0,01	0,0001	0,00000	0,0000000
2005	42,12	1,62		-0,18	0,0334	-0,00611	0,0011164
2004	87,64	1,94		0,14	0,0183	0,00248	0,0003363
2003	48,60	1,69		-0,12	0,0146	-0,00176	0,0002119
2002	57,80	1,76		-0,05	0,0021	-0,00009	0,0000042
Σ	669,97			0,00	0,17	-0,00459	0,00

Tabel 7. Debit Banjir Maksimum

No	T (tahun)	Rn (mm)	Q (m ³ /det)				Passing capacity
			Rasional	Weduwen	Haspers	HSS Gamma I	
1	5	83,89	33,98	18,93	32,46	15,59	31,94
2	10	95,15	38,54	25,73	36,81	16,25	
3	20	108,26	43,85	35,06	41,88	18,73	
4	50	117,35	47,53	45,46	45,40	19,91	
5	100	125,90	51,00	54,81	48,71	21,01	

Debit banjir maksimum ditentukan dengan mengambil nilai debit terbesar dari masing-masing metode. *Technical Standarts and Guidelines For Sabo Engineering* (2010) mensyaratkan, 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 *Rasional*, namun atas alasan ekonomis, debit banjir maksimum yang digunakan dalam analisis selanjutnya yaitu debit banjir dari hasil perhitungan Metode *Weduwen* yaitu sebesar $35,06 \text{ m}^3/\text{det}$. 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 $35,06 \text{ m}^3/\text{det}$.

Perencanaan *Main Dam*.

Berdasarkan perhitungan, didapat hasil-hasil sebagai berikut:

1. Tinggi efektif *Main Dam* (H_m) sebesar 3 meter.
2. Lebar dasar pelimpah *Main Dam* (B_1) sebesar 13 meter.
3. Tinggi air di atas pelimpah *Main Dam* (h_w) sebesar 1,36 meter.
4. Tinggi jagaan (w) sebesar 0,6 meter.
5. Tebal mercu pelimpah *Main Dam* (b_a) sebesar 3 meter.
6. Kedalaman pondasi *Main Dam* (h_p) sebesar 1,09 meter.
7. Kemiringan badan *Main Dam* sebesar $n = 0,2$ (bagian hilir); dan $m = 0,5$ (bagian hulu).
8. Dimensi sayap *Main Dam* sebagai berikut:
 - Panjang penanaman sayap bagian samping (I_1) sebesar 4 meter.
 - Kedalaman penanaman sayap (I_2) sebesar 4 meter.
 - Jarak dari kaki sayap bagian samping (b_1) sebesar 12 meter.
 - Lebar undakan (b_2) sebesar 2 meter.
 - Tinggi undakan (h_1) sebesar 4,5 meter.
 - Kemiringan undakan (M) sebesar 2
 - Kemiringan sayap ke arah tebing (P) sebesar 0,07

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* sebesar 2,6 meter.
3. Tebal Lantai terjun/*Apron* sebesar 0,5 meter.
4. Panjang Lantai terjun/*Apron* Datar sebesar 6,01 meter.
5. Tinggi muka air di atas pelimpah *Sub Sabo Dam* sebesar 1,36 meter.
6. Tinggi muka air hilir sebesar 1,36 meter.

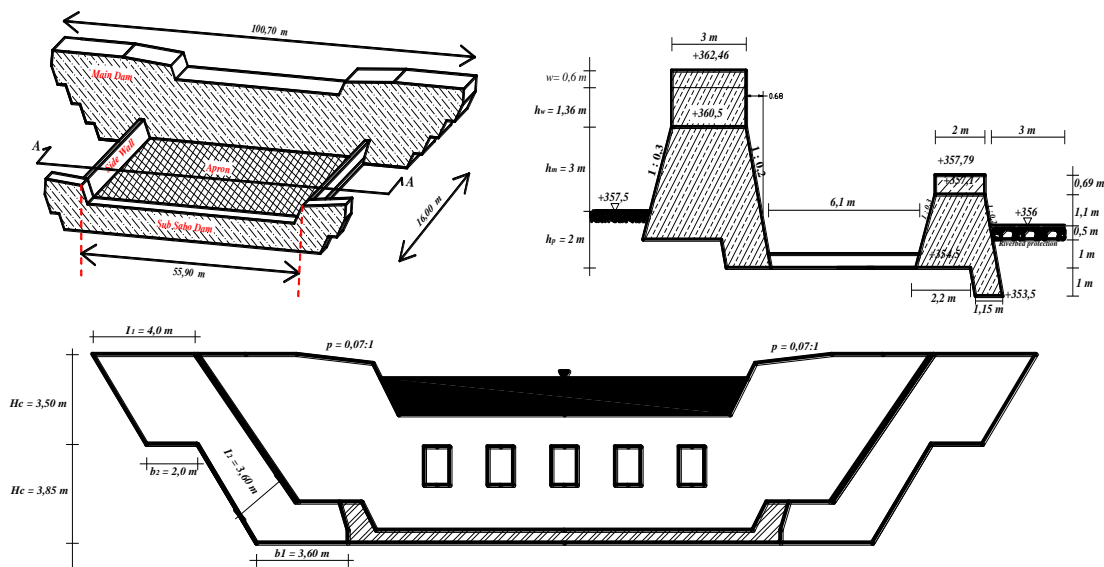
Perencanaan Bangunan Pelengkap.

Berdasarkan perhitungan, didapat hasil-hasil sebagai berikut:

1. Posisi dinding tepi (*sidewall revetment*) diletakkan ditepi pelimpah *Main Dam* dengan tinggi 1,1 meter dari *Apron*.
2. Lubang drainase (*drip hole*) direncanakan berbentuk persegi dengan ukuran 1 x 1,5 m sebanyak 5 buah.
3. Pelindung dasar sungai (*riverbed protection*) dari batu bronjong diameter 10 cm sepanjang 3 meter dengan tebal 0,5 meter.

Rencana Anggaran Biaya.

Berdasarkan perhitungan anggaran biaya yang mengacu pada Daftar Harga Satuan Pekerjaan dan Upah Kabupaten Sleman, biaya yang dibutuhkan untuk membangun *Sabo Dam* Kali Putih KM 16,7 yaitu sebesar Rp. 1.470.615.000 dengan masa pelaksanaan 1 minggu.



Gambar 3. Desain Sabo Dam Kali Putih KM. 16,7.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari Laporan Tugas Akhir “Perencanaan Sabo Dam Kali Putih KM 16,7” adalah sebagai berikut :

1. Kali Putih menampung aliran sedimen akibat erupsi G.Merapi dalam cukup 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 1,09 m, tebal mercu *Main Dam* 3 m, lebar dasar *Main Dam* 5 m dengan kemiringan badan *Main Dam* arah hulu 0,5 dan arah hilir 0,2.
5. Hasil perencanaan *Sub Sabo Dam* berupa : tinggi *Sub Sabo Dam* 2,6 m, kedalaman pondasi 1,5 m, tebal mercu *Sub Sabo Dam* 2 m, lebar dasar *Sub Sabo Dam* 2,5 m, dengan kemiringan badan *Sub Sabo Dam* arah hulu 0,5 dan arah hilir 0,2.
6. Hasil perencanaan lantai *Apron* berupa : panjang lantai *Apron* 6,01 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 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* ini sebesar Rp. 1.470.615.000 dengan lama waktu pelaksanaan 14 minggu.

Daftar Pustaka

- Asdak, Chay. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Budi, Triton Prawira. 2009. *Mengenal Sains Sejarah Bumi dan Bencana Alam*. Yogyakarta: Tugu.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Dewanto, Tarsis Tarmudji. 1995. *Metode Statistika*. Yogyakarta: Liberty.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2006. *Teknik Pondasi I*. Yogyakarta: Beta Offset
- Karmiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Linsley, RK and Franzini, JB. 1989. *Teknik Sumber Daya Air*. Terjemahan Sasongko Dj. Jakarta: Erlangga.
- Maidment, David R. 1992. *Handbook of Hydrology*. New York: Warner Brooks.
- Mori, Kyotoka. 1999. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Nugroho, Sekti Aryo. dan Syahrizal. 2011. *Perencanaan Bendung Penahan Sedimen Kali Putih Pasca Erupsi 2010*. Tugas Akhir tidak diterbitkan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.

- 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. *Hidrology Lanjut*. Bahan Kuliah. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Koresawa, Kazuki. 1987. *Introduction to Sabo Plan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. *Bagian-Bagian Dari Sungai Sumber* <http://e-dukasi.net/index.php>. 12 Pebruari 2012.
- Anonim. *Pedoman Penyusunan Spesifikasi Teknis Pengaman Sungai Check Dam*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Bidang Sumber Daya Air.
- 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. 2002. *Tinjauan Umum Pengembangan Sabo di Indonesia*. Yogyakarta.
- Anonim. 2004. *Pedoman Pengamanan Bangunan Sabo Dari Gerusan Lokal*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Bidang Sumber Daya Air.
- Anonim. 2004. *Pedoman Perencanaan Teknis Bangunan Pengendali Dasar Sungai*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Bidang Sumber Daya Air.
- 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