

---

# STUDI VOLUME AIR ANDAL KAWAH GUNUNG GALUNGGUNG SEBAGAI RESERVOIR ALAM

Andreas F.V. Roy dan Doddi Yudianto

## Abstrak

*Volume air yang dapat ditampung di dalam kawah Gunung Galunggung berdasarkan hasil pengukuran adalah sebesar 16 juta m<sup>3</sup>. Secara hidrologis tentunya hal ini memberikan manfaat yang sangat besar apabila volume tampungan tersebut dapat dipergunakan untuk menunjang kebutuhan air dan mengembangkan potensi kawasan sekitarnya. Dalam studi ini dilakukan suatu ana-lisis, baik secara hidrologis maupun geologis, guna memperoleh gambaran tentang potensi volume air andal di kawah Gunung Galunggung, sehingga diharapkan dapat didistribusikan untuk memenuhi kebutuhan air wilayah sekitar Gunung Galunggung, khususnya pada musim kemarau. Dari hasil analisis tersebut diketahui bahwa daerah Gunung Galunggung dan sekitarnya dibangun oleh satuan batuan vulkanik berumur muda (Resen). Adapun sifat fisik dari satuan batuan vulkanik di daerah ini adalah belum terkompakkan, mudah runtuh, mempunyai penurunan/pemampatan cukup besar, serta porositas dan permeabilitas tinggi. Dengan menggunakan konsep water balance dan hasil kalibrasi dari Japan International Cooperation Agency (JICA), berdasarkan data tahun 1991–1995, diketahui bahwa besarnya rembesan rata-rata yang terjadi pada kawah adalah sebesar 355.458 m<sup>3</sup>/tahun.*

*Besar volume air andal di luar tampungan dead storage untuk probabilitas 80% dan 95% secara berturut-turut adalah sebesar 1.984.812 m<sup>3</sup> (+1.096,30 m) dan 58.849 m<sup>3</sup> (+1.089,50 m). Dengan demikian debit air rata-rata yang dapat disediakan dari kawah selama periode bulan kering, selama empat bulan, dari Juni–September dengan tingkat keandalan curah hujan 80% dan 95% adalah sebesar 0,19 m<sup>3</sup>/dt dan 0,01 m<sup>3</sup>/dt.*

**Kata-kata kunci:** *Gunung Galunggung, ketersediaan air, volume air andal, kawah, batuan vulkanik, reservoir alam.*

## PENDAHULUAN

Sebuah letusan gunung api selalu menimbulkan ancaman. Ancaman tersebut dapat terjadi akibat dari aliran lava, lemparan batu, abu, awan panas, gas beracun, dan lain-lain. Dari seratus dua puluh sembilan gunung aktif yang ada di Indonesia, lima di antaranya masuk dalam kategori gunung api kritis. Gunung Galunggung sebagai salah satu gunung yang masuk dalam kategori kritis, pada letusan terakhirnya tahun 1981–1982 telah menghujani kota Bandung, Tasik, Garut, Cianjur, dan kota lainnya dalam radius 100 km dengan semburan materi *pyroclastic*. Debu tebal selama empat bulan mengguyur kota-kota tersebut. Kurang lebih 100.000 hektar daerah sekitarnya rata dengan tanah, tertimpa batu, lahar dan debu. Puncak gunung runtuh dan hanyut terbawa lahar dingin.

Gunung yang memiliki ketinggian 2.167 m di atas permukaan laut ini terletak 20 km barat daya kota Tasikmalaya. Letusan tahun 1981–1982 tersebut telah meninggalkan bekas berupa kawah berbentuk tapal kuda dengan kapasitas volume tampungan mencapai kurang lebih 16,7 juta m<sup>3</sup>. Dipandang dari sisi hidrologis, kawah ini sangat potensial berfungsi sebagai reservoir alami. Studi yang pernah dilakukan oleh *Japan International Cooperation Agency* (JICA, 1995) menyatakan bahwa jika kawah tersebut berisi air pada volume tertentu, maka massa air yang ada di dalamnya akan dapat berfungsi sebagai penyeimbang tekanan vulkanik gunung. Demikian pula jika massa air yang ada melebihi kapasitas daya tampungannya dapat memicu terjadinya bencana banjir bandang, akibat tidak stabilnya material dinding kawah pada bagian atas.

Untuk dapat menjaga keseimbangan serta pemanfaatan air di dalam kawah, JICA merekomendasikan dibangun tiga buah terowongan dan pintu air. Masing-masing terowongan dan pintu air memiliki elevasi dan fungsi yang berbeda-beda. Terowongan dan pintu air paling bawah dibangun pada elevasi di mana jumlah massa air di dalam kawah masih berada pada batas minimum yang diperkenankan untuk menjadi penyeimbang tekanan vulkanik gunung. Terowongan dan pintu air paling atas lebih berfungsi sebagai bangunan pelimpah, agar massa air dalam kawah tidak melebihi batas maksimal daya tampung kawah. Sedangkan terowongan dan pintu air kedua dan ke-tiga memiliki fungsi utama sebagai pintu pengatur bagi pemanfaatan air di bagian hilir.

Pada bagian hilir Gunung Galunggung terdapat beberapa jenis alternatif pemanfaatan: (i) sebagai pemenuhan kebutuhan pengairan daerah irigasi (DI) Cikun-ten dan Cibantaran, (ii) sebagai sumber air untuk Pembangkit Tenaga Listrik Air (PLTA) tingkat menengah, (iii) sebagai sumber air baku air bersih/minum untuk wilayah kota Tasikmalaya, dan (iv) sebagai sumber air penggelontoran. Sebelum dapat diputuskan jenis alternatif pemanfaatan mana saja yang dapat dipenuhi, atau pola distribusi seperti apa yang dapat dilaksanakan jika semua atau sebagian pemanfaatan hendak dipenuhi, kajian terhadap potensi volume air andal pada kawah tentu harus terlebih dahulu dilakukan.

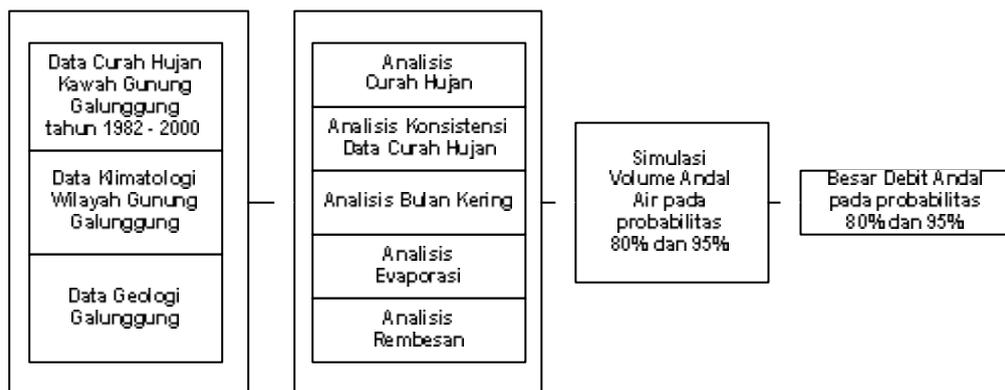
## TUJUAN DAN RUANG LINGKUP STUDI

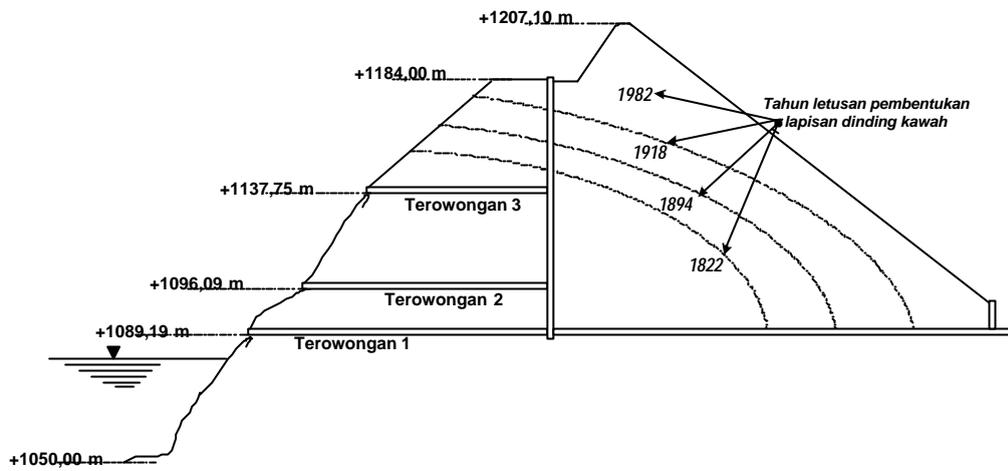
Makalah ini disusun dengan tujuan untuk memperoleh gambaran tentang potensi volume air andal di kawah Gunung Galunggung sehingga dapat didistribusikan untuk memenuhi kebutuhan air wilayah sekitar kawasan Gunung Galunggung khususnya pada musim kemarau.

Dalam studi potensi tampungan kawah gunung Galunggung ini pembahasan meliputi: (1) Kondisi hidrologi kawasan kawah dan sekitarnya, penelaahan kondisi hidrologi dilakukan analisis terhadap curah hujan dan evaporasi. (2) Kondisi geohidrologi kawah, penelaahan pada kondisi geohidrologi dimaksudkan untuk mengetahui besarnya rembesan akibat karakteristik lapisan geologi pada kawah.

## METODOLOGI

Untuk mengkaji besar potensi volume air andal pada kawah Gunung Galunggung dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Berikut dia gram alir kajian ini.





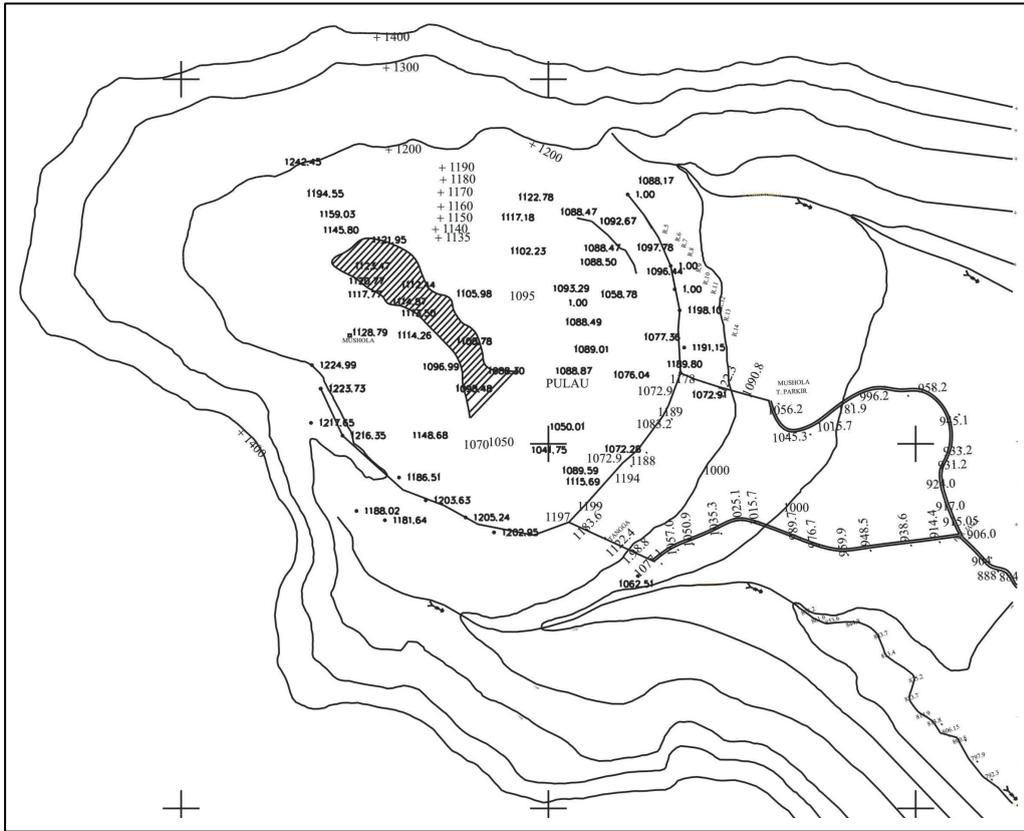
**Gambar 2** Penampang melintang kawah, elevasi terowongan dan lapisan yang terbentuk akibat letusan (JICA, 1995)

No.	Nama Stasiun Hujan	Tahun																		
		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	Angkrek																			
2	Ciakar																			
3	Cibasuki																			
4	Cigadog																			
5	Cigaleuh																			
6	Cigangsa																			
7	Cikasasah																			
8	Cintawana																			
9	Cisayong																			
10	Cisolok																			
11	Indihiang																			
12	Kawah																			
13	Pangkalan																			
14	Pasirhaur																			
15	Pasirmalang																			
16	Sinagar																			
17	Sindangalih																			
18	Sukamaju																			
19	Tanjung Sari																			
20	Tekakelapa																			

**Gambar 3** Diagram ketersediaan data pada 20 pos hujan di sekitar kawasan Gunung Galunggung (BMG, 2000)

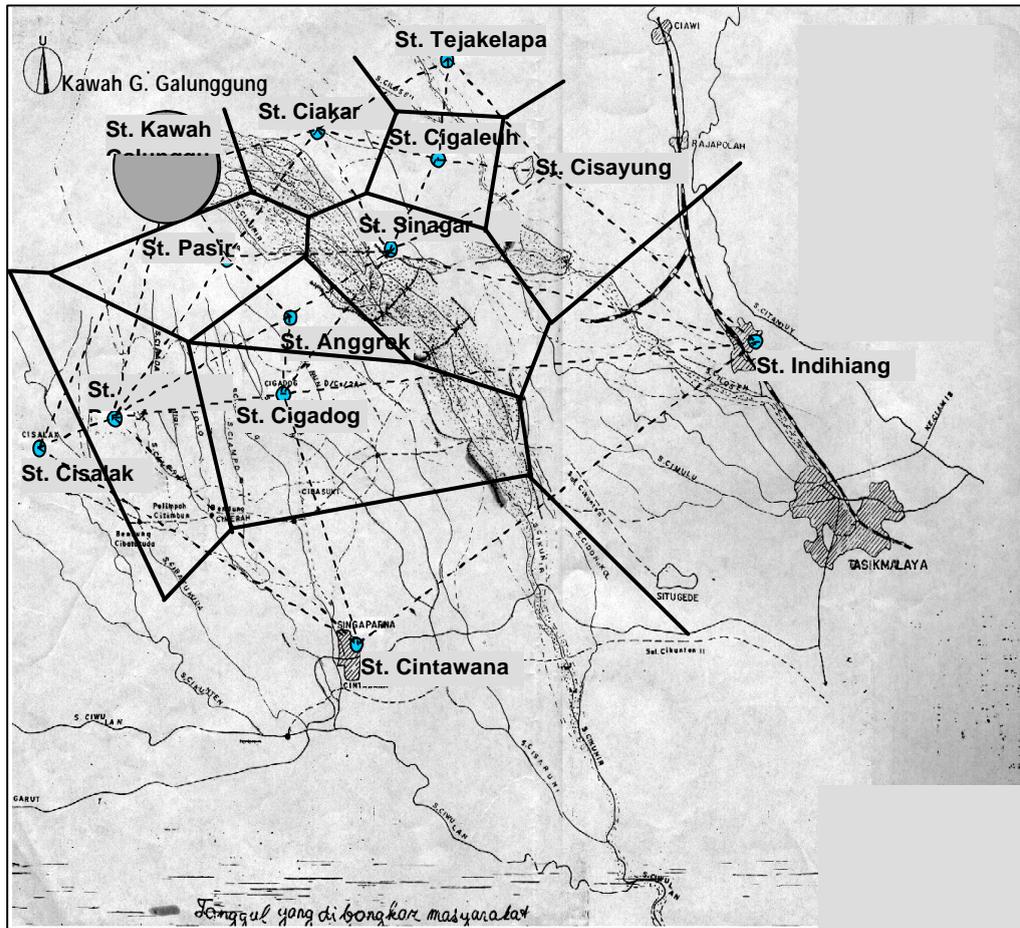
**Tabel 1** Data curah hujan tahunan pada beberapa pos hujan (BMG, 2000)

Tahun	Kawah	Angregrek	Ciakakar	Cibasuki	Cigadog	Cigaleuh	Cigangsa	Cikasasah	Cintawana	Cisayong	Cisolok	Indihiang	Pangalan	Pasirhaur	PasirMIng	Sinagar	SdgGalih	Sukamaju	Tnj.sari	Tejaklp	Ratarata
1982	-	-	-	2761	-	-	-	542	2153	614	-	992	-	-	563	-	820	-	1908	-	1294,1
1983	-	193,2	-	3074,7	-	1280,4	-	1951	1754	3238	2720,8	3328,9	-	-		3341,4	-	-	-	118,3	2207,1
1984	-	2417,9	-	4718,2	3341,2	4125,8	-	4220,1	3360	3646,8	3254,4	4635,2	4823,9	-	2229	4935,8	4676,7	-	-	4744,7	3937,9
1985	-	4534	2444	3819	3681	3401	2966	3569	2854	3417	2665	4560	4822	-	1489	1810	3518	-	1646	4333	5561,5
1986	-	6792	3865	5329	4031	3688	4604	5362	4618	5308	2087	6105	6925	-	7093	1752	4794	-	4169	6198	4865,9
1987	2285,3	2943,3	2839	3596	2724,6	2340,8	1902,9	3722	1676	2519	1783,2	2877,8	4694,3	-	4097	497	-	-	4970	3472,9	2878,9
1988	6717,5	4428,5	1881	-	3764,9	3432	1541,8	5630		3851,5		4658,6	5489,9	-	5428	2857	-	-	6748,5	3531,7	4282,9
1989	5774	768,60	2699	-	2335,6	2241,3	1530,4	5060,5	1247,6	3719	2440	4613,2	6240,6	-	4644	7199,3	-	-	-	-	3586,7
1990	5774	3000	2074	-	2524	2087	2354	5022	1113	3738	2433	5233	4796	-	4574	2427	-	-	-	1397	3166,9
1991	5737	3970	4076	-	4141	4766	1891	4961	1173	4204	2235	4521	4120	-	4557	1616	-	-	-	3315	3447,3
1992	7101	9070	4641	-	4972	4445	3192	5967	1761	5698	4346	5674,6	6075	-	6639	-	-	-	-	4030	4674,9
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	6027	2840,3		-	2544	3964	3049	3390	2118	5417	3117	3116	5077	-	4432,9	5296	-	-	-	4127	3893,9
1996	5666	3292	4061	-	2616	3121	1815	3171	2926	2643	2893	-	6593	3080	4840	-	-	2522	-	3283	3481,5
1997	3456	1493	2136	-	1365	2377	813	1550	1155	1904	1202	-	3217	1937	4996	-	-	1491	-	2286	2091,8
1998	6290	6150	5675	-	5903	5318	4193	4881	2782	4959	3305	-	6238	5534	5560	-	-	2475	-	5044	4953,8
1999	5857	5053	3522	-	6217	2764	3089	2508	2141	2672	2352	-	3672	-	3776	3759	-	3041	-	2926	3423,3
2000	4793	-	3975	-	-	-	2988	1943	2390	4452	2547	-	2218	-	4272	4049	-	6328	-	3157	3592,7



**Gambar 4** Peta *bathymetri* kawah Gunung Galunggung setelah terjadi longsor selama tahun 1996-2000 (Aditya Engineering Consultant, 2003)

Data hidrologi didapatkan dari Balai PSDA Tasikmalaya untuk 20 pos hujan di sekitar kawasan Gunung Galunggung yang meliputi data curah hujan harian dan bulanan maksimum mulai tahun 1982 sampai dengan tahun 2000. Rincian lokasi stasiun dan ketersediaan data pada stasiun-stasiun tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 5** Letak pos hujan di wilayah Gunung Galunggung dan Poligon Thiessen (Dinas Pengairan Tasikmalaya, 2003)

Untuk data klimatologi, terkumpul data iklim rata-rata dari stasiun-stasiun tempat diambilnya data curah hujan. Jenis data yang didapat adalah sebagai berikut.

- (1) Temperatur rata-rata, temperatur maksimum, dan minimum.
- (2) Kelembaban udara.
- (3) Penyinaran matahari.
- (4) Tekanan udara.
- (5) Kecepatan angin.

**Tabel 2** Data iklim Stasiun Klimatologi Tasikmalaya (BMG, 2000)

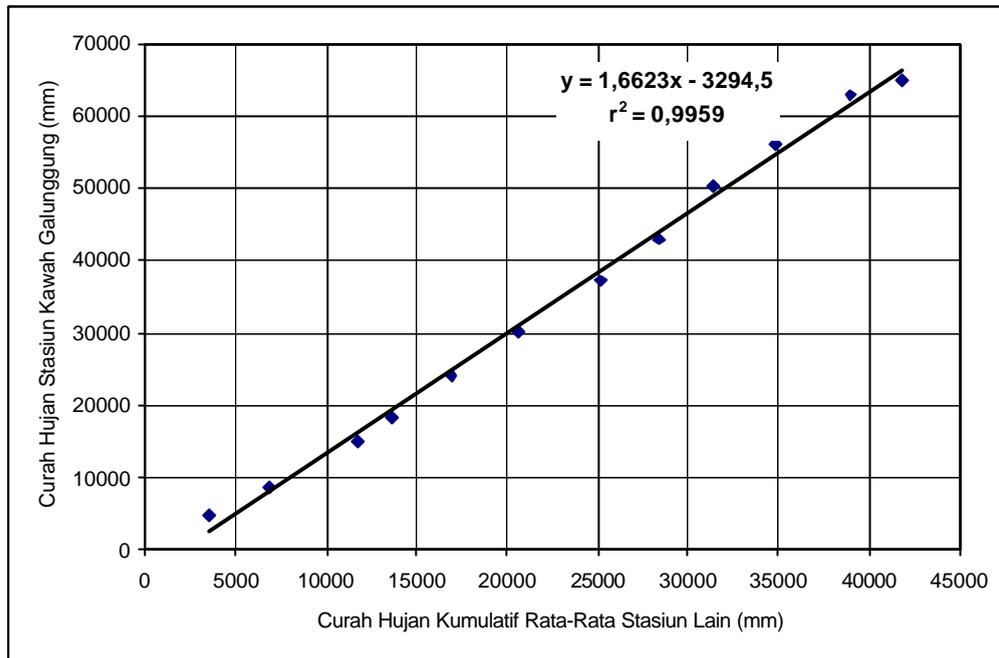
Elevasi : (+ 350 m)

Lokasi : 07° 29' LS 108° 35' BT

Bulan	Temperatur Udara			Kelembaban Udara	Penyinaran Matahari	Tekanan Udara	Kecepatan Angin			
	°C			Rata-rata (%)	Rata-rata (%)	Rata-rata (milibar)	(knot)		(mil/hari)	
	Maks	Min	Rata-rata				Maks	Rata-rata	Maks	Rata-rata
Jan	29,5	17,4	24,0	85,0	39,0	1010,3	16,0	5,0	441,6	138,0
Feb	30,3	17,4	24,4	85,0	61,0	1010,5	12,0	4,0	331,2	110,4
Mar	30,1	17,7	24,5	84,0	57,0	1010,1	20,0	5,0	552,0	138,0
Apr	29,5	17,7	24,3	85,0	58,0	1012,3	16,0	3,0	441,6	82,8
Mei	29,6	17,4	24,2	84,0	69,0	1012,8	10,0	5,0	276,0	138,0
Jun	28,4	16,6	23,4	81,0	50,0	1012,9	12,0	5,0	331,2	138,0
Jul	27,9	15,0	21,9	82,0	49,0	1014,0	10,0	4,0	276,0	110,4
Ags	29,5	16,1	23,1	82,0	63,0	1013,7	12,0	4,0	331,2	110,4
Sep	30,0	16,8	23,8	79,0	60,0	1014,5	16,0	4,0	441,6	110,4
Okt	29,8	18,2	24,2	86,0	60,0	1012,3	12,0	4,0	331,2	110,4
Nov	29,0	18,4	24,3	87,0	48,0	1011,3	10,0	3,0	276,0	82,8
Des	30,1	18,6	25,0	84,0	58,0	1011,3	16,0	4,0	441,6	110,4

Sebelum data curah hujan dapat dipergunakan sebagai materi analisis hidrologi, langkah pengujian konsistensi perlu dilakukan terhadap seri data curah hujan tersebut. Metode yang umum digunakan untuk memeriksa konsistensi seri data curah hujan yang tersedia adalah analisis kurva massa ganda. Dengan metode ini curah hujan rata-rata kumulatif dari stasiun yang dimaksud dibandingkan dengan curah hujan kumulatif rata-rata stasiun-stasiun lainnya.

Berdasarkan pembagian curah hujan wilayah yang menggunakan poligon Thiessen (lihat Gambar 3), diketahui bahwa kawasan kawah Gunung Galunggung dipengaruhi oleh stasiun curah hujan yang terletak di kawah Gunung Galunggung. Uji konsistensi dilakukan untuk data mulai tahun 1987–2000. Dengan menggunakan analisis kurva massa ganda diketahui bahwa data curah hujan stasiun kawah Gunung Galunggung konsisten terhadap data curah hujan stasiun sekitarnya.



**Gambar 5** Analisis kurva massa ganda data curah hujan stasiun kawah dan stasiun sekitarnya

Berdasarkan data curah hujan yang tersedia pada stasiun hujan kawah Gunung Galunggung dan stasiun di sekitarnya dilakukan kajian terhadap besarnya hujan yang dapat masuk ke dalam kawah. Pada Tabel 3 tampak curah hujan minimum dengan berbagai angka probabilitas.

Secara umum besarnya hujan yang jatuh dan dapat ditampung di dalam kawah Gunung Galunggung akan didistribusikan guna memenuhi kebutuhan air pada musim kering. Berdasarkan data curah hujan yang diperoleh dari beberapa stasiun curah hujan yang ada, khususnya stasiun hujan Kawah Gunung Galunggung, maka dilakukan suatu analisis guna menentukan bulan-bulan kering yang menjadi prioritas dalam aplikasi pendistribusian air tampungan kawah. Bulan-bulan kering diperkirakan berdasarkan curah hujan dengan tingkat keandalan 50%. Tabel 4 menunjukkan rentang terjadi bulan-bulan kering yang jatuh pada bulan Juni sampai dengan September.

**Tabel 3** Curah hujan andalan pada beberapa tingkat probabilitas

Proba- bilitas %	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
	1231,5					1079,0				1212,0	1578,0	
9,09	0	763,00	882,00	749,00	891,00	0	381,00	999,00	930,00	0	0	998,00
										1094,0	1181,0	
18,18	818,00	700,00	734,00	693,00	792,00	507,00	292,50	663,00	765,00	0	0	866,00
27,27	591,50	580,00	700,00	627,50	634,00	471,00	272,00	505,00	564,00	705,00	824,00	655,00
36,36	564,00	563,50	623,00	612,00	550,00	426,50	256,00	421,00	445,50	643,00	797,00	651,00
45,45	538,00	515,50	486,00	533,00	498,00	424,00	248,00	256,50	373,00	632,00	788,00	628,00
54,55	537,00	491,00	468,00	497,00	467,00	240,00	222,50	175,50	217,00	585,50	635,00	619,00
63,64	493,00	460,00	439,00	446,00	461,00	199,00	192,00	147,00	190,50	503,00	626,50	543,00
72,73	426,00	437,00	430,00	442,00	448,00	186,00	89,00	90,00	107,00	420,50	584,00	426,50
80,00	402,00	406,60	386,00	390,80	434,40	134,00	78,60	72,40	100,60	321,70	501,60	382,90
81,82	396,00	399,00	375,00	378,00	431,00	121,00	76,00	68,00	99,00	297,00	481,00	372,00
90,91	339,00	379,00	341,00	334,00	282,00	110,00	69,00	49,00	86,00	222,00	362,00	317,00
95,00	272,85	365,05	330,43	316,90	250,50	92,45	58,20	30,55	58,55	165,75	344,45	260,30
100,0	0	192,00	348,00	317,50	296,00	212,00	71,00	45,00	8,00	25,00	97,00	323,00
												191,00

**Tabel 4** Analisis curah hujan pada bulan kering

No	Bulan	Bulan dimana terjadi hujan dengan keandalan 50%										Jumlah Bulan		
1	Jan	Jan-95	Jan-00	Jan-97	Jan-90								4	
2	Feb	Feb-00	Feb-97	Feb-95	Feb-99								4	
3	Mar	Mar-97	Mar-91	Mar-96	Mar-00	Mar-89							5	
4	Apr	Apr-90	Apr-00	Apr-96	Apr-98	Apr-99							5	
5	Mei	Mei-97	Mei-91	Mei-99									3	
6	Jun	Jun-89	Jun-92	Jun-99	Jun-00	Jun-96	Jun-91	Jun-97					7	
7	Jul	Jun-98	Jul-90	Jul-89	Jul-98	Jul-95	Jul-92	Jul-88	Jul-96	Jul-00	Jul-91	Jul-99	Jul-97	12
8	Ags	Ags-98	Ags-88	Ags-89	Ags-00	Ags-95	Ags-91	Ags-99	Ags-97					8
9	Sep	Sep-88	Sep-96	Sep-95	Sep-89	Sep-99	Sep-91	Sep-00	Sep-97					8
10	Okt	Okt-89	Okt-91	Okt-99	Okt-97									4
11	Nov	Nov-97	Nov-92											2
12	Des	Des-88	Des-96	Des-00	Des-95									4

Besarnya evaporasi dihitung dengan menggunakan rumus empiris dasar Penman (Sosrodarsono & Takeda, 1978), sebagai berikut.

$$E = 0,35(e_a - e_d) \left( 1 + \frac{V}{100} \right) \quad (1)$$

dengan:

$E$  = evaporasi (mm/hari)

$e_a$  = tekanan uap jenuh pada suhu rata-rata harian (mm/Hg) diperoleh dari Tabel 5 dengan faktor konversi 760 mmHg = 1013,2 mbar

$e_d$  = tekanan uap sebenarnya (mm/Hg), dihitung dengan menggunakan rumus

$$e_d = \left\{ e_a \times \frac{RH_{rata-rata}}{100} \right\} \quad (2)$$

$V$  = kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan tanah (mil/hari), dengan faktor koreksi 1,0.

Hasil perhitungan evaporasi dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 5** Nilai tekanan uap jenuh ( $e_a$ ) sebagai fungsi dari temperatur rata-rata ( $T$ )

Temperatur °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$e_a$ (mbar)	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1	8,7	9,3	10	10,7	11,5
Temperatur °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$e_a$ (mbar)	12,3	13,1	14	15	16,1	17	18,2	19,4	20,6	22
Temperatur °C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
$e_a$ (mbar)	23,4	24,9	26,4	28,1	29,8	31,7	33,6	35,7	37,8	40,1
Temperatur °C	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
$e_a$ (mbar)	42,4	44,3	47,6	50,3	53,2	56,3	59,4	62,8	66,3	69,9

**Tabel 6** Besarnya evaporasi yang terjadi pada kawah Gunung Galunggung

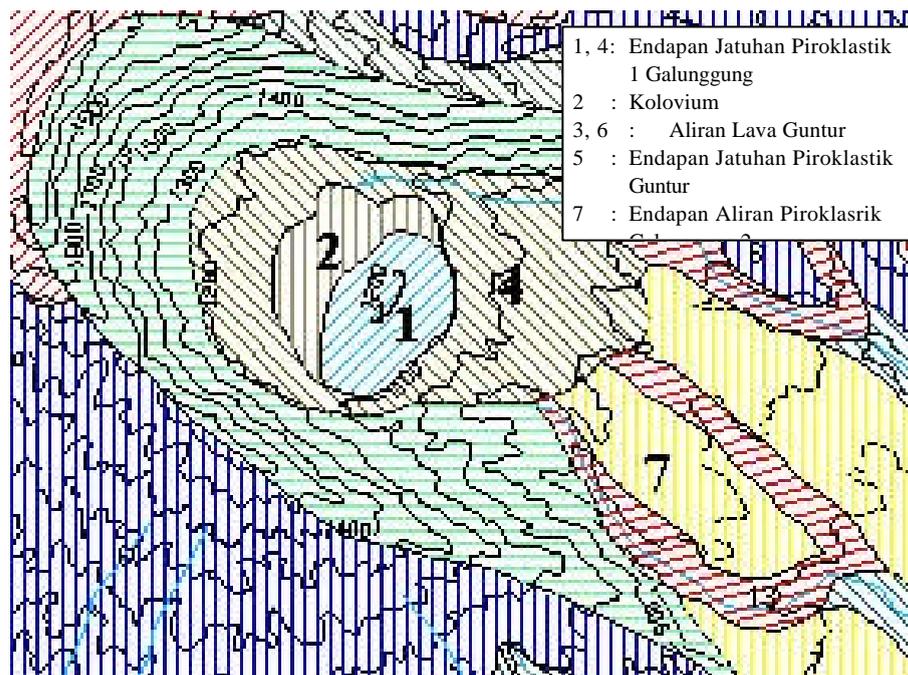
Bulan	Jumlah Hari	$e_a$	$e_d$	$V$	$E$	
		(mmHg)	(mmHg)	(mil/hari)	(mm/hari)	(mm/bulan)
Jan	31	22,40	19,04	138,0	2,8	86,8
Feb	28	22,96	19,52	110,4	2,5	71,0
Mar	31	23,10	19,40	138,0	3,1	95,4
Apr	30	22,82	19,40	82,8	2,2	65,7
Mei	31	22,68	19,05	138,0	3,0	93,7
Jun*)	30	21,56	17,46	138,0	3,4	102,4
Jul*)	31	19,46	15,96	110,4	2,6	80,0
Ags*)	31	21,14	17,33	110,4	2,8	86,9
Sep*)	30	22,12	17,47	110,4	3,4	102,6
Okt	31	22,68	19,50	110,4	2,3	72,5
Nov	30	22,87	19,90	82,8	1,9	57,1
Des	31	23,80	19,99	110,4	2,8	86,9

\*) Bulan-bulan kering

Di samping curah hujan dan faktor evaporasi, perhitungan volume air andal pada kawah Gunung Galunggung juga memerlukan suatu perhitungan mengenai rembesan yang terjadi. Faktor rembesan ini sangat bergantung dari kondisi geologi dari kawah. Daerah Galunggung dan sekitarnya dibangun oleh satuan batuan vulkanik

berumur muda (Resen) yang merupakan hasil dari endapan letusan Gunung Galunggung yang masih berlangsung hingga beberapa tahun ke belakang.

Sifat fisik dari satuan batuan vulkanik di daerah ini seperti umumnya batuan vulkanik muda lainnya, batuan ini bersifat belum terkompakkan (bersifat urai), mudah runtuh, mempunyai penurunan/pemampatan cukup besar, serta porositas dan permeabilitasnya cukup tinggi.



**Gambar 6** Peta geologi daerah sekitar dan kawah Gunung Galunggung (Aditya Engineering Consultant, 2003)

Pada Gambar 6, kawah Gunung Galunggung dan sekelilingnya masuk dalam kriteria angka indeks 1, 2, 3, 4, dan 7. Tabel 7 memerinci jenis-jenis lapisan geologi untuk angka-angka indeks tersebut.

**Tabel 7** Keterangan angka indeks peta geologi kawah dan sekitar Gunung Galunggung (BMG, 2000)

Indeks	Lapisan Geologi
1, 4	Endapan Jatuhan Piroklastik 1 Galunggung (abu, lapili, abu-abu - coklat, berlapis baik, tebal 0,5–15 cm, fragmen tuf, mudah lepas)
2	Kolovium (pasir, kerikil, abu-abu-coklat, lepas)
3, 6	Aliran Lava Guntur (andesit, abu-abu, afanitik-porfiritik, terkekarkan, setempat berselingan endapan piroklastik)
5	Endapan Jatuhan Piroklastik Guntur (abu dan lapili, coklat, tebal < 15 cm, struktur perlapisan bersusun, mudah lepas)
7	Endapan Aliran Piroklastik Galunggung 2 (abu, lapili & bom, coklat keabuan, berlapis, tebal 35 m, mudah lepas)

Dengan mengacu pada konsep *water balance* JICA (1995) dilakukan studi kalibrasi pada kawah Gunung Galunggung dengan menggunakan data tahun 1991–1995. Adapun formula *water balance* yang digunakan pada studi tersebut adalah sebagai berikut.

$$St = So + A \cdot f \cdot Pt - Et - Ot + It \quad (3)$$

dengan:

$St$  = Air di kawah pada akhir periode yang ditinjau selama waktu  $t$

$So$  = Volume air di kawah pada awal sebelum perubahan

$A$  = Luas permukaan kawah (0,22 km<sup>2</sup>)

$f$  = Koefisien limpasan

$Pt$  = Jumlah hujan yang jatuh selama periode  $t$

$Et$  = Besarnya air yang hilang akibat penguapan selama periode  $t$

$Ot$  = Besarnya air yang hilang akibat rembesan dan lain-lain selama  $t$

$It$  = Volume aliran dari mata air termasuk aliran air terjun dari puncak Gunung Galunggung.

Berdasarkan hasil kalibrasi JICA (1995), diperoleh koefisien limpasan pada wilayah kawah Gunung Galunggung sebesar 0,5. Dalam kajian selanjutnya, besarnya rembesan rata-rata bulanan yang terjadi pada kawah ditentukan berdasarkan elevasi rata-rata tampungan air kawah pada tahun 1991–1995, yaitu sebesar 355.458 m<sup>3</sup>/hari.

Mengacu pada hasil kalibrasi yang dilakukan oleh JICA, analisis data curah hujan dan evaporasi berikut disajikan simulasi potensi volume air untuk beberapa tingkat probabilitas pada Tabel 8 dan Tabel 9. Beberapa parameter yang digunakan dalam perhitungan simulasi ini, yaitu luas DPS Kawah Gunung Galunggung, koefisien limpasan, dan luas genangan rata-rata air kawah yang berturut-turut sebesar 3,57 km<sup>2</sup>, C = 0,5 (hasil kalibrasi JICA), dan 0,22 km<sup>2</sup>.

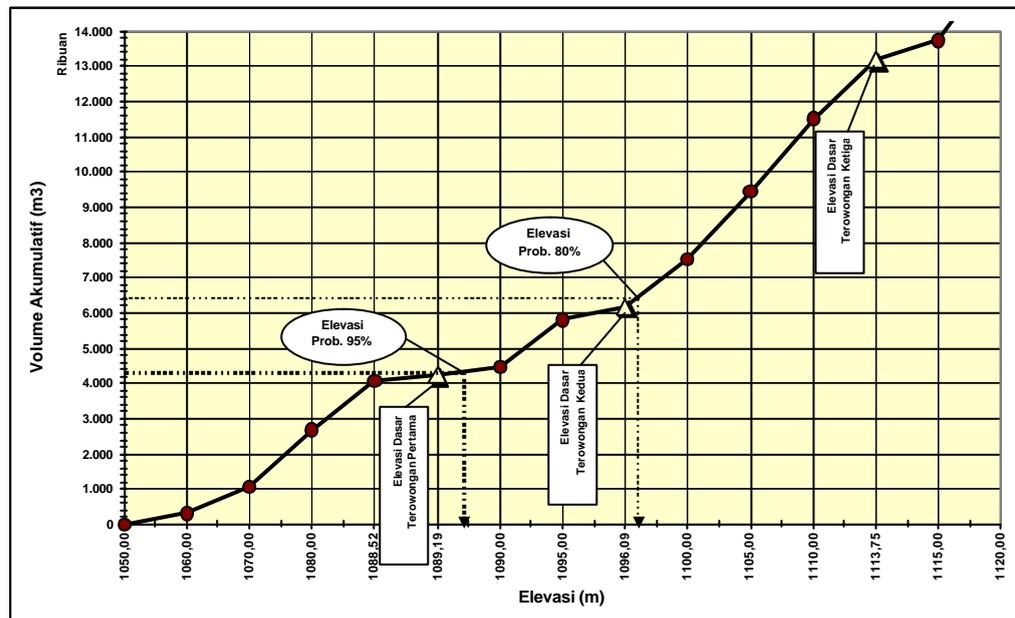
**Tabel 8** Potensi volume air kawah pada probabilitas hujan 80%

	Bulan	Hari	Hujan	Hujan	Eva-	Eva-	Rembesan	Net	Volume	
			(mm)	(m <sup>3</sup> )	porasi	porasi	per bulan	Inflow	Akumulatif	
	1	2	3	4	5	6	7	4-6-7		
	Volume <i>Dead Storage</i>								—————	4.241.674
Probabilitas 80%	Jan	31	402	717.570	86,8	19.096	355.458	43.016	4.584.690	
	Feb	28	406,6	725.781	71	15.620	355.458	354.703	4.939.393	
	Mar	31	386	689.010	95,4	20.988	355.458	312.564	5.251.957	
	Apr	30	390,8	697.578	65,7	14.454	355.458	27.666	5.579.623	
	Mei	31	434,4	775.404	93,7	20.614	355.458	99.332	5.978.955	
	Jun	30	134	239.190	102,4	22.528	355.458	(138.796)	5.840.159	
	Jul	31	78,6	140.301	80	17.600	355.458	(232.757)	5.607.402	
	Agst	31	72,4	129.234	86,9	19.118	355.458	(245.342)	5.362.060	
	Sept	30	100,6	179.571	102,6	22.572	355.458	(198.459)	5.163.601	
	Okt	31	321,7	574.235	72,5	15.950	355.458	202.827	5.366.428	
	Nov	30	501,6	895.356	57,1	12.562	355.458	527.336	5.893.764	
	Des	31	382,9	683.477	86,9	19.118	355.458	308.901	6.202.664	

Dengan mengacu pada hasil simulasi di atas, maka besar volume air andal di luar tampungan *dead storage* untuk probabilitas 80% dan 95% berturut-turut adalah sebesar 1.984.812 m<sup>3</sup> dan 58.849 m<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil interpolasi diperoleh elevasi muka air kawah pada probabilitas 80% adalah +1.096,30 m, yaitu di mana elevasi muka air kawah berada di antara elevasi pintu tengah dan pintu atas kawah. Sedangkan pada probabilitas 95% muka air kawah berada pada elevasi +1.089,50 m atau berada sedikit di atas elevasi pintu dasar kawah.

**Tabel 9** Potensi volume air kawah pada probabilitas hujan 95%

	Bulan	Hari	Hujan (mm)	Hujan (m <sup>3</sup> )	Eva- porasi (mm)	Eva- porasi (m <sup>3</sup> )	Rembesan per bulan (m <sup>3</sup> )	<i>Net Inflow</i> (m <sup>3</sup> )	Volume Akumulatif (m <sup>3</sup> )
	1	2	3	4	5	6	7	4-6-7	
	Volume <i>Dead Storage</i>								4.241.674
Probabilitas 95%	Jan	31	272,85	487.037	86,8	19.096	355.458	112.483	4.354.157
	Feb	28	365,05	651.614	71	15.620	355.458	280.536	4.634.694
	Mar	31	330,43	589.809	95,4	20.988	355.458	213.363	4.848.056
	Apr	30	316,9	565.667	65,7	14.454	355.458	195.755	5.043.811
	Mei	31	250,5	447.143	93,7	20.614	355.458	71.071	5.114.881
	Jun	30	92,45	165.023	102,4	22.528	355.458	(212.963)	4.901.918
	Jul	31	58,2	103.887	80	17.600	355.458	(269.171)	4.632.747
	Agst	31	30,55	54.532	86,9	19.118	355.458	(320.044)	4.312.703
	Sept	30	58,55	104.512	102,6	22.572	355.458	(273.518)	4.039.185
	Okt	31	165,75	295.864	72,5	15.950	355.458	(75.544)	3.963.641
	Nov	30	344,45	614.843	57,1	12.562	355.458	246.823	4.210.464
	Des	31	260,3	464.636	86,9	19.118	355.458	90.060	4.300.523



**Gambar 7** Hubungan elevasi dan volume tampungan kawah Gunung Galunggung

Dengan demikian besarnya debit air rata-rata yang dapat disediakan dari kawah selama bulan kering dengan tingkat keandalan curah hujan 80% dan 95% adalah sebesar 0,19 m<sup>3</sup>/dt dan 0,01 m<sup>3</sup>/dt.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis, maka sebagai suatu reservoir alam kawah Gunung Galunggung memiliki potensi tampungan sebesar  $16.125.726 \text{ m}^3$ . Volume air andal pada probabilitas hujan 80% dan 95% berturut-turut sebesar  $1.984.812 \text{ m}^3$  dan  $58.849 \text{ m}^3$ . Berdasarkan hasil analisis curah hujan diketahui periode bulan kering adalah antara bulan Juni dan September.

Potensi debit rata-rata yang dapat disuplai oleh kawah Gunung Galunggung pada probabilitas hujan 80% dan 95% berturut-turut sebesar  $0,19 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan  $0,01 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Mengingat besarnya debit yang dapat disediakan oleh kawah relatif kecil, khususnya pada tingkat probabilitas 95%, perlu dilakukan suatu kajian serupa guna meningkatkan potensi penyediaan air pada wilayah tersebut, baik reservoir alami maupun buatan.

Mengacu pada sifat fisik dari satuan batuan vulkanik tersebut di atas, maka dalam kaitan menjadikan kawah sebagai reservoir alam perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut. (1) Karena satuan batuan pada wilayah Gunung Galunggung mempunyai porositas dan permeabilitas tinggi, maka dalam perencanaan bangunan air faktor rembesan sangat perlu untuk diperhatikan. (2) Sifat fisik dari batuan vulkanik belum terkompaksi dengan baik, maka apabila di atas satuan batuan ini diberikan suatu pembebanan, satuan batuan ini akan mampat atau terjadi penurunan yang cukup besar. Oleh karena itu, dalam perencanaan lebih lanjut bahaya longsor perlu diperhatikan.

## REFERENSI

- Aditya Engineering Consultant. 2003. *Laporan Final Pola Distribusi Air Kawah Gunung Galunggung*. Bandung.
- Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG). 2000. *Peta Hujan Indonesia*. Jakarta: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.
- Dinas Pengairan Tasikmalaya. 2003. *Proyek Gunung Galunggung*. Tasikmalaya: Dinas Pengairan.
- Japan International Corporation Agency (JICA). 1995. *Drainage Works for the Crater Lake of Mt. Galunggung*.
- Sosrodarsono, S. & Takeda, K. 1978. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

## RIWAYAT PENULIS

**Andreas F.V. Roy** dan **Doddi Yudianto** adalah dosen di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.