

Sistem Penyaliran Tambang dalam Mencegah dan Menanggulangi Air Limpasan Alami dan Air Limpasan Terganggu di Void T2 Blok B – West Sambarata Mine Operation (SMO) PT Berau Coal, Desa Tasuk, Kecamatan Gunung Tabur Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur

¹Afia Risca Warna Putri, ²Yunus Ashari, dan ³Yuliadi

^{1,2,3}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,

Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email: ¹afiarisca20@gmail.com, ²yunus_ashari@yahoo.com, ³yuliadi_ms@yahoo.com

Abstract. PT Berau Coal is an coal mining company. On the area of Void T2 B-West block has distinctive material characteristics, namely the existence of overburden material which is expansive rock known as monmorillonite mineral ($Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$), that's will produce an extra high contribution to Total Suspended Solid exceed 20,000 mg/L with 250 days settling time. This condition is not fulfill the rules of the local regulation (Perda Prov. Kalimantan Timur No. 2/2011). The research method used is collecting of primary data such as form of channel dimension and actual WMP, precipitation (2007-2015) and wind velocity, humidity and air temperature. The secondary data are land use and topographic map, geological map, including soil condition. The areas consisting of natural runoff forests, revegetation and out-pit disposal (OPD) and the areas of disrupted runoff is including in-pit disposal (IPD) and Void T2. The runoff water that goes to the void. The return period of 2 year rainfall is 9.945 m³/sec, 5 years is 11.935 m³/sec and 10 years is 13.872 m³/sec. The channel is divided into 4 segments and it has height between 1.224 and 1.867 m, width of surface is 1.438-5.714 m, bottom width is 0.984-1,905 m. The compacted soil slope of channel wall using is 71.5650, while geomembrane slope is 26,5650. WMP dimension is 80 m long, 44 m wide and 3 m high with full time of 59 days. Settling time of sediment to the Void T2 takes 50 years, 1 month and 15 days on the placement of the actual pump. In this study suggest that the most efficient position of Pump No.1 against side A is 373,245 m, B side 394,294 m, C side 357,59 m, D side 6,585 m and Pump No.2 against A side 373,245 m, B side 9,323 m, C side 357,59 m and D side 391,556 m, the sedimentation time become 42 years, 7 months and 26 days. The pump used to stabilize the water level of Void T2 is 6 pumps.

Keywords: surface runoff, channel, sedimentation, pump

Abstrak. PT Berau Coal merupakan tambang batubara terbuka. Daerah Void T2 Blok B-West memiliki karakteristik material yang khas, yaitu adanya jenis material *overburden* yang bersifat *expansive* diakibatkan adanya kandungan mineral *monmorillonite* ($Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$) yang memberikan kontribusi *Total Suspended Solid* (TSS) tinggi hingga mencapai 20.000 mg/L dan waktu endap 250 hari. Keadaan tersebut tidak sesuai dengan Perda Provinsi Kalimantan Timur Nomor 2 Tahun 2011. Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dikaji mengenai sistem penyaliran tambang di Void T2 dalam mencegah dan menanggulangi air limpasan alami dan terganggu. Metode penelitian yang digunakan adalah pengumpulan data primer berupa data dimensi saluran dan WMP aktual, data curah hujan tahun 2007-2015 dan data kecepatan angin, kelembaban udara dan suhu udara. Untuk data sekunder berupa peta tata guna lahan, peta topografi dan morfologi, peta geologi dan kondisi tanah atau batuan dan spesifikasi pompa. Daerah yang termasuk ke dalam daerah dengan aliran air limpasan alami adalah hutan, revegetasi dan *out pit disposal* (OPD), untuk daerah yang termasuk aliran air terganggu adalah *in pit disposal* (IPD) dan Void T2. Debit air limpasan yang masuk ke lokasi penelitian pada periode ulang hujan 2 tahun sebesar 9,945 m³/detik, 5 tahun sebesar 11,935 m³/detik dan 10 tahun sebesar 13,872 m³/detik. Saluran dibagi menjadi 4 segmen dengan tinggi 1,224 m-1,867 m, lebar permukaan 1,438 m-5,714 m, lebar dasar 0,984 m-1,905 m dan kemiringan dinding material tanah yang dipadatkan sebesar 71,565⁰, sedangkan material *geomembrane* kemiringannya sebesar 26,565⁰. Panjang dimensi WMP 80 m, lebar 44 m dan tinggi 3 m dengan waktu penuh 59 hari. Sedimentasi material di Void T2 memerlukan waktu 50 tahun, 1 bulan, 15 hari pada posisi pompa aktual, apabila diganti dengan letak efisien yaitu pompa 1 terhadap sisi A 494,245 m, sisi B 394,294 m, sisi C 236,59 m, sisi D 6,585 m dan untuk pompa 2 terhadap sisi A 494,245 m, sisi B 9,323 m, sisi C 236,59 m dan sisi D 391,556 m waktu sedimentasi menjadi 43 tahun, 2 bulan, 27 hari. Pompa yang digunakan untuk menstabilkan muka air Void T2 adalah 6 buah.

Kata Kunci: air limpasan, saluran, sedimentasi, pompa

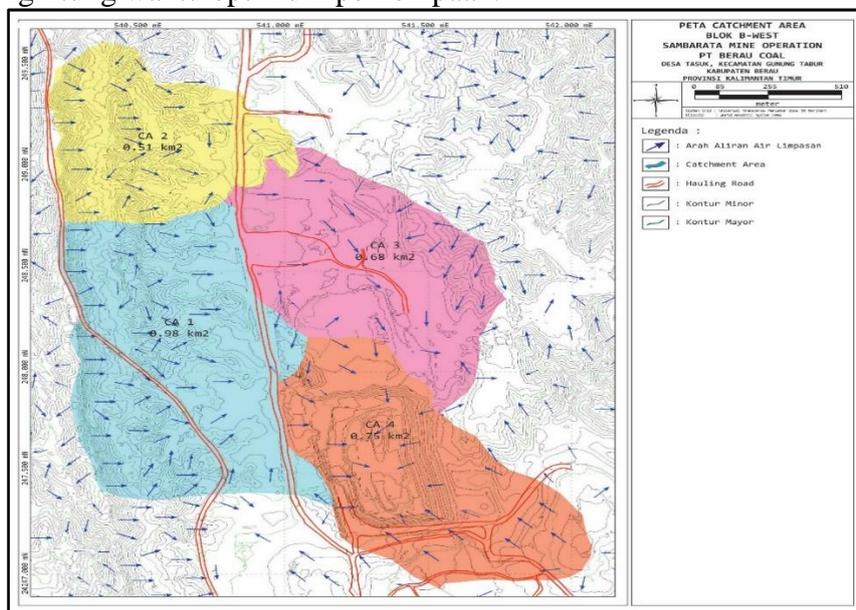
A. Pendahuluan

Latar Belakang

Di lokasi penambangan Sambarata Mine Operation (SMO) PT Berau Coal memiliki masalah air yang cukup serius yaitu ditandai dengan adanya material overburden yang bersifat expansive karena mengandung mineral monmorillonite ($Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$). Mineral tersebut akan memberikan kontribusi terhadap total suspended solid (TSS) ekstra tinggi mencapai 20.000 mg/L. Nilai ini melebihi baku mutu air limbah untuk kegiatan pertambangan batubara sebesar 300 mg/L (Perda Prov. Kalimantan Timur No. 2/2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air). Adanya masalah tersebut menjadikan kajian terhadap upaya penanganan TSS menjadi penting, yakni dengan mengombinasikan perencanaan mine drainage, mine dewatering, separation (pemisahan air alami dan terganggu) dan sediment control khususnya di lokasi penambangan Void T2 Blok B-West.

B. Tujuan Penelitian

1. Menghitung debit air limpasan (*run off*) yang masuk ke lokasi penelitian;
2. Menentukan rute dan dimensi saluran pengelak untuk mengurangi air limpasan alami yang masuk ke lokasi penelitian dan penentuan *Water Monitoring Point* (WMP) yang berada pada daerah *Void T2 Blok B-West* PT Berau Coal beserta waktu penuh WMP;
3. Menghitung kecepatan penumpukan lama waktu sedimentasi material yang masuk ke *Void T2* dan mengkaji letak pompa agar lebih efisien dalam proses pemompaan *solid* pada daerah *Void T2 Blok B-West* PT Berau Coal;
4. Menghitung kebutuhan pompa untuk menstabilkan permukaan air *void* dan menghitung waktu optimum pemompaan.



Gambar 1. Peta Catchment Area

C. Tinjauan Pustaka

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinu, air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif

terhadap hujan yang jatuh di daratan, di mana penguapan air di daratan dan laut bergerak naik ke atmosfer, terkondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut kembali jatuh sebagai hujan ke permukaan daratan dan laut. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (*surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau dan masuk ke sungai yang akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian menjadi lengas tanah dan sebagian lagi mengisi airtanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Pada akhirnya air sungai akan sampai ke laut. Siklus hidrologi secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut, (Viessman dan Lewis, 1996):

$$P - R - G - ET = \Delta S$$

Keterangan :

- P = Presipitasi (*precipitation*)
 R = Aliran permukaan (*surface runoff*)
 G = Aliran airtanah (*groundwater flow*)
 ET = Evapotranspirasi (*evapotranspiration*)
 ΔS = Cadangan Air (*storage*)

Debit Air Limpasan (Q)

Salah satu metode yang umum digunakan untuk memperkirakan laju aliran puncak (debit banjir atau debit air limpasan) adalah Metode Rasional. Metode ini digunakan untuk daerah yang luas pengalirannya kurang dari 300 ha (Goldman et.al.,1986, dalam Suripin, 2004). Metode Rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa curah hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh daerah pengaliran selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (T_c). Persamaan matematik Metode Rasional adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Keterangan :

- Q = Debit air limpasan ($m^3/detik$)
 C = Koefisien limpasan
 I = Intensitas curah hujan (mm/jam),
 A = Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

Perhitungan Dimensi Saluran

Saluran di lokasi tambang dibuat untuk menampung limpasan air permukaan dan mengalirkannya ke tempat penampungan air seperti *sump*, *settling pond*, dan lain-lain. Perancangan dimensi saluran air perlu analisis terhadap area penambangan sehingga saluran tersebut dapat mengalirkan debit air yang direncanakan, kecepatan airnya yang tidak merusak saluran, tidak menyebabkan terjadinya pengendapan, kemudahan dalam penggalian atau pembuatannya dan dalam pemeliharannya. Untuk menentukan dimensi saluran dapat menggunakan persamaan Chow (1964).

Settling Pond

Settling pond berfungsi sebagai tempat penampung air tambang sekaligus untuk mengendapkan partikel padatan. Dengan adanya *settling pond*, diharapkan air yang keluar dari daerah penambangan sudah bersih dari partikel padatan sehingga tidak

menimbulkan kekeruhan pada sungai atau laut sebagai tempat pembuangan akhir. Luas kolam pengendapan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = \frac{Q_{total}}{vt}$$

Keterangan :

A : Luas kolam pengendap (m²)

Q_{total} : Debit air yang masuk kolam pengendapan (m³/detik)

vt : Kecepatan pengendapan (m/detik)

Sedimentasi

Sedimen merupakan material atau fragmen yang terangkut melalui proses suspensi oleh air maupun oleh angin. Hasil sedimen adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di *catchment area* yang diukur pada periode tertentu dan tempat tertentu. Model Erosi *MUSLE* merupakan pengembangan dari persamaan *Universal Soil Loss Equation (USLE)* yang selanjutnya dikembangkan sebagai persamaan pendugaan erosi oleh Williams (1975), yaitu menerapkan faktor erosivitas hujan (R) sebagai *rainfall-runoff* sebagai basis persamaan *MUSLE* (Murtiono, 2008). Secara umum, rumus dasar model *MUSLE* adalah sebagai berikut:

$$S_y = a (V_q \cdot Q_R)^b K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

Keterangan:

S_y = hasil sedimen (ton/hari)

a,b = konstanta *Williams*, masing-masing 11,8 dan 0,56

V_q = Limpasan permukaan (mm/hari)

Q_R = Debit maksimum (m³/detik)

K = Faktor erodibilitas tanah

LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng

C = Faktor tanaman penutup lahan dan pengelolaan tanaman

P = Faktor tindakan konservasi praktis oleh manusia

Sistem Pemompaan

Untuk mengetahui debit pompa yang dibutuhkan, dapat dilakukan dengan cara menghitung *total dynamic head* pada pompa. *Total dynamic head* adalah kemampuan tekanan maksimum pada titik kerja pompa, sehingga pompa tersebut mampu mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lainnya. Untuk menghitung nilai *total dynamic head* terdiri atas penjumlahan beberapa parameter head lain yaitu *static head*, *velocity head*, *friction head* dan *shock loss head*. Setelah mengetahui nilai *total dynamic head* pompa maka untuk menghitung nilai debit pemompaan dapat menggunakan persamaan head kualitas.

D. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berdasarkan hasil *survey* lapangan di *Void T2* pada bulan November 2016, volume air sebesar 4.824.635,837 m³ dan berada pada elevasi 3,8 mdpl. Sedangkan volume maksimum *Void* tersebut adalah sebesar 7.291.685,10 m³ pada elevasi 15 mdpl.

Debit Air Limpasan (Q)

Debit air limpasan yang masuk ke *Void T2* dihitung berdasarkan koefisien limpasan yang tergantung kepada vegetasi, jenis tanah/batuan dan tata guna lahan, dan

pengolahan data intensitas curah hujan serta luas masing-masing *catchment area*. Tabel 1 di bawah ini merupakan hasil perhitungan debit air limpasan di lokasi penelitian.

Tabel 1. Perhitungan Debit Air Limpasan

Nama	Kategori Kemiringan (%)	Kategori Tata Guna Lahan	C	I (mm/jam)	A (km ²)	Q (m ³ /detik)
CA 1	<3,35 - >16,55	Hutan, Revegetasi, OPD	0,464	20,778	0,98	2,628
CA 2	<3,35 - >16,55	Hutan, Revegetasi, OPD	0,547	33,801	0,51	2,622
CA 3	<3,35 - >16,55	Hutan, Revegetasi, OPD, IPD	0,706	19,892	0,68	2,654
CA 4	<3,35 - >16,55	Hutan, Revegetasi, OPD, IPD, Void	0,803	35,657	0,75	5,967
TOTAL					2,92	13,872

Sumber : Hasil Pengolahan Data PT Berau Coal Site Samarata Mine Operation, 2015

Dimensi Saluran

Dimensi dan bentuk penampang saluran air ditentukan berdasarkan debit air yang masuk kedalam saluran yang dibuat (Gambar 2). Hasil perhitungan dimensi saluran pengelak dapat dilihat pada Tabel 2.



Sumber : PT Berau Coal Site Samarata Mine Operation, 2015

Gambar 2. Kondisi Saluran di Lapangan

Tabel 2. Dimensi Saluran Pengelak

Segmen	Panjang Saluran (m)	Lebar Permukaan Saluran (B) (m)	Lebar Dasar Saluran (b) (m)	Kedalaman Basah (m)
Segmen 0 – 1	1.037,217	3,832	1,277	1,204
Segmen 2 – 1	437,387	1,407	0,963	1,244
Segmen 1 - 3	603,355	2,495	1,707	1,950
Segmen 3 - 4	808,639	6,230	1,593	1,759

Water Monitoring Point (WMP)

Dimensi WMP dipengaruhi oleh debit air limpasan yang masuk ke dalam WMP dan juga kecepatan pengendapan (v_t). WMP dibagi menjadi 3 kompartemen, di mana debit akan terdistribusi merata ke tiga WMP. Panjang dan lebar WMP setiap kompartemen yaitu 80 meter dan 44 meter. Kedalaman WMP dibuat sesuai dengan spesifikasi alat gali yaitu Komatsu PC 200 dengan kedalaman 3 meter. Waktu penuh kolam (W_p) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{V_k}{V_{st}} \\
 &= \frac{10.560 \text{ m}^3}{179,208 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 58,92 \text{ hari} \approx 59 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Debit Airtanah

Neraca kesetimbangan air (*water balance*) di daerah penelitian dihitung dengan menggunakan persamaan berikut, (Viessman dan Lewis, 1996):

$$\begin{aligned} G &= P - R - ET - \Delta S \\ &= 29,013 \text{ mm/hari} - 23,29 \text{ mm/hari} - 4,079 \text{ mm/hari} - 0 \\ &= 1.646 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Besarnya debit airtanah didapat dengan mengalikan aliran airtanah dan luas permukaan *Void T2*, yaitu $Q_{\text{airtanah}} = 1,646 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{jam} \times 280.000 \text{ m}^2 = 460,932 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Sedimentasi

Volume sedimentasi pada *Void T2* dapat diketahui dari parameter erosivitas hujan, faktor aliran, volume aliran, dan debit maksimum, serta faktor erodibilitas tanah, faktor kemiringan lereng, faktor tanaman penutup lahan, faktor tindakan konservasi manusia. Besarnya sedimentasi pada *Void T2* adalah 1.096,87 ton/hari. Dengan densitas tanah, lanau dan lempung basah sebesar 2.000 kg/m^3 (Peraturan Pembebanan Indonesia, 1983) maka dapat dihitung debit sedimen :

$$\begin{aligned} S_y &= \frac{1.096,87 \text{ ton/hari}}{2 \text{ ton/m}^3} \\ &= 548,435 \text{ m}^3/\text{hari} = 22,851 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Sistem Pemompaan

Debit pemompaan optimum dapat dihitung dengan memperhatikan beberapa nilai Head yang timbul akibat pemompaan dan spesifikasi pompa yang digunakan. Tabel 3 merupakan hasil perhitungan debit optimum pemompaan.

Tabel 3. Debit Optimum Pemompaan

Jenis Pompa	Head (m)		Debit		
	Spesifikasi Alat	Teoritis	Spesifikasi Alat (m^3/s)	Teoritis (m^3/s)	Teoritis (m^3/jam)
Multiflo MF 420-1	220	157,775	0,3	0,254	914,602
Multiflo MF 420-2	220	157,914	0,3	0,2541	915,004
Total (22 Jam Pemompaan)					40.251,322

Analisis Sedimentasi *Void* dan Kebutuhan Pompa

Penentuan posisi pompa yang efisien untuk mengeluarkan material sedimen yang berada di *Void T2*, maka diperlukan simulasi penentuan letak pompa terhadap *Void T2*. Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan bahwa simulasi ke-4 adalah posisi pemompaan yang paling efisien (Tabel 4). Berdasarkan hal ini, selanjutnya dihitung besarnya sedimen yang terbawa dan waktu penuh *Void* pada masing-masing posisi pompa (Tabel 5).

Tabel 4. Simulasi Penentuan Letak Pompa di dalam *Void*

Pompa	Sisi	Jarak Aktual (meter)	Jarak Percobaan (m)						
			1	2	3	4	5	6	

Multiflo MF 420-1	A	714,359	714,245	694,245	594,245	494,245	394,245	373,245
	B	394,324	394,294	394,294	394,294	394,294	394,294	9,323
	C	8,366	16,59	36,59	136,59	236,59	336,59	357,59
	D	3,16	6,585	6,585	6,585	6,585	6,585	6,585
Multiflo MF 420-2	A	716,359	714,245	694,245	594,245	494,245	394,245	373,245
	B	394,324	9,323	9,323	9,323	9,323	9,323	9,323
	C	9,366	16,59	36,59	136,59	236,59	336,59	357,59
	D	3,16	391,556	391,556	391,556	391,556	391,556	391,556

Tabel 5. Waktu Penuh Sedimen Void T2

Void	Aktual	Percobaan (dalam satuan m ³ /hari)					
		1	2	3	4	5	6
Debit Pemompaan	40.251,322	40.278,684	42.074,47	42.478,841	42.879,398	43.276,247	43.359,124
Sedimen Terbawa	152,08	112,396	103,395	90,833	88,817	88,856	89,023
Sedimen Tertinggal	396,354	436,038	445,04	457,601	459,618	459,578	459,41
Waktu Penuh Void	50 tahun 1 bulan 15 hari	45 tahun, 6 bulan, 25 hari	44 tahun, 7 bulan, 27 hari	43 tahun, 5 bulan, 6 hari	43 tahun, 2 bulan, 27 hari	43 tahun, 2 bulan, 29 hari	43 tahun, 3 bulan, 5 hari

Perhitungan kebutuhan pompa didasarkan pada jam kerja pompa dan lamanya hujan yang terjadi dalam satu hari. Hasil perhitungan kebutuhan pompa dan jam kerja pompa optimal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 n \text{ Alat} &= \frac{Q \text{ Total} \times \text{Jam hujan dalam 1 hari}}{Q \text{ Alat} \times \text{Jam kerja alat dalam 1 hari}} \\
 &= \frac{78.876,459 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4,31 \text{ jam}}{915,425 \text{ m}^3/\text{jam} \times 22 \text{ jam}} \\
 &= 3,917 \text{ pompa}
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui jam kerja pompa optimal sehingga didapatkan estimasi pompa yang bernilai pembulatan dari banyaknya alat, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jam Kerja Pompa Optimal} &= \frac{\text{Jam Kerja Pompa}}{(\text{Pembulatan } n \text{ Alat} / n \text{ Alat})} \\
 &= \frac{22 \text{ jam}}{(4 \text{ Pompa} / 3,917 \text{ Pompa})} \\
 &= 21,541 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Kebutuhan Pompa dan Jam Kerja Optimum Pompa

Bulan	Q (m ³ /Jam)	Jam Hujan (Jam)	Evaporasi (m ³ /hari)	Airtanah (m ³ /hari)	Q Total (m ³ /hari)	Q Alat (m ³ /Jam)	Jam Kerja Pompa (jam)	Estimasi Pompa	Pompa	Jam Kerja Optimum
-------	-------------------------	-----------------	----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	----------------	-------	-------------------

Januari	18500,208	4,306	1239,52	460,93	78876,459	915,425	22	3,917	4	21,541
Februari	15783,237	3,99			62272,033			3,092	4	17,006
Maret	15749,112	3,943			61323,188			3,045	4	16,747
April	19203,655	3,28			62222,373			3,090	4	16,993
Mei	23558,505	4,04			94405,224			4,688	5	20,625
Juni	16370,091	3,97			64170,848			3,186	4	17,525
Juli	13862,770	3,30			44927,791			2,231	3	16,360
Agustus	16121,329	3,26			51766,596			2,570	3	18,850
September	21443,949	3,52			74625,836			3,705	4	20,380
Oktober	30976,560	3,63			111817,739			5,552	6	20,358
November	13849,195	3,39			46182,243			2,293	3	16,816
Desember	15298,360	3,77			56840,858			2,822	3	20,697

E. Kesimpulan

1. Debit air limpasan yang masuk ke lokasi penelitian pada periode ulang hujan 2 tahun sebesar 9,945 m³/detik, 5 tahun sebesar 11,935 m³/detik dan 10 tahun sebesar 13,872 m³/detik.
2. Saluran dibagi menjadi 4 segmen dengan tinggi saluran antara 1,20 – 1,95 m, lebar 1,4 – 5,7 m, lebar dasar 0,9 – 2,1 m dan kemiringan dinding material tanah yang dipadatkan 71°, sedangkan material *geomembrane* kemiringannya 26.565⁰. Panjang saluran 2.887 m dari elevasi 31 mdpl (*inlet*) sampai elevasi 8 mdpl (*outlet*). *Water Monitoring Point* (WMP) memiliki 3 kompartemen dengan dimensi panjang 80 m, lebar 44 m dan tinggi 3 m dengan waktu penuh 59 hari.
3. Waktu sedimentasi material di *Void T2* alah 50 tahun, 1 bulan, 15 hari pada posisi pompa aktual, dengan menggunakan letak pompa pada percobaan 4, waktu penuh *Void T2* menjadi 43 tahun, 2 bulan, 27 hari dengan letak pompa 1 terhadap sisi A yaitu 494,245 meter, sisi B 394,294 meter, sisi C 236,59 meter dan sisi D 6,585 meter dan untuk pompa 2 terhadap sisi A 494,245 meter, sisi B 9,323 meter, sisi C 236,59 meter dan sisi D 391,556 meter.
4. Jumlah pompa yang dibutuhkan pada *Void T2* adalah 6 unit Pompa Multiflo MF - 420 dengan waktu optimum pemompaan 21,706 jam.

F. Saran

1. Apabila aliran air alami pada saluran mulai terganggu oleh material *expansive* disekitarnya diperlukan perubahan keseluruhan dasar saluran dengan *geomembrane* agar meminimalkan terganggunya aliran air yang ada di saluran dan akan di alirkan ke *Water Monitoring Point* (WMP).
2. Untuk kegiatan *maintenance* WMP dapat dilakukan setiap 29 hari sekali dengan asumsi endapan pada *settling pond* tersebut sudah mencapai 50% dari volume kapasitas WMP.
3. Diperlukan kegiatan *falling head test* ataupun *pumping test* untuk mengetahui debit air tanah yang sebenarnya pada daerah *Void T2*.

Daftar Pustaka

Chow, V.T. 1964. *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, New York.

- Hardiyatmo, H.C. 2006 Mekanika Tanah I, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.**
- Murtiono, Ugro Hari. 2008. Kajian Model Estimasi Volume Limpasan Permukaan, Debit Puncak Aliran dan Erosi Tanah dengan Model *Soil Conservation Service* (SCS), Rasional dan *Modifield Universal Soil Loss Equation* (MUSLE), Balai Penelitian Kehutanan, Solo.
- Sayoga, Rudi. 1993. Sistem Penirisan Tambang. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi Publishing. Yogyakarta.
- Viessman, Warren Jr. and Lewis, G.L. 1996. *Introduction to Hydrology*, 4.edit. Harper Collins College. New York.
- Williams, J. R. 1975. *Sediment – Yield Prediction with Universal Equation Using Runoff Energy Factor. Proceedings Of The Sediment Yield Workshop*. USDA Sedimentation Laboratory, Oxford, Mississippi.