

Desain Main Sump pada Rencana Penambangan Tahun 2015 di PT Jambi Prima Coal, Desa Pamusiran, Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi

Main Sump Design on Mining Planning in 2015 year in PT Jambi Prima Coal, Pamusiran Village, Mandiangin Residence, Kabupaten Sarolangun, Jambi Province

¹Rifan Gifari, ²Yunus Ashari, ³Dudi Nasrudin Usman

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

Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email: ¹fangifari@gmail.com

Abstract. Mine drainage system is one of the crucial parameters which has an influence on mine activity especially coal. In analyzing the dimensions of the sump on mine plan requires some analysis such as determining rainfall plan with the rainfall data for 12 years (2003-2014) with a 10-year return period. Rainfall plan obtained by 63.09 mm/day and the value of rainfall intensity is 2.62 mm/hour. The wide catchment area flows into the sump 605129.80 m². The surface runoff discharge amounts to 1431.60 m³/hour. The groundwater flow amounts 4,82 mm/day. The surface runoff which goes into sump contains solid particles and water so there will be sedimentation at the bottom of the sump. Pumping will be done by using KSB DnD 150-4H and KSB DnD 200-5HX. The percent of solid pump can transport the maximum of 40% depending on the placement of the pump. The volume of sedimentation in the sump is 7.15 m³/day. The evaporation rate is 4.30 mm/day. The sump dimensions are simulated by five dimensions, they are the dimensions of A, B, C, D, and E with the depth of each, 8 m, 7 m, 6 m, 5 m, and 4 m. Regarding this, it can be known the influence of sedimentation, evaporation, groundwater discharge, and the placement of pump in sump. Based on the simulation having been created are decided the C dimensions with area 1080.45 m², depth of 6.6 m, and the sump peak elevation is on -24 meters above sea level. Maximum limit of the water in sump is at -24.6 mdpl with a drain sump 14 months of 21 days.

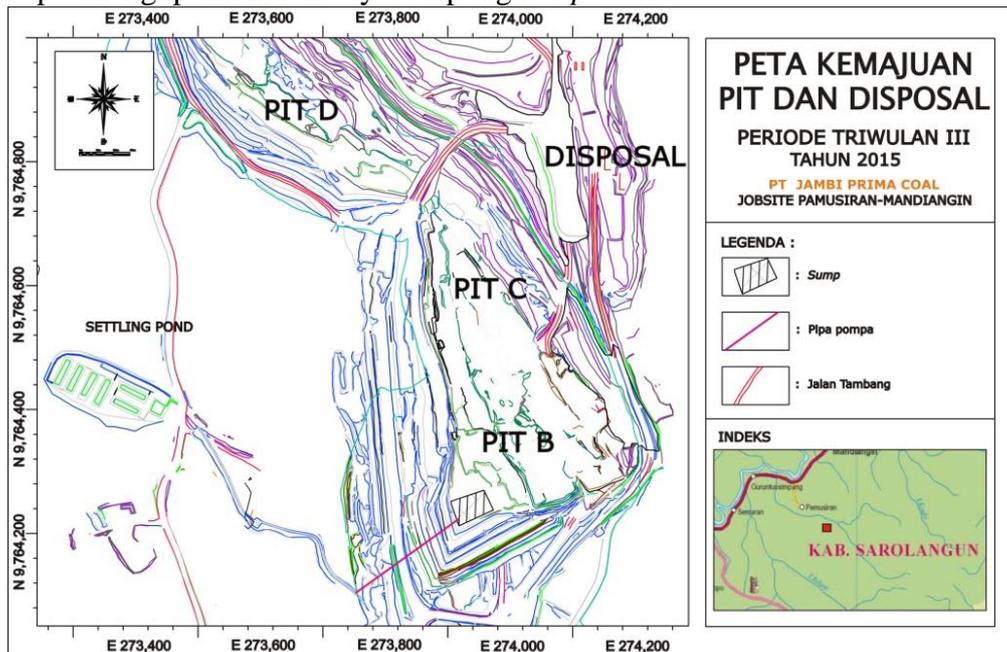
Keywords : Sump, Sedimentation, Evaporation, Pumps.

Abstrak. Sistem penyaliran tambang merupakan salah satu parameter penting yang mempengaruhi aktivitas penambangan khususnya batubara. Dalam menganalisis dimensi *sump* pada rencana penambangan diperlukan analisis seperti penentuan curah hujan rencana dari data curah hujan selama 12 tahun (2003-2014) dengan periode ulang 10 tahun. Hasilnya adalah curah hujan rencana sebesar 63,09 mm/hari dan nilai intensitas curah hujan sebesar 2,62 mm/jam. Luasan *catchmentarea* yang mengalir ke *sump* 605.129,80 m². Debit air limpasan adalah sebesar 1431,60 m³/jam. Aliran airtanah adalah sebesar 4,82 mm/hari. Air limpasan yang masuk ke *sump* mengandung partikel padatan dan air sehingga akan terjadi sedimentasi pada dasar *sump*. Pemompaan dilakukan dengan menggunakan pompa KSB DnD 150-4H dan KSB DnD 200-5HX. Pompa dapat mengangkut maksimum 40% padatan tergantung dari penempatan pompa. Volume sedimentasi yang terjadi pada *sump* adalah 7,15 m³/hari. Laju evaporasi 4,30 mm/hari. Dimensi *sump* disimulasikan sebanyak lima dimensi, yaitu A, B, C, D, dan E dengan kedalaman masing-masing, 8 m, 7 m, 6 m, 5 m, dan 4 m. Berdasarkan hal ini, dapat diketahui adanya pengaruh sedimentasi, evaporasi, debit airtanah, dan peletakan pompa pada *sump*. Dari simulasi yang telah dibuat dipilih dimensi C dengan luas 1080,45 m², kedalaman 6,6 m, dan puncak *sump* berada di elevasi -24 mdpl. Batas maksimum muka air *sump* adalah -24,60 mdpl dan waktu kuras *sump* 14 bulan 21 hari.

Kata Kunci : Sump, Sedimentasi, Evaporasi, Pompa.

A. Pendahuluan

Sistem penyaliran tambang yang digunakan PT JPC adalah metode *mine dewatering*, yaitu suatu upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke lokasi penambangan dengan cara pemompaan. Air yang telah masuk ke area penambangan ditampung di dalam *sump*. Pada saat terjadi curah hujan yang tinggi, *sump* dilokasi bukaan tambang PT JPC (Gambar 1) tidak dapat menampung air, akibatnya air meluap. Berdasarkan pengamatan, meskipun telah dilakukan pemompaan, air yang ada di *sump* tetap meluap sehingga perlu dilakukan evaluasi dimensi dan kemungkinan pengurangan agar dapat mengoptimalkan daya tampung *sump*.



Gambar 1. Peta lokasi bukaan tambang PT JPC

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah faktor sedimentasi sudah diperhitungkan dalam penyusunan desain *sump*? Berapa kecepatan sedimentasi pada *sump*? Untuk mengoptimalkan kapasitas *sump*, berapa lama *sump* harus dikuras? Dari permasalahan di atas maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung debit air limpasan yang masuk ke *sump*.
2. Menghitung kecepatan sedimentasi *sump*.
3. Menentukan kapasitas *sump* dan mendesain *sump*.
4. Menentukan batas atas permukaan air di *sump*.

B. Landasan Teori

Pada kegiatan penambangan, baik tambang terbuka (*open pit*) maupun tambang bawah tanah (*underground mining*) tidak terlepas dari masalah pengendalian air atau lebih umum disebut dengan istilah penyaliran tambang. Adapun aspek-aspek yang mendasari perencanaan penyaliran tambang adalah aspek hidrologi dan hidrogeologi yang meliputi: pengetahuan tentang daur hidrologi, curah hujan, air limpasan, infiltrasi, evaporasi, dan airtanah. Daur hidrologi secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut, (Viessman dan Lewis, 1996):

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

Keterangan: P = Presipitasi
 R= Aliran permukaan
 G= Aliran airtanah
 ET= Evapotranspirasi
 ΔS = Cadangan air

Presipitasi adalah istilah umum untuk menyatakan uap air yang mengkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dalam segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi (Suripin, 2004). Evaporasi adalah proses penguapan atau hilangnya air dari tanah dan badan-badan air (abiotik). Salah satu rumus empiris untuk menghitung besarnya evaporasi adalah *Meyer's Formula* (Viessman dan Lewis, 1996).

Kombinasi dua proses yang saling terpisah, yaitu kehilangan air dari permukaan tanah melalui proses evaporasi dan kehilangan air dari tanaman melalui proses transpirasi disebut sebagai evapotranspirasi (ET). Evapotranspirasi dapat dihitung dengan rumus Turc (Viessman dan Lewis, 1996).

Dalam menganalisis data, hal pertama yang dilakukan adalah pengukuran dispersi untuk menganalisis secara statistik agar dapat diperoleh pola yang sesuai dengan sebaran curah hujan rata-rata di lokasi penelitian. Tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Menurut Soewarno (1995), parameter pengukuran dispersi adalah Standar deviasi (S_x), Koefisien *Skewness* (C_s), Pengukuran Kurtosis (C_k), Pengukuran Variasi (C_v).

Tabel 1. Jenis distribusi frekuensi data

Jenis Distribusi Frekuensi	Syarat
Distribusi Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
Distribusi Log-Normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^3$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Distribusi <i>Gumbel</i>	$C_s = 1,139$ $C_k = 5,4002$
Distribusi Log-Pearson tipe III	Selain di atas

Sumber: Soewarno (1995)

Bentuk distribusi Log-Pearson Tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi *Pearson* Tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritma. Rumus Log-Pearson Tipe III adalah sebagai berikut, (Suripin, 2004):

$$\text{Log } X_r = \text{Log } \bar{x} + K \cdot S_x$$

Keterangan: X_r = Curah hujan rencana (mm/hari)
 \bar{x} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm/hari)
 K = Variabel standar
 S_x = Standar deviasi

Setelah didapat jenis distribusi frekuensi yang paling sesuai, tahap selanjutnya adalah menguji kecocokan sebaran dengan cara pengujian statistik, yang dalam penelitian ini digunakan uji *Chi-kuadrat* dan uji *Smirnov-kolmogorov*. Untuk memperkirakan debit air limpasan, digunakan rumus rasional, yaitu (Suripin, 2004):

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Keterangan: Q = Debit air limpasan maksimum (m³/jam)
 C = Koefisien limpasan
 I = Intensitas curah hujan (m/jam)
 A = *Catchment area* (m²)

Sedimen merupakan material atau fragmen batuan yang terangkut melalui proses suspensi oleh air maupun oleh angin. Hasil sedimen (*sediment yield*) 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 pertama kali diterbitkan dalam *Agricultural Handbook* No. 282 (1965) dan dipublikasikan lagi pada *Agricultural Handbook* No. 587 (1978). Selanjutnya, persamaan pendugaan erosi dikembangkan oleh Williams (1975), yaitu menerapkan faktor erosivitas hujan (R) sebagai *rainfall-runoff* basis sebagai persamaan *MUSLE* (Murtiono, 2008).

Menurut Suwandi (2004), kecepatan pengendapan padatan tergantung dari diameter partikel dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Stokes* apabila persen padatan kurang dari 40%. *Head loss* dapat diartikan sebagai *head* berbagai kerugian akibat adanya perbedaan ketinggian (*Static Head*), kecepatan aliran (*Velocity Head*), gesekan pada pipa (*Friction Head*), dan akibat adanya sambungan dan belokan (*Shock loss*).

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terbagi menjadi data primer dan sekunder. Data primer meliputi debit pemompaan, yaitu pompa KSB DnD 150-4H, jenis pipa yang digunakan, waktu maksimum pemompaan yang ditetapkan adalah 21 jam dengan waktu *maintenance* 3jam. Data sekunder yang diambil adalah data spesifikasi pompa KSB DnD 200-5HX, data curah hujan di Desa Pamusiran selama 12 tahun (2003-2014), peta perencanaan Sistem Penyaliran Tambang(SPT) tahun 2015, dan data laporan survey tinjau PT JPC yang meliputi: data suhu air rata-rata (26,9⁰C), kelembaban udara (78%), dan kecepatan angin rata-rata (4 knot).

Pengolahan Data

Setelah didapat data yang dibutuhkan, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisis terhadap data tersebut.

1. Debit Air Limpasan

Berdasarkan uji statistika, distribusi data curah hujan di lokasi penelitian selama periode 2003-2014 yang sesuai adalah distribusi *Log-Pearson* Tipe III yang berarti jenis sebaran tidak normal sehingga data harus diuji dengan metode statistik non-parametrik.

Penerapan uji *Chi-kuadrat* digunakan untuk uji kecocokan (*Goodness of Fit*) dan uji *Smirnov-kolmogorov* digunakan untuk uji kesesuaian distribusi. Hasil pengujian ini didapatkan bahwa distribusi *Log-Pearson* Tipe III adalah yang memenuhi syarat. Perhitungan intensitas curah hujan dengan menggunakan distribusi *Log-Pearson* Tipe III didapatkan 63,09 mm/hari. Nilai tersebut untuk periode ulang hujan 10 tahun yang dihitung dengan menggunakan rumus *Mononobe* adalah sebesar 2,62x10⁻³m/jam.

Berdasarkan peta perencanaan SPT Tahun 2015, *catchment area* adalah 605.129,8m² sehingga debit air limpasan yang dihitung menggunakan rumus rasional, dengan koefisien limpasan 0,9 (kemiringan lahan terbuka >15⁰), adalah sebesar

1.431,60m³/jam. Analisis neraca kesetimbangan air (*water balance*) di daerah penelitian, dengan besaran curah hujan adalah 63,09 mm/hari, aliran permukaan 53,91 mm/hari, evapotranspirasi (rumus Turc) adalah 4,36 mm/hari, area penyimpanan air dengan area yang kecil adalah sama dengan nol (Viessman dan Lewis, 1996), maka besarnya aliran airtanah (*subsurface runoff*) adalah sebesar 4,82 mm/hari.

2. Kecepatan Sedimentasi pada *Sump*

Sedimentasi tidak hanya terjadi pada kolam pengendap, akan tetapi juga dapat terjadi di *sump*. Oleh karena itu, dalam perencanaan *sump* perlu diperhitungkan besarnya laju sedimentasi. Perhitungan besarnya sedimentasi digunakan model *MUSLE* (*Modified Universal Soil Loss Equation*) (Williams, dalam Murtiono, 2008). Dengan menggunakan asumsi densitas tanah, lanau, dan lempung basah sebesar 2.000 kg/m³ (Peraturan Pembebanan Indonesia, 1983), maka laju sedimentasi pada *sump* adalah:

$$S_y = \frac{14,3020 \text{ ton/hari}}{2 \text{ ton/m}^3} = 7,15 \text{ m}^3/\text{hari}$$

3. Laju Evaporasi

Laju evaporasi di daerah penelitian dihitung dengan menggunakan rumus empiris *Meyer's Formula* (Viessman, 1996), hasilnya adalah 4,30x10⁻³ m/hari.

4. Sistem Pemompaan

Pompa yang digunakan pada perencanaan SPT Tahun 2015 adalah pompa KSB tipe DnD150-4H dan KSB tipe DnD 200-5HX. Total *head* sistem pompa KSB tipe 150-4H adalah 101,46 m dan *head* pompa 102 m dengan debit air yang diinginkan sebesar 600 m³/jam. Dari grafik pompa KSB model 150-4H didapat rpm pompa yang harus digunakan adalah 1.640 rpm dengan daya 225 Kw. Sedangkan total *head* sistem pompa KSB tipe DnD 200-5HX adalah 123,25 m dan *head* pompa 125 m dengan debit air yang diinginkan 850 m³/jam, maka dari grafik pompa KSB model 200-5HX didapat rpm pompa yang harus digunakan adalah 1.470 rpm dengan daya 400 Kw.

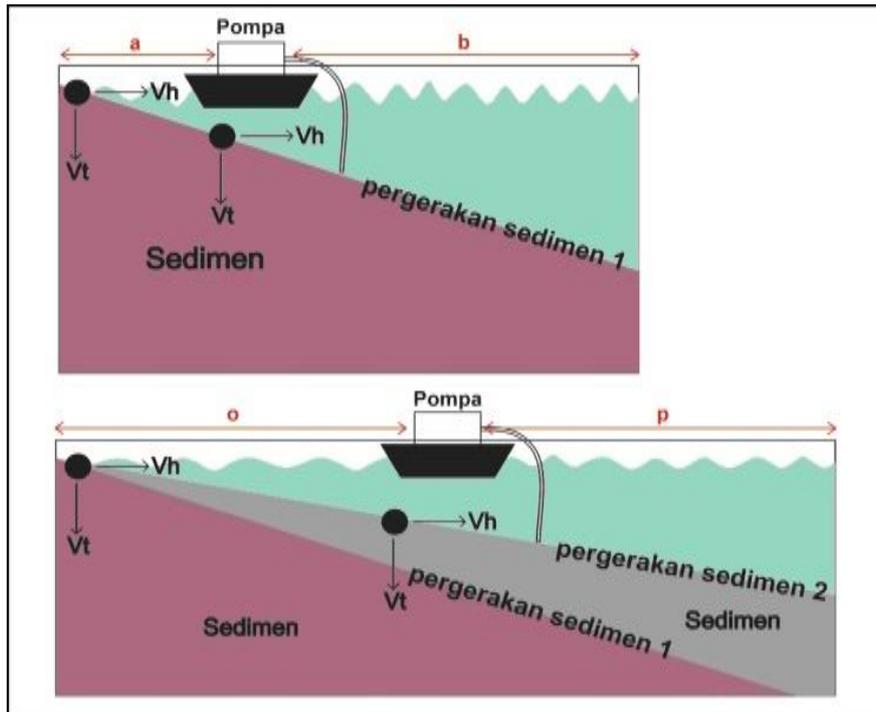
5. Analisis Kapasitas *Sump*

Kapasitas *sump* dibuat agar dapat menampung sedimentasi selama 1 tahun, maka kapasitas minimum *sump* yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{volume sisa air (debit air yang masuk selama 24 jam - debit pemompaan selama 21 jam) + akumulasi sedimentasi selama 1 tahun;} \\ &= 3.908,35 \text{ m}^3 + 2.547,37 \text{ m}^3 \\ &= 6.482,72 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

6. Analisis Dimensi *Sump*

Analisis dimensi dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal berkaitan dengan besarnya debit airtanah, evaporasi, pemompaan, dan sedimentasi. Oleh karena itu, disimulasikan 5 dimensi *sump*, yaitu *Sump* A, B, C, D, dan E dengan kedalaman *sump* divariasikan 8 m, 7 m, 6 m, 5 m, dan 4 m. Penelitian ini menghasilkan perhitungan bahwa dalam satu jam, aliran air yang masuk ke *sump* adalah sebesar 1.431,60m³, mengandung sedimen sebanyak 0,29 m³. Sedangkan dengan debit pompa sebesar 1.450 m³, maka pemompaan hanya dapat membawa sedimen maksimum sebesar 40% (spesifikasi pompa KSB DnD 200-5HX dan KSB DnD 150-4H). Oleh karena itu, pergerakan sedimen dan posisi peletakan pompa perlu dihitung agar diketahui volume sedimen yang terpompa (Gambar 2).



Gambar 2. Peletakan pompa dan pergerakan sedimen

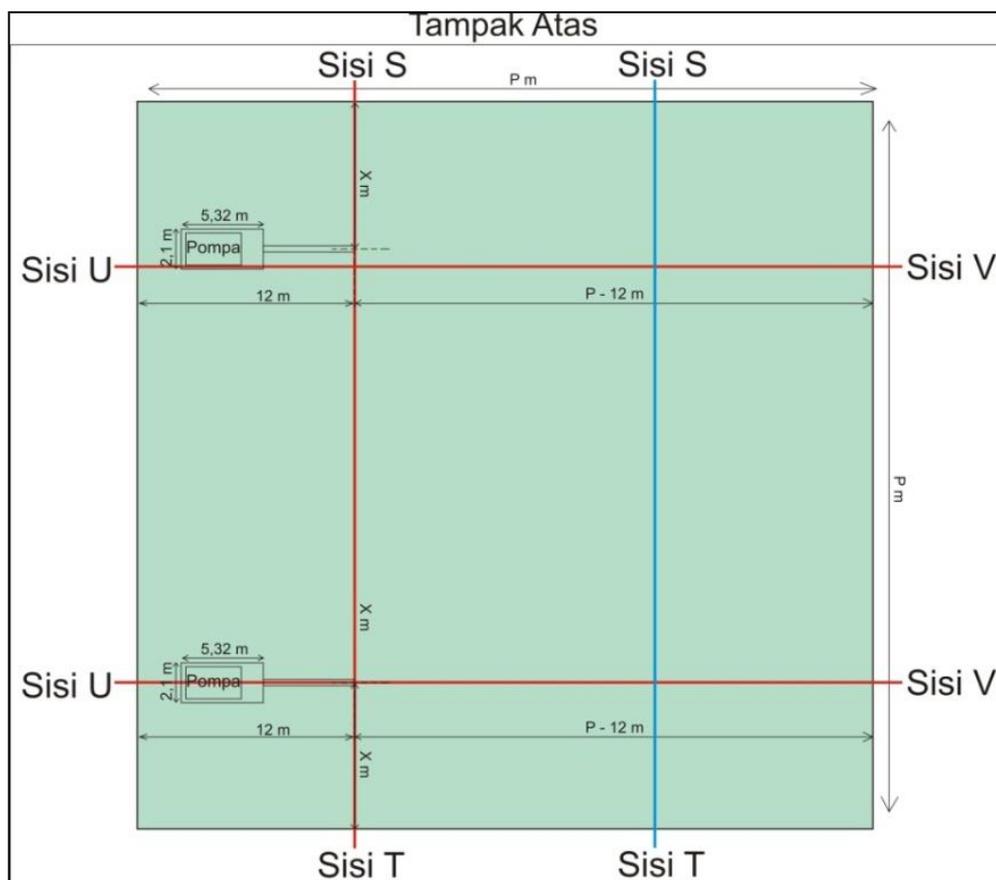
V_t adalah laju partikel padatan dalam arah vertikal dan V_h dalam arah horizontal. Laju partikel (V_h) diasumsikan sama dengan laju aliran air. V_t didapatkan melalui perhitungan kecepatan pengendapan dari persamaan *Stokes* (Suwandi, 2004) dengan persen padatan di lokasi penelitian adalah 0,021%.

Geologi daerah penelitian tersusun atas batupasir, lanau, dan lempung. Menurut skala Wentworth, batupasir halus, lanau, dan lempung berukuran masing-masing 1/8-1/16 mm, 1/16-1/256 mm, <1/256 mm. Jika ukuran minimum sedimen terpompa adalah 40%, maka batas diameter sedimen terpompa dan diameter sedimen tertinggal adalah $40\% \times (1/8 - 0) \text{ mm} = 0,05 \text{ mm}$. Ini berarti diameter $\geq 0,05 \text{ mm}$ akan mengendap dan diameter $\leq 0,05 \text{ mm}$ akan terpompa.

Agar pompa dapat membawa sedimen sebesar 40%, maka peletakan pompa ditentukan dengan melakukan perbandingan:

$$\frac{\text{Jarak pompa}}{\text{Kedalaman pipa inlet}} = \frac{V_h}{V_t}$$

Berdasarkan hal ini, jarak pompa dari dinding sump adalah 5,08 m dan diletakkan dari sisi S dan sisi T (Gambar 3). Jarak pompa dari dinding sump pada sisi U adalah 12 m, menyesuaikan spesifikasi pompa KSB panjang dari pompa sampai ujung pipa inlet adalah 11,67 m. Garis S-T adalah daerah partikel sedimen yang tidak bisa diatasi oleh kedua pompa sehingga persentase sedimen yang dapat dipompa adalah 0% baik dari sisi S maupun sisi T. Berdasarkan hal ini, maka dapat dihitung waktu pengurasan masing-masing dimensi sump yang disimulasikan.



Gambar 3. Posisi pompa pada *sump* dan mekanisme pergerakan sedimen

Contoh perhitungan waktu kuras *sump* jika dimensi *sump* dipilih adalah A:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas sump} &= \text{volume sisa} - \text{evaporasi} + \text{debit airtanah} + \text{tampungan sedimen} \\ 6.482,72 \text{ m}^3 &= 3.908,35 \text{ m}^3/\text{hari} - 3,49 \text{ m}^3/\text{hari} + 3,91 \text{ m}^3/\text{hari} + \text{tampungan sedimen} \\ \text{Tampungan sedimen} &= 6.482,72 \text{ m}^3 - 3.908,35 \text{ m}^3/\text{hari} + 3,49 \text{ m}^3/\text{hari} - 3,91 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2.573,96 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu kuras sump} &= \frac{\text{tampungan sedimen}}{\text{sedimen tertinggal 1 hari}} \\ &= \frac{2.573,96 \text{ m}^3}{5,76 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 447,41 \text{ hari} \approx 448 \text{ hari} = 14 \text{ bulan } 28 \text{ hari} \end{aligned}$$

Tabel 2. Rangkuman hasil simulasi perhitungan waktu kuras *Sump* A, B, C, D, dan E

<i>Sump</i>	A	B	C	D	E
kapasitas <i>sump</i> (m ³)	6.482,72	6.482,72	6.482,72	6.482,72	6.482,72
Luas <i>sump</i> (m ²)	810,34	926,10	1.080,45	1.296,54	1.620,68
Kedalaman <i>sump</i> (m)	8	7	6	5	4
Evaporasi (m ³ /hari)	3,49	3,99	4,66	5,59	6,99
Debit airtanah (m ³ /hari)	3,91	4,46	5,21	6,25	7,81
luas penampang aliran (m ²)	139,83	143,62	148,11	153,62	160,63
Vh (m/jam)	10,23	9,96	9,66	9,31	8,91

Kedalaman pipa (m)	2	2	2	2	2
Persentase sedimen (%)	22,06	21,60	21,11	20,60	20,02
Sedimen (m ³ /hari)	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15
Sedimen terpompa (m ³ /hari)	1,39	1,36	1,33	1,30	1,26
Sedimen tertinggal (m ³ /hari)	5,76	5,78	5,81	5,84	5,88
Waktu kurus <i>sump</i> (hari)	448	446	443	441	438
Waktu kurus <i>sump</i>	14 bulan 28 hari	14 bulan 26 hari	14 bulan 23 hari	14 bulan 21 hari	14 bulan 18 hari

7. Batas Maksimum Muka Air *Sump*

Puncak *sump* direncanakan dibuat pada elevasi -24 mdpl. Pada dimensi *sump* yang telah dianalisis dibuat jagaan, yaitu jarak vertikal antara puncak *sump* dengan permukaan air. Tinggi jagaan ditetapkan 10% dari kedalaman. Oleh sebab itu, kedalaman masing-masing *sump* ditambah dengan tinggi jagaan.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi jagaan} &= 10\% \times \text{kedalaman } \textit{sump} \text{ A} = 0,8 \text{ m} \\ \text{Tinggi } \textit{sump} \text{ A} &= 0,8 \text{ m} + 8 \text{ m} = 8,8 \text{ m} \\ \text{Batas maksimum air} &= \text{elevasi puncak } \textit{sump} - \text{tinggi jagaan} \\ &= -24,8 \text{ mdpl} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama batas maksimum muka air dari masing-masing *sump* dapat ditentukan (Tabel 3).

Tabel 3. Batas maksimum muka air pada *Sump* A, B, C, D, dan E

<i>Sump</i>	A	B	C	D	E
Tinggi jagaan (m)	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Kedalaman <i>sump</i> (m)	8,8	7,7	6,6	5,5	4,4
Batas maksimum air (mdpl)	-24,8	-24,7	-24,6	-24,5	-24,4

Berdasarkan perhitungan di atas, maka dimensi *sump* yang sesuai dengan kebutuhan di lokasi penelitian adalah *Sump* C.

8. Pembahasan

Sump C dibuat dengan kemiringan dinding *sump* 60° agar dinding *sump* tidak mudah longsor. Kemudian dimensi *sump* dianalisis agar mendapatkan kapasitas *sump* yang sama. *Sump* dibuat bujur sangkar dengan panjang puncak 29,34 m, panjang dasar 36,97 m, dan kedalaman 6,6 m dari puncak *sump*. Dimensi ini akan menghasilkan evaporasi sebesar 4,44 m³/hari, sedimen yang terbawa oleh pompa sebesar 1,32 m³/hari dari total sedimen yang masuk, yaitu 7,15 m³/hari sehingga waktu kurus *sump* bertambah 2 bulan 11 hari dari waktu kurus *sump* yang ditentukan (1 tahun).

Batas maksimum muka air dapat digunakan sebagai patokan bahwa apabila dilakukan pemompaan, air tetap berada di atas elevasi -24,6 mdpl, maka kapasitas air di *sump* telah berkurang karena banyaknya sedimen. Oleh karena itu, apabila air sudah mencapai level ini, *sump* sudah waktunya untuk dikuras.

D. Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan hasil analisis dalam penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Debit air limpasan yang masuk ke *sump* sebesar 1431,60 m³/jam.
2. Laju sedimentasi terjadi di *sump* sebesar 7,15 m³/hari.

3. Kapasitas *sump* yang harus dibuat adalah sebesar 6.482,72 m³. *Sump* yang memenuhi syarat dengan hasil yang optimal adalah *sump* C dengan kemiringan dinding *sump* 60° dan permukaan *sump* dibuat bujur sangkar dengan panjang puncak 29,34 m, panjang dasar 36,97 m, dan kedalaman 6,6 m dari puncak *sump*.
4. Batas maksimum muka air *sump* berada pada elevasi -24,6 mdpl.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2010. *Laporan Studi Kelayakan Pertambangan Batubara PT Jambi Prima Coal KW 06 KP 270909*, Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Mekanika Tanah I*, Gadjah 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 Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE)*, Laporan Kelompok Peneliti Konservasi Tanah dan Air, Balai Penelitian Kehutanan, Solo.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Jilid I*, Nova, Bandung.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta.
- Suwandi, Awang. 2004. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*, pada makalah disajikan dalam Diklat Perencanaan Tambang Terbuka 12-22 Juli 2004, Universitas Islam Bandung.
- Viessman, Warren Jr. and Lewis, G.L. 1996. *Introduction to Hydrology*, ed.4, HarperCollins College, New York