Lampiran A Data Curah Hujan di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.

Tabel A.1 Data curah hujan bulanan Baturaja I PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. (2009-2018)

Data Curah Hujan Tahun 2009-2018 (mm)														Max (mm /bln)	Min (mm /bln)	Average (mm /bln)	Average Hari Hujan	CH Max Harian (mm /hari)
Tahun	**Jan**	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**Mei**	**Jun**	**Juli**	**Agust**	**Sep**	**Okt**	**Nov**	**Des**	**Total**					
2009	205	177	210,5	209,5	178	114	51,5	31,5	44	100,5	283,5	305	1910	305	31,5	159,17	9,83	31,02
2010	182,5	588	460	550	359	253	174,5	261	382,5	386	458	193	4247,5	588	174,5	353,96	12,67	46,42
2011	126	51	96,5	57,5	92	95	86	0	6	114	154	293	1171	293	0	97,58	7,08	41,36
2012	96	367	208	198	176	170	54	22	16	165	321	323	2116	367	16	176,33	7,50	48,93
2013	439	257	178	197	182	95	114	170	185	157	367	293,5	2634,5	439	95	219,54	10,75	40,84
2014	238	82	161	125	152	68	55	83	7	29	201	402	1603	402	7	133,58	9,92	40,54
2015	189	288	218	180	98	131	4	29	1	0	353	324	1815	353	0	151,25	10,08	35,01
2016	289	301	246	201	312	107	172	100	300	252	357	134	2771	357	100	230,92	11,25	31,73
2017	253	284	240	419	222	107	174	89	211	433	349	342	3123	433	89	260,25	13,25	32,68
2018	79	291	449	212	254	142	7	44	32	224	339	241	2314	449	7	192,83	9,67	46,45
Max	439	588	460	550	359	253	174,5	261	382,5	433	458	402						
Min	79	51	96,5	57,5	92	68	4	0	1	0	154	134						
Average	209,65	268,6	246,7	234,9	202,5	128,2	89,2	82,95	118,45	186,05	318,25	285,05						
Total (mm/tahun)													23705					
Average (mm/tahun)													2370,5					
Average (mm/bulan)													197,542					
Batas Curah Hujan (mm/hari)													19,367					

Tabel A.2 Data jumlah hari hujan bulanan Baturaja I PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. (2009 - 2018)

Tahun	**Hari Hujan Per Bulan**													**Average (hari/bln)**
	Jan	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**Mei**	**Juni**	**Juli**	**Ags**	**Sep**	**Okt**	**Nov**	**Des**	**Total**	
2009	12	13	11	10	10	8	4	5	3	8	19	15	118	9,83
2010	15	15	14	15	12	9	10	12	14	14	14	8	152	12,67
2011	8	5	8	6	6	8	4	2	4	8	8	18	85	7,08
2012	8	8	7	8	8	7	5	2	4	4	13	16	90	7,50
2013	14	8	8	11	12	7	13	6	9	9	16	16	129	10,75
2014	17	9	9	10	11	8	8	5	1	7	15	19	119	9,92
2015	14	17	12	13	7	6	3	2	8	10	14	15	121	10,08
2016	14	13	14	12	8	7	7	6	15	13	17	9	135	11,25
2017	14	16	13	17	13	6	13	7	11	16	16	17	159	13,25
2018	6	10	17	13	14	6	1	5	3	10	18	13	116	9,67
Average	12,2	11,4	11,3	11,5	10,1	7,2	6,8	5,2	7,2	9,9	15	14,6	1224	
Average (Hari/Tahun)													122,4	

Tabel A.3 Data curah hujan harian maksimum tahun 2009 - 2018 Baturaja I PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.

Tahun	Curah Hujan (mm/hari)	
	Maximum	Average
2009	31,02	39,49
2010	46,42	39,49
2011	41,36	39,49
2012	48,93	39,49
2013	40,84	39,49
2014	40,54	39,49
2015	35,01	39,49
2016	31,73	39,49
2017	32,68	39,49
2018	46,45	39,49
Jumlah	394,98	

Tabel A.4 Data rata-rata jam hujan bulanan tahun 2009-2018 di Ogan Komering Ulu (Dinas Pertanian Ogan Komering Ulu, 2018)

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
	(jam/hari)	(jam/hari)	(jam/hari)	(jam/hari)	(jam/hari)	(jam/hari)	(jam/hari)	(jam/hari)	(jam/hari)	(jam/hari)	(jam/hari)	(jam/hari)
2009	2,15	1,18	0,91	2,17	1,63	0,81	0,59	0,71	0,35	0,56	1,42	1,98
2010	2,22	4,03	0,94	1,89	1,91	2,60	2,23	2,11	2,55	2,72	0,91	0,88
2011	0,82	0,77	2,11	1,54	1,10	0,73	1,26	2,82	1,71	1,32	1,22	3,21
2012	0,77	1,09	2,31	3,32	3,52	1,16	1,32	1,12	1,19	0,70	2,87	4,24
2013	2,01	1,22	1,36	0,85	2,22	3,14	2,20	2,16	3,02	1,11	2,15	3,36
2014	0,91	1,69	1,56	3,01	3,26	2,93	1,10	0,59	0,07	1,05	4,19	2,31
2015	2,86	3,27	1,12	0,92	0,87	1,12	1,02	0,09	0,03	0,03	0,04	1,72
2016	1,96	2,08	3,32	1,14	0,91	1,22	2,17	2,68	3,16	1,45	2,24	3,01
2017	2,85	**4,45**	1,73	0,49	0,93	1,24	1,11	2,76	1,98	2,08	1,88	2,21
2018	1,21	2,33	1,97	0,43	2,13	0,67	1,95	1,88	2,93	0,44	3,12	1,51
Jam Hujan Maksimum									4,45 jam/hari			

Lampiran B Perhitungan Periode Ulang Hujan Rencana dan Intensitas Hujan

Tabel B.1 Data curah hujan harian max periode 10 tahun

Data Curah Hujan Harian Max Periode 10 Tahun					
No	**Waktu**	**CH Max Harian (mm/hari) (Xi)**	**CH Rata² (X)**	**(Xi-X)**	**$(Xi-X)^2$**
1	2009	31,02	39,49	-8,47	71,74
2	2010	46,42	39,49	6,93	48,02
3	2011	41,36	39,49	1,87	3,50
4	2012	48,93	39,49	9,44	89,11
5	2013	40,84	39,49	1,35	1,82
6	2014	40,54	39,49	1,05	1,10
7	2015	35,01	39,49	-4,48	20,07
8	2016	31,73	39,49	-7,76	60,22
9	2017	32,68	39,49	-6,81	46,38
10	2018	46,45	39,49	6,96	48,44
Jumlah		394,98			390,41

Tabel B.2 Analisis data curah hujan harian tahun 2009-2018

Analisis Data Curah Hujan Harian Max Periode 10 Tahun											
No	**Waktu**	**CH Max Harian (mm/hari) (Xi)**	**$(Xi-X)^2$**	**N**	**M**	**Yn**	**Yn Rata²**	**Yn-Yn Rata²**	**$(Yn-Yn\ rata)^2$**	**Sn**	**S**
1	2009	31,02	71,74	10	1	1,38		0,81	0,65		
2	2010	46,42	48,02	10	2	1,06		1,06	1,12		
3	2011	41,36	3,50	10	3	0,86		0,86	0,74		
4	2012	48,93	89,11	10	4	0,71		0,71	0,50		
5	2013	40,84	1,82	10	5	0,58	0,58	0,58	0,34	0,65	6,59
6	2014	40,54	1,10	10	6	0,47		0,47	0,22		
7	2015	35,01	20,07	10	7	0,36		0,36	0,13		
8	2016	31,73	60,22	10	8	0,25		0,25	0,06		
9	2017	32,68	46,38	10	9	0,13		0,13	0,02		
10	2018	46,45	48,44	10	10	-0,02		-0,02	0,00		
Jumlah		394,98	390,41			5,77			3,77		

Berdasarkan tabel B.2 dapat dilakukan perhitungan rata-rata curah hujan bulanan max (Xi), *reduce mean* (Yn), dan *reduce standart deviation* (Sn), simpangan baku (S).

1. Rata-rata curah hujan bulanan max

$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$

$\bar{X} = \frac{394,98}{10}$

$\bar{X}$ = 39,49 mm/hari

Keterangan:

$\bar{X}$ = Rata^2 curah hujan max

ΣXi = Jumlah sampel curah hujan bulanan

n = Banyak data sampel curah hujan bulanan

2. *Reduced Mean* atau koreksi rata-rata (Yn) (persamaan 2.5)

$$\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{n+1-m}{n+1}\right\}\right)$$

Perhitungan koreksi rata-rata (Yn):

m = 1, $\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{10+1-1}{10+1}\right\}\right)$ = 1,38

m = 2, $\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{10+1-2}{10+1}\right\}\right)$ = 1,06

m = 3, $\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{10+1-3}{10+1}\right\}\right)$ = 0,86

m = 4, $\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{10+1-4}{10+1}\right\}\right)$ = 0,71

m = 5, $\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{10+1-5}{10+1}\right\}\right)$ = 0,58

m = 6, $\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{10+1-6}{10+1}\right\}\right)$ = 0,47

m = 7, $\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{10+1-7}{10+1}\right\}\right)$ = 0,36

m = 8, $\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{10+1-8}{10+1}\right\}\right)$ = 0,25

m = 9, $\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{10+1-9}{10+1}\right\}\right)$ = 0,13

m = 10, $\text{Yn} = -log\left(-\log\left\{\frac{10+1-10}{10+1}\right\}\right)$ = -0,02

Berdasarkan persamaan 2.8 didapatkan hasil Yn rata-rata sebesar :

Yn rata-rata = $\frac{\sum Yn}{n} = \frac{5,77}{10}$ = 0,577 (dibulatkan 0,58)

Keterangan :

Yn = *Reduced Mean*

m = urutan data curah hujan (1,2,3,...dst)

n = banyak data curah hujan

3. *Reduced Standard Deviation* atau Koreksi Simpangan (Sn) (persamaan 2.7)

$$\text{Sn} = \sqrt{\frac{\sum(Yn - Yn\,rata - rata)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{3{,}77}{9}}$$

$$= 0{,}65$$

4. Simpangan baku (S) (persamaan 2.3)

$$\text{S} = \sqrt{\frac{\sum(\text{Xi} - \text{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{\sum(390{,}41)^2}{9}}$$

$$= 6{,}59$$

Tabel B.3 Perhitungan curah hujan rencana pada periode ulang berbeda

Curah Hujan Rencana Pada Periode Ulang Berbeda									
Periode Ulang (tahun)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nilai Yt	0,52	0,75	0,90	1,01	1,10	1,17	1,24	1,29	1,34
Nilai Yn	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Nilai Sn	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Standart Deviation (S)	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59
Reduced Variate Factor (K)	-0,09	0,27	0,50	0,67	0,80	0,91	1,01	1,09	1,17
Curah Hujan Rata-Rata ($\bar{X}$)	39,49	39,49	39,49	39,49	39,49	39,49	39,49	39,49	39,49
Curah Hujan Rencana Harian (X)	38,90	41,26	42,77	43,89	44,78	45,51	46,15	46,70	47,1905
Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	4,98	5,29	5,48	5,62	5,74	5,83	5,91	5,98	6,05

1. *Reduced Variate* (Yt) (persaman 2.4)

$$\mathrm{Yt} = -log\left(-\log\left\{\frac{\mathrm{T}-1}{\mathrm{T}}\right\}\right)$$

Keterangan :

Yt = *Reduced Variate*

T = Periode ulang (tahun)

Perhitungan koreksi variansi (Yt):

Periode ulang 1 $\mathrm{Yt} = -\log\left(-\log\left\{\frac{1-1}{1}\right\}\right) = 0$

Periode ulang 2 $\mathrm{Yt} = -log\left(-\log\left\{\frac{2-1}{2}\right\}\right) = 0{,}52$

Periode ulang 3 $\mathrm{Yt} = -log\left(-\log\left\{\frac{3-1}{3}\right\}\right) = 0{,}75$

Periode ulang 4 $\mathrm{Yt} = -log\left(-\log\left\{\frac{4-1}{4}\right\}\right) = 0{,}90$

Periode ulang 5 $\mathrm{Yt} = -log\left(-\log\left\{\frac{5-1}{5}\right\}\right) = 1{,}01$

Periode ulang 6 $\mathrm{Yt} = -log\left(-\log\left\{\frac{6-1}{6}\right\}\right) = 1{,}10$

Periode ulang 7 $\mathrm{Yt} = -log\left(-\log\left\{\frac{7-1}{7}\right\}\right) = 1{,}17$

Periode ulang 8 $\mathrm{Yt} = -log\left(-\log\left\{\frac{8-1}{8}\right\}\right) = 1{,}24$

Periode ulang 9 $\mathrm{Yt} = -log\left(-\log\left\{\frac{9-1}{9}\right\}\right) = 1{,}29$

Periode ulang 10 $\mathrm{Yt} = -log\left(-\log\left\{\frac{10-1}{10}\right\}\right) = 1{,}34$

2. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana dapat dihitung menggunakan persamaan Gumbel (persamaan 2.2) :

$$\mathrm{X} = \overline{\mathrm{X}} + \frac{\mathrm{S}}{\mathrm{Sn}}(\mathrm{Yt} - \mathrm{Yn})$$

$$\mathrm{X} = 39{,}49\ \mathrm{mm/hari} + \frac{6{,}59}{0{,}65}\ (1{,}17 - 0{,}58)$$

$\mathrm{X} = 45{,}51\ \mathrm{mm/hari}$ (memakai peiode ulang 7 tahun)

Keterangan :

X = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun

X = Harga rata – rata sampel data curah hujan (dalam hal ini curah hujan bulanan maksimum)

S = Simpangan baku data sampel curah hujan

Yt = *Reduce variate*, mempunyai nilai yang berbeda pada setiap periode ulang

3. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Penentuan intensitas hujan dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya dengan persamaan Mononobe, yaitu:

$$I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lama waktu hujan (jam)

R_{24}= curah hujan maksimum (mm)

Harga R_{24} adalah besarnya curah hujan rencana pada periode ulang tujuh tahun yaitu sebesar 45,51 mm/hari.Sedangkan nilai t atau lamanya hujan didapat dari tabel A.4 yang menunjukan jam hujan maksimum sebesar 4,45 jam/hari. sehingga perhitungan intensitas curah hujan dalam satuan jam adalah :

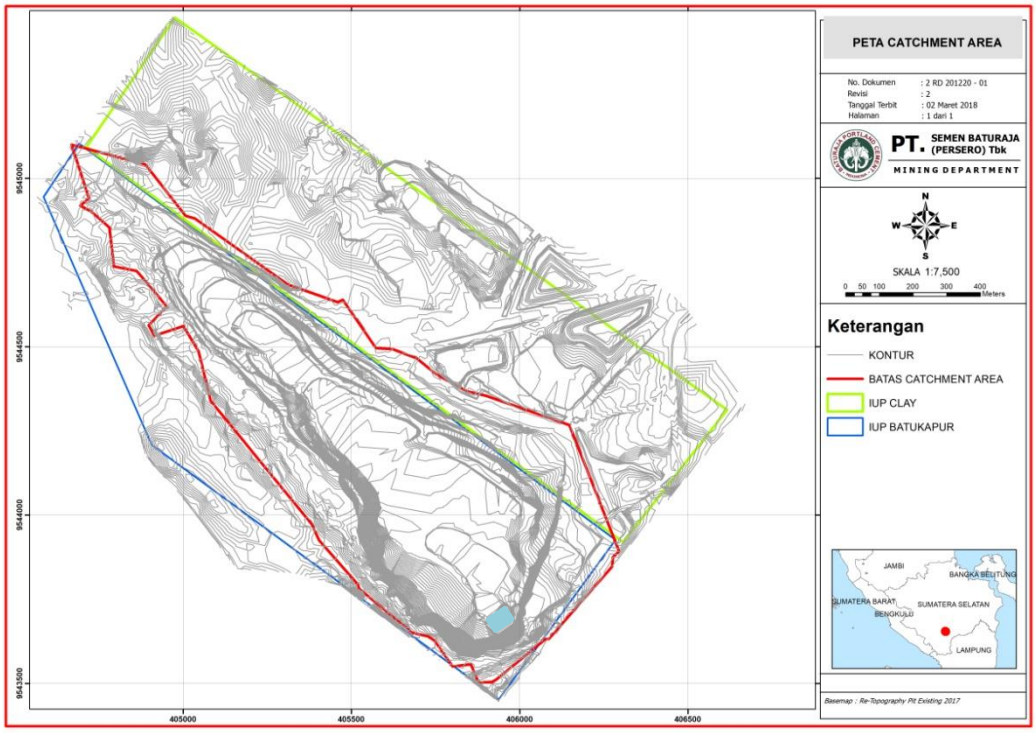
$$I = \frac{45{,}51}{24}\left(\frac{24}{4{,}45}\right)^{\frac{2}{3}}$$

= 1,89 (3,0754)

= 5,83 mm/jam

Lampiran C *Catchment Area* PT. Semen Baturja (Persero) Tbk.

Luas *catchment area* pada tambang batu gamping Baturaja I PT. Semen Baturja (Persero) Tbk yaitu 934.840,262 m² atau 93,484 Ha yang ditunjukkan pada peta *catchment area* (Gambar C.1). Keadaan *catchment area* pada tambang batu gamping Baturaja I berupa kawasan tanah gundul .



Gambar C.1 Peta *catchment area* tambang batu gamping Baturaja I PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.

Lampiran D Perhitungan Debit Total Air Yang Masuk ke Penambangan

Debit air yang masuk ke penambangan dipengaruhi oleh air limpasan hujan, air tanah, dan evaporasi pada daerah tersebut.

1. Debit air limpasan hujan

Diketahui : C = 0,9

I = 5,83 mm/jam = 5,83 x 10^{-3} m/jam

A = 934.840,26 m^2

sehingga ,

Q = 0.9 x 5,83 x 10^{-3} m/jam x 934.840,262 m^2

= 4.905,107 m^3/jam

Dengan jam hujan maksimum sebesar 4,45 jam per hari maka debit limpasan yang masuk ke tambang adalah :

Q = 4.905,107 m^3/jam x 4,45 jam/hari

= 21.827,726 m^3/hari

2. Debit air tanah

Penelitian dilakukan dengan pengamatan terhadap kenaikan ketinggian permukaan air *sump* (h) selama kurun waktu tertentu (ΔT). Hasil dari percobaan luas permukaan air dilakukan ketika pompa standby. Luas permukaan diawal dan diakhir tidak berubah yaitu sebesar 4490 m^2. Hasil pengukuran perubahan ketinggian permukaan air *sump* dapat dilihat pada tabel D.1

Tabel D.1 Perubahan ketinggian permukaan air

Percobaan ke	Kenaikan permukaan air (h) (m)	Lama Pengamatan (t) (jam)
1	0,014	2
2	0,013	2
3	0,014	2
4	0,015	2
5	0,014	2
6	0,014	2
7	0,013	2
8	0,012	2
9	0,013	2
10	0,014	2
Total	0,136	20
Average	0,0136	2

sehingga debit air tanah pada *sump* adalah :

$$Q = 0{,}0136 \frac{\left[\frac{4490 + 4490}{2}\right]}{2}$$

$= 0{,}0136\ (2245) = 30{,}532\ m^3/jam$

Dengan debit air tanah sebesar 30,524 m^3/jam maka debit air tanah yang masuk ke tambang per hari adalah :

$Q = 30{,}532\ m^3/jam \times 24 = 732{,}8\ m^3/hari$

3. Evapotranspirasi

Diketahui : P = 2370,5 mm/tahun

T = 27°C

$L(T) = 300 + 25(27) + 0.05(27)^3 = 1959.15$

sehingga ,

$$E = \frac{2370{,}5\ \text{mm/tahun}}{\left[0.9 + \left(\frac{2370{,}5\ \text{mm/tahun}}{1959.15}\right)^2\right]^{0.5}}$$

= 1541,75 mm/tahun = 128,48 mm/bulan = 4,28 mm/hari = 0,18 mm/jam

$$\%\ \text{Evapotranspirasi} = \frac{E}{\text{Intensitas Curah Hujan}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.18\ \text{mm/jam}}{5{,}83\ \text{mm/jam}} \times 100\%$$

$= 3{,}06\ \%$

% Evapotranspirasi x A = 3,06 % x 934840,26 m^2 = 28.613,45 m^2

Dari luas daerah tangkapan hujan sebesar 934.840,26 m^2 hanya 28.613,45 m^2 atau sekitar 3,06 % saja yang memungkinkan terjadinya evapotranspirasi.

$Q_{ET} = 28.613{,}45\ m^2 \times 0{,}18 \times 10^{-3}\ m/jam$

$= 5{,}11\ m^3/jam = 5{,}11\ m^3/jam \times 24 = 122{,}541\ m^3/hari$

4. Debit total air yang masuk kedalam s*ump*

Jika diketahui jumlah debit air yang masuk ke tambang adalah debit air limpasan ditambang debit air tanah dikurangi dengan debit evaporasi sehingga didapat hasil sebagai berikut :

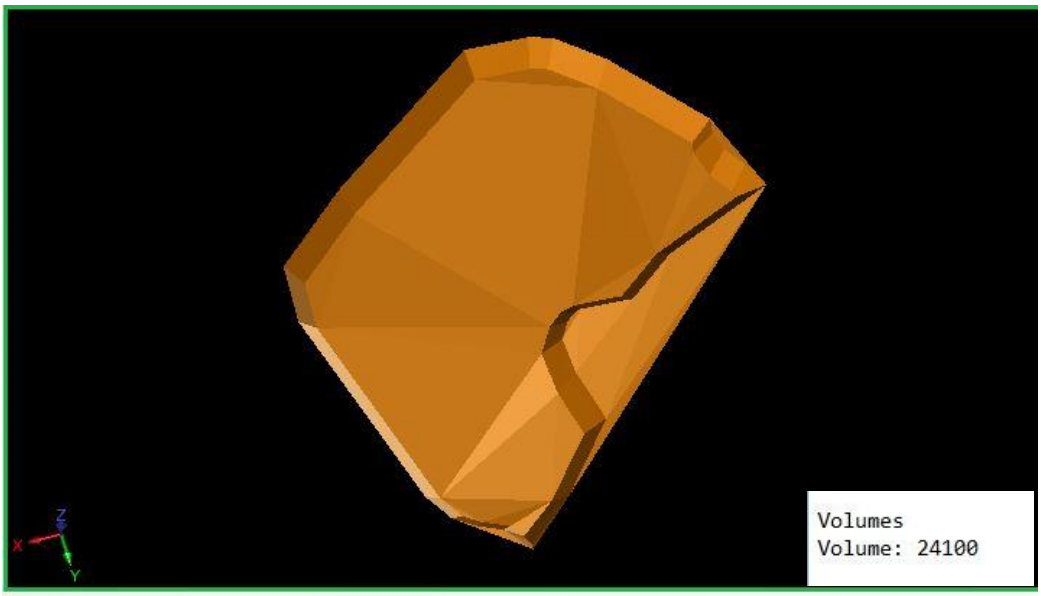
$Q_{Total} = Q_{limpasan} + Q_{air\ tanah} - Q_{ET}$

$= 21.827{,}726\ m^3/\ hari + 732{,}8\ m^3/hari - 122{,}541\ m^3/hari$

$= 22.437{,}952\ m^3/hari$

Lampiran E *Sump* Aktual di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk.

Sump aktual yang terdapat pada tambang batu gamping Baturaja I PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. dihitung menggunakan aplikasi *Surpac* 6.3 memiliki volume sebesar 24.100 m^3 yang ditunjukkan pada Gambar E.1.

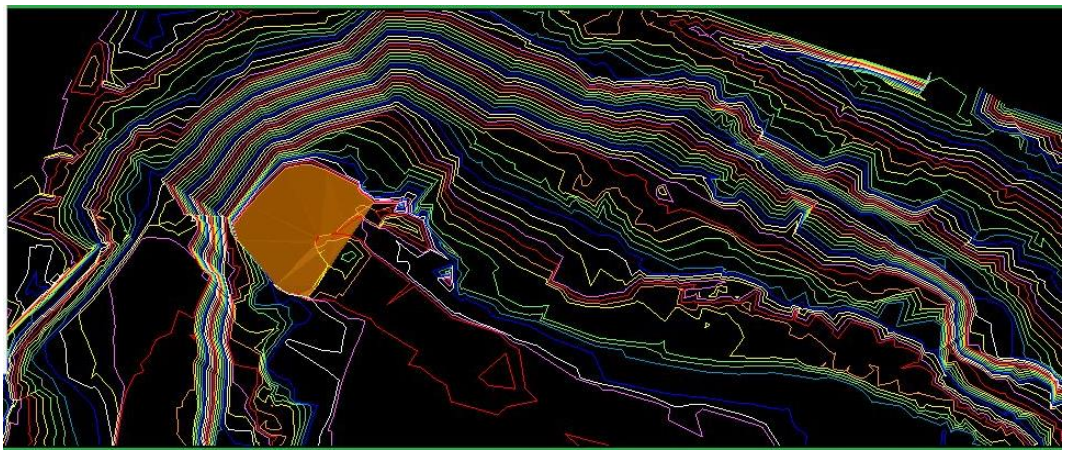


Gambar E.1 Model *sump* aktual

Dengan volume *sump* sebesar 24.100 m^3, maka *sump* memiliki dimensi sebagai berikut (Tabel E.1) :

Tabel E.1 Dimensi *sump* aktual

Panjang atas (a)	63,23 m
Lebar atas (b)	70,574 m
Panjang bawah (c)	58,106 m
Lebar bawah (d)	62,336 m
Kedalaman *sump*	6 m
Kemiringan *sump*	60˚



Gambar E.2 Model *sump* aktual didalam pit Baturaja I

Lampiran F Perencanaan Dimensi *Sump*

Curah hujan rencana = 45,51 mm/hari

Luas *catchment area* = 934.840,262 m²

Tabel F.1 Perhitungan nilai debit total dalam kurun waktu hujan 1-24 jam

Waktu (jam)	Intensitas Hujan (m/jam)	Debit Limpasan (m3/jam)	Debit Air Tanah (m3/jam)	Debit Evapotranspirasi (m3/jam)	Debit Total (m3)	Debit Pompa (m3)	Debit Sisa (m3)
1	0,016	13274,444	30,344	5,11	13299,678	1175	12124,678
2	0,010	16724,751	60,688	10,22	16775,219	2350	14425,219
3	0,008	19145,061	91,032	15,33	19220,763	3525	15695,763
4	0,006	21071,866	121,376	20,44	21172,802	4700	16472,802
5	0,005	22698,980	151,720	25,55	22825,150	5875	16950,150
6	0,005	24121,266	182,064	30,66	24272,670	7050	17222,670
7	0,004	25393,098	212,408	35,77	25569,736	8225	17344,736
8	0,004	26548,888	242,752	40,88	26750,760	9400	17350,760
9	0,004	27611,956	273,096	45,99	27839,062	10575	17264,062
10	0,003	28598,923	303,440	51,1	28851,263	11750	17101,263
11	0,003	29522,099	333,784	56,21	29799,673	12925	16874,673
12	0,003	30390,890	364,128	61,32	30693,698	14100	16593,698
13	0,003	31212,661	394,472	66,43	31540,703	15275	16265,703
14	0,003	31993,299	424,816	71,54	32346,575	16450	15896,575
15	0,003	32737,594	455,160	76,65	33116,104	17625	15491,104
16	0,002	33449,503	485,504	81,76	33853,247	18800	15053,247
17	0,002	34132,333	515,848	86,87	34561,311	19975	14586,311
18	0,002	34788,885	546,192	91,98	35243,097	21150	14093,097
19	0,002	35421,548	576,536	97,09	35900,994	22325	13575,994
20	0,002	36032,385	606,880	102,2	36537,065	23500	13037,065
21	0,002	36623,184	637,224	107,31	37153,098	24675	12478,098
22	0,002	37195,514	667,568	112,42	37750,662	25850	11900,662
23	0,002	37750,753	697,912	117,53	38331,135	27025	11306,135
24	0,002	38290,122	728,256	122,64	38895,738	28200	10695,738

Dari tabel di atas didapatkan debit sisa air terbesar pada asumsi waktu hujan selama 8 jam dengan intensitas hujan 0,004 m/jam. Debit total air yang masuk ke dalam *sump* sebesar 26.750,760 m^3, sedangkan pada saat bersamaan pompa hanya mampu memompakan debit sebesar 9400 m^3 dalam waktu 8 jam.

Selisih antara debit air yang masuk ke *sump* dan debit air yang dipompakan sebesar 17.350,760 m^3 yang tidak dapat diatasi oleh pompa yang ada. Debit sisa terbesar dijadikan acuan sebagai perencanaan volume *sump*.

Berdasarkan tabel diatas, data debit total air yang masuk ke dalam *sump* diambil pada saat jam hujan 8 jam yaitu 26.750,760 m^3. Maka, volume *sump* yang direncanakan adalah sebesar 80.252,28 m^2. Volume ini diasumsikan dapat menampung total air yang masuk dalam waktu 3 hari tanpa pemompaan. *Sump* direncanakan berbentuk trapesium dengan sudut yang sama sebesar 60° dan memiliki kedalaman sepanjang 6 m, sehingga untuk menampung volume total digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Volume} = \left(\left(\text{Luas atas} + \text{Luas bawah}\right) \times \frac{\text{Ketinggian } sump}{2}\right)$$

Diketahui nilai dimensi *sump* aktual (Tabel E.1) adalah :

Panjang atas = 63,23 m

Lebar atas = 70,574 m

Panjang bawah = 58,106 m

Lebar bawah = 62,336 m

Ketinggian *sump* = 6 m

Dimensi *sump* yang ditambah adalah pada bagian panjang atas dan panjang bawah saja, karena dilihat dari kondisi topografi di sisi kanan dan kiri pada lebar *sump* terdapat *bench* yang curam sehingga bagian panjang atas dan panjang bawah saja yang memungkinkan untuk dilakukan penambahan (Gambar E.2).

Maka, untuk mencari nilai dimensi *sump* rencana adalah :

a = nilai tambahan dimensi *sump*

Panjang atas = 63,23 + a

Panjang bawah = 58,106 + a

$$\text{Volume} = \left(\left(\text{panjang atas x lebar atas}\right) + \left(\text{panjang bawah x lebar bawah}\right) \times \frac{\text{ketinggian } sump}{2}\right)$$

$$80.252,28 = (((63,23 + a) \text{ x } 70,574) + ((58,106 + a) \text{ x } 62,336)) \text{ x } \frac{6}{2}$$

$$80.252,28 = (4462,39 + 70,574a + 3622,1 + 62,336a) \text{ x } \frac{6}{2}$$

$$26.750,76 = 8084,49 + 132,91a$$

132,91a = 18.666,27

$$a = \frac{18.666,27}{132,91}$$

a = 140,44 m

jadi,

panjang atas = 63,23 + a = 63,23 + 140,44 = 203,67 m

panjang bawah = 58,106 + a = 58,106 + 140,44 = 198,54 m

Tabel F.2 Rekomendasi dimensi *sump*

Dimensi	Nilai
Panjang atas	203,67 m
Panjang bawah	198,54 m
Lebar atas	70,574 m
Lebar bawah	62,336 m
Tinggi *sump*	6 m
Kemiringan *sump*	60˚

Lampiran G Perhitungan *Head* Total Pompa

A. *Head* total pompa merk Ebara CN2JA

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh data sebagai berikut:

1) Elevasi hisap (Z_1) = +9 mdpl
   Elevasi buang (Z_2) = +63 mdpl
2) Diameter pipa sisi hisap = 6 inch (0,152 m)
   Diameter pipa sisi buang = 6 inch (0,152 m)
3) Koefisien kekerasan pipa (C) = 140D Pipa HDPE
4) Panjang pipa sisi hisap (L_1) = 12 m
   Panjang pipa sisi buang (L_2) = 215 m
5) Panjang pipa ekivalen:
   1 belokan 90° pipa hisap = 32D = 32 x 0,152 m = 4,864 m
   2 belokan 45° pipa buang = 2 x 20D = 2 x 20 (0,152 m) = 6,08 m
   1 belokan 90° pipa buang = 32D = 32 x 0,152 m = 4,864 m
6) Debit aktual pompa (Q) = 169,2 m^3/jam = 2,82 m^3/menit = 0,047 m^3/s
7) Gravitasi (g) = 9,8 m/s^2

maka,

a) *Head* Statis(Hs) = 63 m – 9 m= 54 meter

b) *Head* Kecepatan $Hk = \frac{V^2}{2g}$

Menghitung kecepatan aliran dalam pipa dapat menggunakan persamaan *Darcy*:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{Q}{\frac{1}{4}\,\pi\, d^2}$$

$$= \frac{0{,}047}{\frac{1}{4}\,3{,}14\,(0{,}152)^2}$$

$$= 2{,}611 \text{ m/s}$$

Sehingga:

$$Hk = \frac{(2{,}611)^2}{2\ x\ 9{,}8}$$

$$= 0{,}347 \text{ m}$$

c) *Head Loss*

1) *Head friction* dan *elbow* pada pipa hisap:

$$H_L = \frac{10{,}666 \text{ x } Q^{1{,}85}}{C^{1.85} \text{ x } D^{4{,}85}} \; x \; (L + Le) = \frac{10{,}666 \text{ x } 0{,}069^{1{,}85}}{140^{1.85} \text{ x } 0{,}152^{4{,}85}} \text{ x } (12 + 4{,}864) \quad = 0{,}62 \text{ m}$$

2) *Head friction* dan *elbow* pada pipa buang:

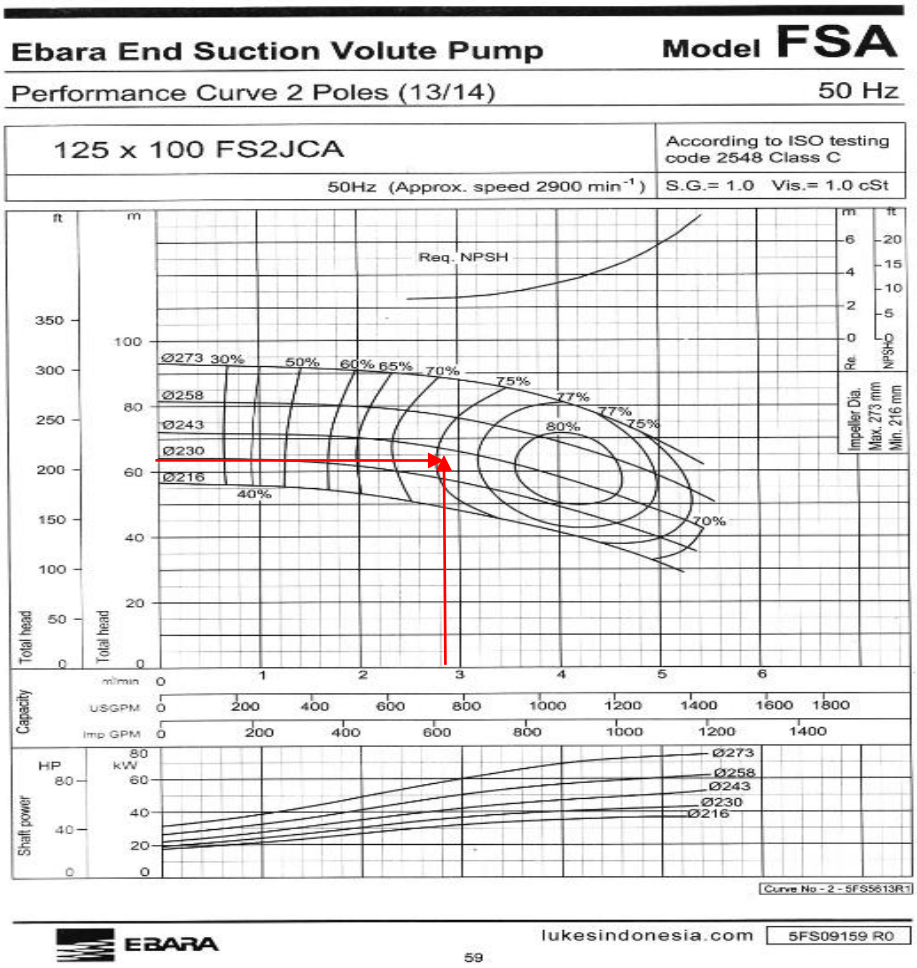
$$H_L = \frac{10{,}666 \text{ x } Q^{1{,}85}}{C^{1.85} \text{ x } D^{4{,}85}} \; x \; (L + Le) = \frac{10{,}666 \text{ x } 0{,}069^{1{,}85}}{140^{1.85} \text{ x } 0{,}152^{4{,}85}} \text{ x } (215 + 10{,}944) = 8{,}38 \text{ m}$$

sehingga,

H_L = 0,62 m + 8,38 m = 9 m

Head total yang dibutuhkan pompa = 54 m + 9 m + 0,347 m = 63,347 m

Setelah mendapatkan nilai *head* yang dibutuhkan adalah sebesar 63,347 m, maka dapat ditentukan nilai efisiensi mesin pompayang digunakan seperti pada grafik pompa Ebara (Gambar G.1).



Gambar G.1 Grafik pompa Ebara CN2JA

Berdasarkan grafik pompa Ebara didapatkan nilai efisiensi mesin pompa sebesar 75% dengan nilai *head* 63,347 m dan debit sebesar 169,2 m^3/menit atau 2,82 m^3/menit pada putaran mesin 2900 rpm.

Gambar G.2 Pompa Ebara CN2JA series 14WP16 dan 14WP17

B. *Head* total Pompa Godwin HL200M

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh data sebagai berikut:

1) Elevasi hisap (Z_1) = +9 mdpl
   Elevasi buang (Z_2) = +63 mdpl
2) Diameter pipa sisi hisap = 8 inch (0,203 m)
   Diameter pipa sisi buang = 8 inch (0,203 m)
3) Koefisien kekerasan pipa (C) = 140D Pipa HDPE
4) Panjang pipa sisi hisap (L_1) = 12 m
   Panjang pipa sisi buang (L_2) = 215 m
5) Panjang pipa ekivalen :
   1 belokan 90° pipa hisap = 32D = 32 x 0,203 m = 6,496 m
   2 belokan 45° pipa buang = 2 x 20D = 2 x 20 (0,203 m) = 8,12 m
   1 belokan 90° pipa buang = 32D = 32 x 0,203m = 4,864 m
6) Debit pompa maksimal (Q) = 635m^3/jam = 10,58 m^3/menit = 0,176 m^3/s
7) Gravitasi (g) = 9,8 m/s^2

maka,

a) *Head* Statis (Hs) = 63 – 9 = 54 meter

b) *Head* Kecepatan $Hk = \frac{V^2}{2g}$

Menghitung kecepatan aliran dalam pipa dapat menggunakan persamaan *Darcy:*

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{Q}{\frac{1}{4}\pi\, d^2}$$

$$= \frac{0{,}176}{\frac{1}{4}3{,}14\ (0{,}203)^2}$$

$$= 5{,}448 \text{ m/s}$$

sehingga :

$$Hk = \frac{(5{,}448)^2}{2\ x\ 9{,}8}$$

$$= 1{,}514 \text{ m}$$

c) *Head Loss*

1) *Head friction* dan *elbow* pada pipa hisap:

$$H_L = \frac{10{,}666 \text{ x } Q^{1{,}85}}{C^{1.85} \text{ x } D^{4{,}85}}\ x\ (L + Le) = \frac{10{,}666 \text{ x } 0{,}139^{1{,}85}}{140^{1.85} \text{ x } 0{,}203^{4{,}85}} \text{ x } (12 + 6{,}496) = 1{,}95 \text{ m}$$

2) *Head friction* dan *elbow* pada pipa buang :

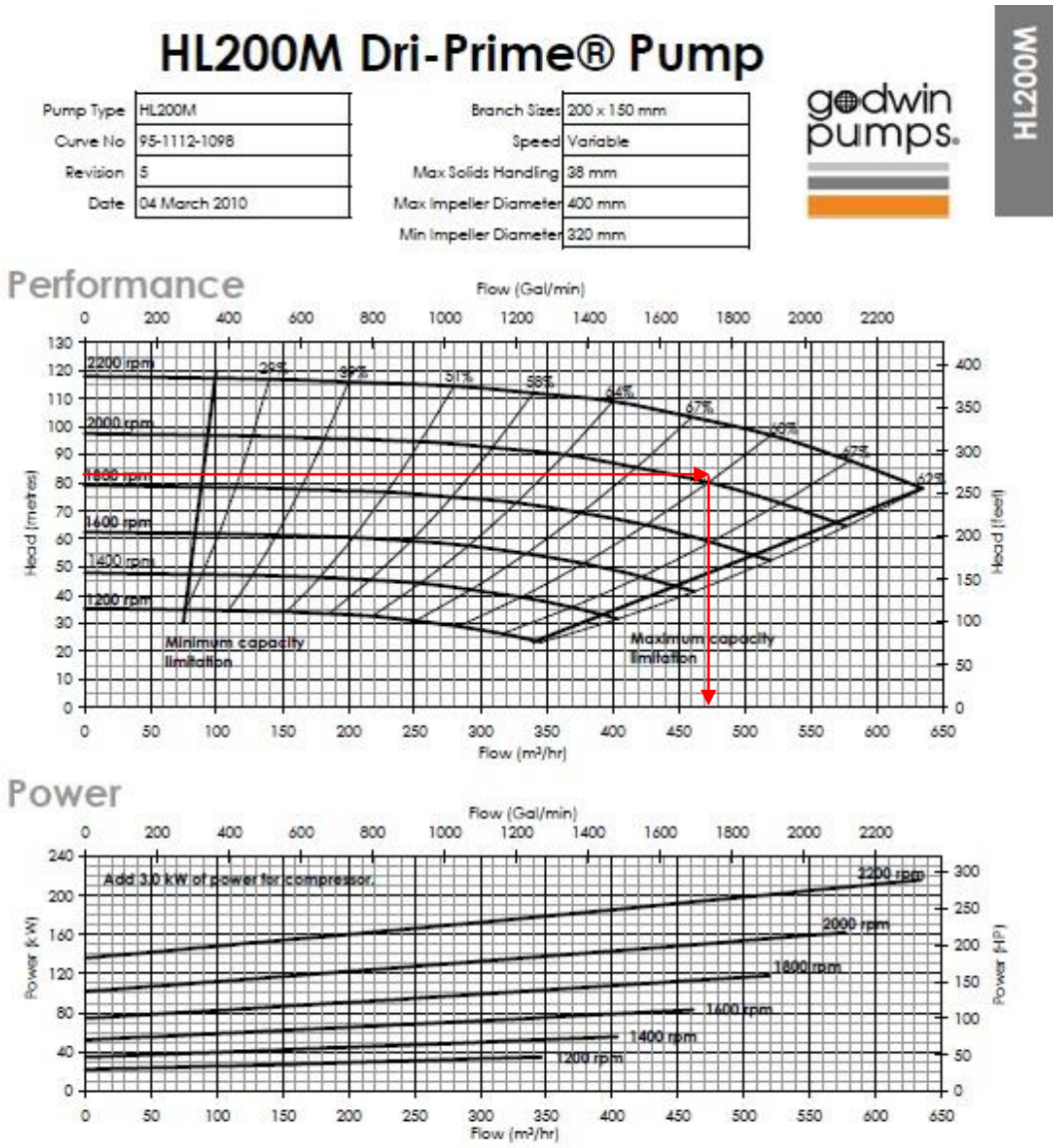
$$H_L = \frac{10{,}666 \text{ x } Q^{1{,}85}}{C^{1.85} \text{ x } D^{4{,}85}} \; x \; (L + Le) \; = \frac{10{,}666 \text{ x } 0{,}139^{1{,}85}}{140^{1.85} \text{ x } 0{,}203^{4{,}85}} \text{ x } (215 + 14{,}616) = 24{,}17 \text{ m}$$

sehingga,

H_L= 1,95 m + 24,17 m = 26,12 m

Head total yang dibutuhkan pompa = 54 m + 26,12 m 1,514 m = 81,631 m

Setelah mendapatkan nilai *head* yang dibutuhkan adalah sebesar 81,631 m, maka dapat ditentukan nilai efisiensi mesin pompa yang digunakan seperti pada grafik pompa Godwin HL200M (Gambar G.3).



Gambar G.3 Grafik pompa Godwin HL200M

Berdasarkan grafik pompa Godwin HL200M didapatkan nilai efisiensi mesin pompa sebesar 60% dengan nilai *head* sebesar 81,631 m dan debit rencana sebesar 475 m^3/jam atau 0,131 m^3/s pada putaran mesin 2000 rpm.

Gambar G.4 Pompa Godwin HL200M