

Evaluasi Kebutuhan Pipa dan Pompa untuk Area *Pit* Inul East Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal Hingga Akhir Kuartal IV Tahun 2018

Dinda Ratna Mudya^{1*}, and Murad MS^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*dinda.ratna.dr@gmail.com

**muradms@ft.unp.ac.id

Abstract. *PT. Kaltim Prima Coal is a one of the companies engaged in coal mining. Mining activities in PT. Kaltim Prima Coal are divided into 4 quarters, that is 1st quarter (January-March), 2nd quarter (April-June), 3rd quarter (July-September) and 4th quarter (October-Desember). Based on field observation, the ineffectiveness of the use of the pump can be seen from the use of the pump which still follows the original plan and is not in accordance with the actual conditions in the field. Pipes and pumps requirement evaluation is needed to overcome this problems. Pipes and pumps requirement evaluation is carried out in the 2nd until 4th quarter of 2018. On the plan of pipes and pumps requirement evaluation in 2nd quarter in 2018, there are five catchment area with pumping systems made using HDPE pipe and 3 MF 340 type pumps unit, 1 MF 380 type pumps unit and 1 MF 420/E type pumps unit. On the plan of pipes and pumps requirement evaluation in 3rd quarter in 2018, there are five catchment area with pumping systems made using HDPE pipe and 3 MF 340 type pumps unit, 1 MF 390 type pumps unit and 1 MF 420/E type pumps unit. On the plan of pipes and pumps requirement evaluation in 4th quarter in 2018, there are five catchment area with pumping systems made using HDPE pipe and 3 MF 380 type pumps unit, 1 MF 390 type pumps unit and 1 MF 420/E type pumps unit.*

Keywords: *evaluation, quarter, catchment area, pump, pipe*

1. Pendahuluan

PT. Kaltim Prima Coal (PT. KPC) merupakan salah satu perusahaan besar yang bergerak dibidang penambangan batubara. Metode penambangan batubara yang diterapkan adalah metode tambang terbuka. Kegiatan penambangan di PT. Kaltim Prima Coal dibagi menjadi 4 kuartal yaitu kuartal I (Januari–Maret), kuartal II (April–Juni), kuartal III (Juli–September) dan kuartal IV (Oktober–Desember).

Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal adalah salah satu departemen yang bertanggung jawab dalam kegiatan pengupasan dan penimbunan overburden. Departemen Hatari bertanggung jawab mengelola 2 pit milik PT. Kaltim Prima Coal yaitu pit Inul East dan pit Inul Middle yang berlokasi di Sangatta, Kutai Timur, Kalimantan Timur.

Adanya pembukaan pit dan perubahan kondisi morfologi per kuartalnya akan menyebabkan air

limpasan dan air tanah masuk ke dalam bukaan pit yang dikhawatirkan akan mengganggu kegiatan penambangan. Dengan adanya perencanaan sistem penyaliran per kuartal, diharapkan dapat mengontrol jumlah air yang masuk ke pit sehingga tidak mengganggu aktivitas penambangan yang sedang berlangsung. Rancangan sistem penyaliran tersebut meliputi perhitungan kapasitas pompa serta spesifikasi pompa yang digunakan, perhitungan kebutuhan pipa dan bentuk rancangan instalasi pemompaan.

Berdasarkan hasil dari review beberapa jurnal, maka didapatkan kesimpulan dengan keterkaitan permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini bahwa perencanaan sistem penyaliran sangat diperlukan dalam suatu kegiatan penambangan. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengelola air yang masuk ke dalam area aktivitas penambangan.

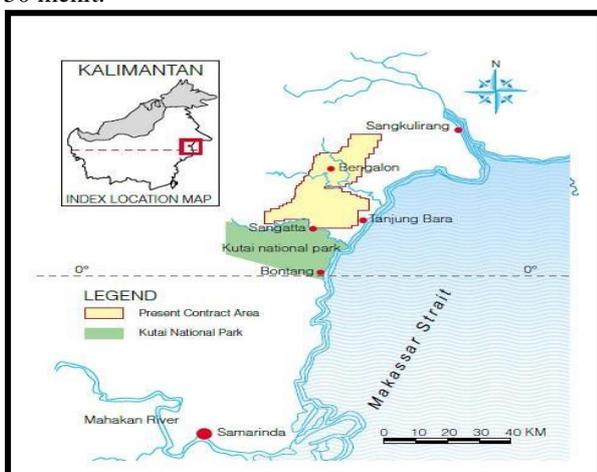
Berdasarkan pengamatan di lapangan terlihat adanya perbedaan antara desain penyaliran awal dengan kondisi

aktual di lapangan. Pada desain penyaliran awal, diketahui *engineer* pada Departemen Hatari, PT. Kaltim Prima Coal membagi area pit Inul East menjadi 6 *catchment area*. Sementara itu berdasarkan hasil kegiatan pengamatan kondisi aktual di lapangan, area *pit* Inul East hanya dibagi menjadi 5 *catchment area*. Hal ini diakibatkan karena adanya kegiatan penambangan sehingga desain penyaliran pun harus mengikuti kondisi aktual di lapangan. Dengan demikian, maka dibutuhkan suatu evaluasi rancangan sistem penyaliran untuk kondisi aktual dalam menunjang kegiatan penambangan di area *pit* Inul East, Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi pertambangan PT. Kaltim Prima Coal secara geografis terletak pada $117^{\circ} 26' 24'' - 117^{\circ} 33' 36''$ BT dan $0^{\circ} 14' 24'' - 0^{\circ} 22' 48''$ LU. Sebaran batubara Pinang terletak pada wilayah seluas ± 40 km², dengan jarak 150 km di sebelah Utara ibukota Propinsi Kalimantan Timur, Samarinda, ± 220 km di sebelah Utara pusat industri Balikpapan, ± 65 km di sebelah Utara Kota Administrasi Bontang dan ± 320 km di sebelah Selatan Tarakan. Lokasi daerah penambangan terletak di sebelah sungai Sangatta dan berjarak ± 20 km dari Pantai Timur Kalimantan.

Untuk mencapai lokasi tersebut dapat melalui beberapa alternatif rute perjalanan: a) Melalui rute darat: Balikpapan-Samarinda-Simpang Bontang-Sangatta dengan total jarak 370 km, dengan rincian 150 km dari Samarinda dan 220 km dari Balikpapan, dengan kondisi jalan aspal agak rusak terutama jalur Samarinda-Bontang dan dapat ditempuh dengan kendaraan roda empat. b) Melalui rute darat: Bontang-Simpang Bontang-Sangatta, dengan jarak 65 km, dengan kondisi jalan aspal yang cukup baik dan dapat ditempuh dengan kendaraan roda empat. c) Melalui udara: dapat ditempuh dengan pesawat Cassa dari bandara Sepinggang Balikpapan ke bandara Tanjung Bara di Sangatta selama 50 menit.



Gambar 1. Lokasi PT. Kaltim Prima Coal

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 21 Maret 2018–8 Juni 2018. Lokasi penelitian ini terletak di Sangatta, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur.

3.1. Jenis Penelitian

Menurut tujuannya penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan. Penelitian terapan (*applied research*) adalah penelitian yang diarahkan untuk mendapatkan informasi yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah. Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi mengenai status suatu gejala yang ada, yaitu keadaan gejala menurut apa adanya pada saat penelitian dilakukan. Penelitian deskriptif menilai sifat dari kondisi-kondisi yang tampak, tujuan penelitian dibatasi untuk menggambarkan karakteristik sesuatu sebagaimana mestinya. Sedangkan penelitian kuantitatif adalah penelitian dengan data yang berbentuk angka atau data kualitatif yang diangkakan.

Penelitian terapan lebih menekankan pada penerapan ilmu, aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu untuk keperluan tertentu. Penelitian terapan merupakan suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini^[1].

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mempelajari data-data perusahaan dan laporan penelitian terdahulu.

Selanjutnya pengamatan langsung di lapangan meliputi orientasi lapangan bersama karyawan perusahaan berupa pengecekan langsung kondisi penyaliran tambang sebagai langkah awal penelitian untuk mengidentifikasi masalah. Kemudian pengumpulan data dilakukan setelah mempelajari literatur dan orientasi lapangan.

3.3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan penulis menggunakan rumus-rumus melalui literatur yang ada untuk menganalisis data.

3.3.1. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur dan pengamatan langsung di lapangan selesai dilaksanakan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil berupa luasan *catchment area* aktual, data penggunaan pipa aktual dan data penggunaan pompa aktual. Sementara data

sekunder yang diambil berupa peta rencana penambangan kuartal II-IV tahun 2018, data curah hujan tahun 2006-2017, debit air tanah, peta topografi area Inul East, peta situasi tambang di Inul East, spesifikasi dan performa pompa, data *physical availability* dan *usage* pompa.

3.3.2. Analisis Hasil Pengolahan Data

Dapat dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif guna memperoleh kesimpulan sementara. Selanjutnya kesimpulan sementara ini akan diolah lebih lanjut dalam bagian pembahasan. Pengolahan data dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan dan penggambaran. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel-tabel atau rangkaian perhitungan dalam penyelesaian masalah yang ada. Data-data yang diperoleh nantinya dijadikan acuan dalam evaluasi kebutuhan pipa dan pompa untuk area *pit* Inul East.

3.3.3. Kesimpulan

Tahap ini diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti serta pemberian saran.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pembagian *Catchment Area*

Catchment area atau yang juga disebut sebagai *drainage basin*, *watershed* atau daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu daerah yang dibatasi oleh punggung perbukitan atau titik tertinggi yang apabila terjadi hujan maka air hujan tersebut akan mengalir ke titik terendah di daerah tersebut. Penentuan *catchment area* pada suatu area penambangan dapat ditentukan dengan menganalisis peta topografi dan peta kemajuan penambangan^[2].

Pembagian *catchment area* pada PT. Kaltim Prima Coal dilakukan dengan menggunakan *software* Minex 6.2 dengan menggunakan peta rencana penambangan perkuartalnya.

Software Minex merupakan *software* aplikasi tambang yang memberikan gambaran tentang perencanaan dan design tambang. *Software* ini dapat digunakan pada industri pertambangan bijih dan batubara. Tujuan utama dari sebuah perencanaan tambang dengan *software* Minex adalah untuk menentukan nilai bersih (NPV) dari cadangan mineral. Untuk melakukannya, engineer terlebih dahulu harus membangun dua model geologi dan model teknik^[3].

Pada penelitian kali ini, peneliti membandingkan rencana pembagian *catchment area* awal yang dimiliki oleh Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal dengan *catchment area* aktual. Adapun hasil dari pengamatan peneliti selama di lapangan adalah sebagai berikut:

4.1.1 Desain *Catchment Area* Awal

Pada desain *catchment area* awal yang sudah dilakukan oleh engineer di Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal, area *pit* Inul East dibagi menjadi 6 area untuk kuartal II-IV tahun 2018 dengan masing-masing luasan area sebagai berikut:

Tabel 1. Rencana Awal *Catchment Area Pit* Inul East Kuartal II

Kuartal	Area	Luas (Ha)
Q2	I	31,41
	II	19,28
	III	101,47
	IV	41,85
	V	45,36
	VI	35,05

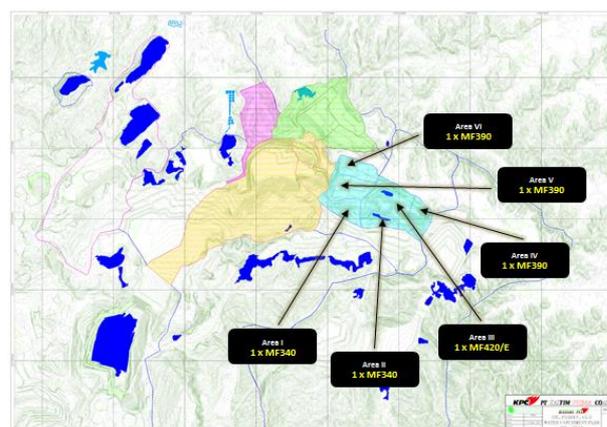
Tabel 2. Luas *Catchment Area* Rencana *Pit* Inul East Kuartal III

Kuartal	Area	Luas (Ha)
Q3	I	31,41
	II	19,28
	III	101,47
	IV	41,85
	V	45,36
	VI	35,05

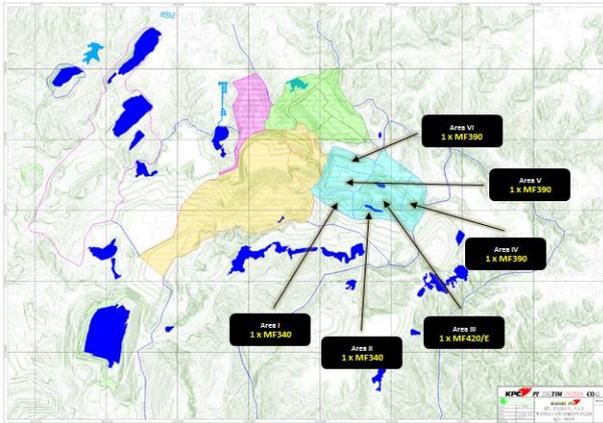
Tabel 3. Luas *Catchment Area* Rencana *Pit* Inul East Kuartal IV

Kuartal	Area	Luas (Ha)
Q4	I	31,41
	II	19,28
	III	101,47
	IV	41,85
	V	20,65
	VI	59,75

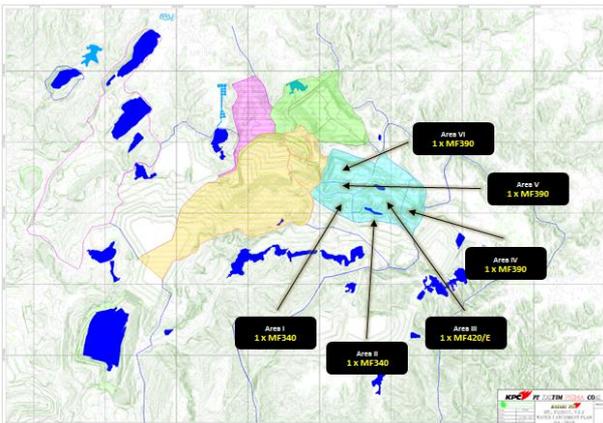
Adapun gambar rancangan pembagian *catchment area* untuk kuartal II-IV tahun 2018 dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Pembagian *Catchment Area* Kuartal II



Gambar 3. Pembagian *Catchment Area* Kwartal III



Gambar 4. Pembagian *Catchment Area* Kwartal IV

4.1.2 *Catchment Area* Aktual

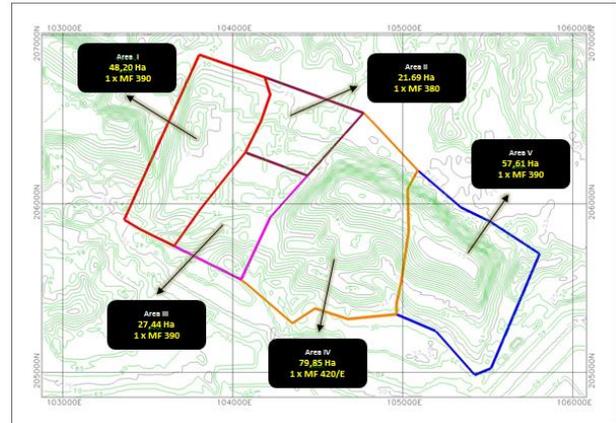
Pada penelitian kali ini, data primer yang diambil adalah luasan *catchment area*, penggunaan pompa serta pipa aktual di lapangan. Pengamatan langsung di lapangan juga bertujuan untuk mengetahui arah aliran limpasan air dan koefisien limpasan yang cocok digunakan pada setiap *catchment area*. Dengan data yang telah didapatkan, diharapkan evaluasi yang akan dilaksanakan dapat diterapkan pada area tempat penelitian dilakukan.

Adapun luasan *catchment area* aktual di lapangan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Sistem Penyaliran Pit Inul East Aktual

Kwartal	Area	Luas (Ha)
Q2	I	48,2
	II	21,69
	III	27,44
	IV	79,85
	V	57,61

Sistem penyaliran *pit* Inul East aktual dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 5. *Catchment Area* Aktual

Dari data yang didapatkan selama kegiatan penelitian, diketahui bahwa adanya perbedaan antara desain sistem penyaliran awal dengan sistem penyaliran aktual pada area *pit* Inul East, Departemen Hatari, PT. Kaltim Prima Coal. Pada desain penyaliran awal, diketahui *engineer* pada Departemen Hatari, PT. Kaltim Prima Coal membagi area *pit* Inul East menjadi 6 *catchment area*. Sementara itu berdasarkan hasil kegiatan pengamatan kondisi aktual di lapangan, area *pit* Inul East hanya dibagi menjadi 5 *catchment area*.

Adanya perbedaan antara desain sistem penyaliran awal dengan kondisi aktual diketahui akibat adanya kemajuan kegiatan penambangan sehingga desain penyaliran pun harus mengikuti kondisi aktual di lapangan. Dikarenakan adanya perbedaan antara desain sistem penyaliran awal dengan sistem penyaliran aktual pada area *pit* Inul East, Departemen Hatari, PT. Kaltim Prima Coal, maka dibutuhkan suatu rancangan sistem penyaliran yang sesuai dengan kondisi aktual.

Dengan adanya rancangan sistem penyaliran rencana diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang ada. Adapun tahapan analisis data dalam melakukan desain penyaliran rancangan yang sesuai dengan kondisi aktual adalah sebagai berikut:

Dengan menggunakan *software* Minex 6.2. Pembagian daerah tangkapan hujan dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan dan pengamatan pada peta rencana penambangan untuk kuartal II-IV tahun 2018. Luas masing-masing *catchment area* pada rencana penambangan area Inul East, Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Luas *Catchment Area* Rencana Pit Inul East Kuartal II

Kwartal	Area	Luas (Ha)
Q2	I	48,2
	II	21,69
	III	27,44
	IV	79,85
	V	57,61

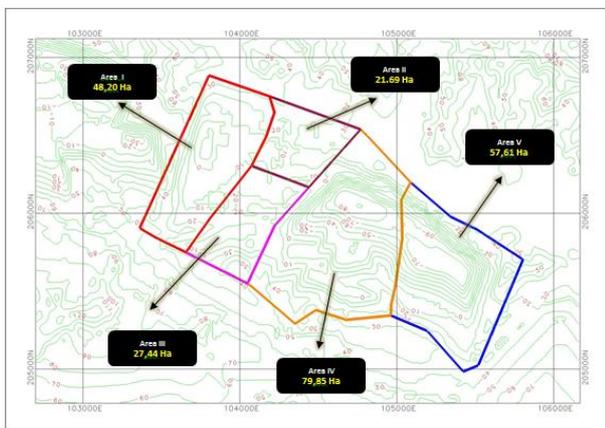
Tabel 6. Luas Catchment Area Rencana Pit Inul East Kuartal III

Kuartal	Area	Luas (Ha)
Q3	I	50,32
	II	20,66
	III	26,75
	IV	78,01
	V	75,50

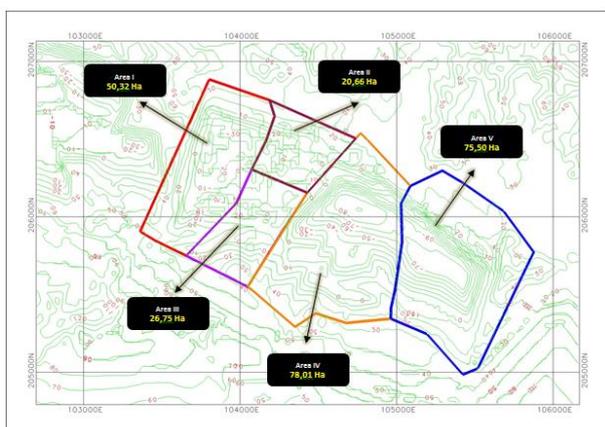
Tabel 7. Luas Catchment Area Rencana Pit Inul East Kuartal IV

Kuartal	Area	Luas (Ha)
Q4	I	48,77
	II	32,24
	III	23,19
	IV	71,92
	V	77,34

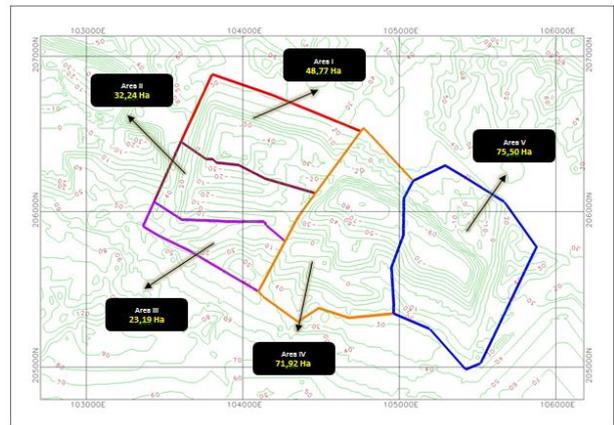
Adapun gambar rancangan pembagian *catchment area* untuk kuartal II-IV tahun 2018 dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 6. Catchment Area Rencana Kuartal II



Gambar 7. Catchment Area Rencana Kuartal III



Gambar 8. Catchment Area Rencana Kuartal IV

4.2. Perhitungan Curah Hujan

Proses siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Uap air akan bergerak dan memasuki atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian 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 (aliran permukaan atau surface runoff) mengisi cekungan tanah, danau dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir kelaut^{[4][5]}.

Curah hujan merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan sistem penirisan, karena besar kecilnya curah hujan pada suatu daerah tambang akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus ditanggulangi. Angka-angka curah hujan yang diperoleh merupakan data yang tidak dapat digunakan secara langsung untuk perencanaan pembuatan sarana pengendalian air tambang, tetapi harus diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai curah hujan yang lebih akurat^{[6][7]}.

Pengolahan data curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan data curah hujan yang siap pakai untuk suatu perencanaan sistem penyaliran. Pengolahan data ini dapat dilakukan dengan berdasarkan sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu^[6].

Data yang digunakan pada perhitungan ini adalah data curah hujan harian maksimum dalam 12 tahun terakhir (tabel 8). Alasan pemilihan data curah hujan 12 tahun terakhir sebagai data dalam perhitungan ini adalah karena pengambilan data curah hujan secara detail untuk area *pit* Inul East dilakukan dalam 12 tahun terakhir. Sementara itu, untuk periode ulang hujan yang dipilih adalah periode ulang 2 tahun. Pemilihan ini dikarenakan untuk perancangan sistem penyaliran di PT. Kaltim Prima Coal untuk periode jangka pendek (*short term*) menggunakan periode ulang 2 tahun.

Tabel 8. Curah Hujan Harian Maksimum Tahun 2006-2017

Tahun	Curah Hujan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2006	38	53	22	36,9	30,4	139	28	14	20,5	15	23,5	19
2007	40,6	75	141	32,5	20,5	35	48	60	47,5	22,5	56	35
2008	97	56	50,5	28	56	31,5	63,5	30	46,5	37	46	53
2009	21,5	25	71	63	25	41	24	42	6	60	47	103
2010	79	29	50	74	67	67	52	68	23,5	42	51	25
2011	29	58,5	85	41	62	34	34	45	25,5	49	34	56
2012	62	86	22	52	70	67	69	73	19	18	61	61
2013	65	61	79,5	53	25,5	48,5	20,5	48	67	28	100	34
2014	48,5	21	28	61	51,5	49	30	80	30	19	70	126
2015	65	80	75	21	44	36	30	37	0	22,5	92	64
2016	14,5	62,5	29	63	35,5	26	88	38	59	36	23	55
2017	34	131	69,2	73	15	47,5	78	32	27,5	118	96	53

Perhitungan curah hujan harian maksimum ini dilakukan dengan menggunakan metode distribusi gumbel sebagai berikut^{[8][9][10][11]}:

$$X = \bar{x} + k \cdot SD \quad (1)$$

Perhitungan curah hujan rata-rata, *standar deviation*, *reduced mean*, *reduced standard deviation*, dan *reduced variate* dapat dihitung dengan rumus^{[10][12]}:

Curah harian rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (2)$$

Standart deviation

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Reduced mean

$$Y_n = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(n+1-m)}{n+1} \right\} \right] \quad (4)$$

Reduced standart deviation

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}} \quad (5)$$

Reduced variate

$$Y_t = -\ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\} \quad (6)$$

Perhitungan curah hujan untuk mendapatkan rata-rata curah hujan harian maksimum dengan periode ulang 2 tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Curah harian rata-rata } (\bar{X}) &= \frac{\sum X}{n} \\ &= \frac{1.267 \text{ mm/hari}}{12} \\ &= 105,58 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standart deviation (SD)} &= \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{552,92}{12-1}} \\ &= 22,468 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduced mean (Yn)} &= -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(n+1-m)}{n+1} \right\} \right] \\ &= -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(12+1-1)}{12+1} \right\} \right] \end{aligned}$$

$$= 2,53$$

Perhitungan *Reduced Mean* dilanjutkan sampai urutan sampel (nilai m) = 12. Selanjutnya hasil perhitungan *reduced mean* sebanyak 12 sampel ini dirata-ratakan sehingga didapat nilai *reduced meannya* 0,50.

$$\begin{aligned} \text{Reduced standart deviation (Sn)} &= \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{11,60}{12-1}} \\ &= 1,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduced variate (Yt)} &= -\ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\} \\ &= -\ln \left\{ -\ln \frac{2-1}{2} \right\} \\ &= 0,3665 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan harian maksimum} &= \bar{x} + k \cdot SD \\ &= \bar{x} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \cdot SD \\ &= 58,24 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

4.3. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Penentuan nilai intensitas hujan didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan Mononobe. Perhitungan nilai intensitas hujan dilakukan pada periode ulang hujan 2 tahun dengan harga curah hujan rencana yang didapat yaitu sebesar 58,24 mm. Perhitungan intensitas hujan rencana dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini^{[9][10][13][14]}:

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3} \quad (7)$$

Nilai waktu konsentrasi (tc) harus didapatkan terlebih dahulu menggunakan metode Kirpich sebagai berikut^[13]:

$$tc = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (8)$$

Keterangan:

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- R = Curah hujan rencana (mm/hari)
- tc = Waktu konsentrasi (jam)
- L = Panjang aliran (m)
- S = Kemiringan rerata daerah lintasan air

Perhitungan nilai lama waktu konsentrasi (tc) dapat dilihat di bawah ini^[13]:

$$\begin{aligned} tc &= 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \\ tc &= 0,0195 \times 675,685^{0,77} \times 0,065^{-0,385} \\ tc &= 8,43 \text{ jam} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan waktu konsentrasi berikutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9. Nilai Lama Waktu Konsentrasi (tc) untuk Kuartal II

Area	L	S	Time of Concentration
	m	%	(tc)
I	675,685	0,065	8,43
II	440,962	0,018	9,95
III	326,439	0,141	3,57
IV	924,751	0,146	7,86
V	703,174	0,195	5,70

Tabel 10. Nilai Lama Waktu Konsentrasi (tc) untuk Kuartal III

Area	L	S	Time of Concentration
	M	%	(tc)
I	675,685	0,065	8,71
II	440,962	0,018	4,62
III	326,439	0,141	5,08
IV	924,751	0,146	7,92
V	703,174	0,195	4,53

Tabel 11. Nilai Lama Waktu Konsentrasi (tc) untuk Kuartal IV

Area	L	S	Time of Concentration
	M	%	(tc)
I	675,685	0,065	7,07
II	440,962	0,018	11,21
III	326,439	0,141	7,17
IV	924,751	0,146	7,55
V	703,174	0,195	4,83

Hasil perhitungan waktu konsentrasi berikutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 12. Intensitas Hujan pada Kuartal II

Area	Xt	tc	I
	(mm)	jam	mm/jam
I	58,24	8,43	4,87
II		9,95	4,36
III		3,57	8,64
IV		7,86	5,11
V		5,70	6,33

Tabel 13. Intensitas Hujan pada Kuartal III

Area	Xt	tc	I
	(mm)	jam	mm/jam
I	58,24	8,71	4,77
II		4,62	7,28
III		5,08	6,83
IV		7,29	5,08
V		4,53	7,37

Tabel 14. Intensitas Hujan pada Kuartal IV

Area	Xt	Tc	I
	(mm)	Jam	mm/jam
I	58,24	7,07	5,48
II		11,21	4,03
III		7,17	5,43
IV		7,55	5,25
V		4,83	7,07

4.4. Perhitungan Debit Air Permukaan

Air permukaan dapat juga disebut dengan air limpasan. Air limpasan (*surface run off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau, atau lautan. Air limpasan berlangsung ketika jumlah curah hujan melebihi laju infiltrasi air ke dalam tanah. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah pengisian air pada cekungan tersebut selesai, air kemudian dapat mengalir di atas permukaan tanah dengan bebas. Untuk memperkirakan debit air limpasan dapat digunakan rumus rasional sebagai berikut^{[5][14][15][16][17]}:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (9)$$

Perhitungan debit air limpasan permukaan pada *catchment area* I kuartal II tahun 2018 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 1 \times 4,87 \times 0,48 \\ &= 0,650 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,650 \text{ m}^3/\text{detik} \times 86.400 \\ &= 56.160 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Adapun debit air limpasan permukaan untuk kuartal II-IV tahun 2018 untuk area *pit* Inul East dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 15. Debit Limpasan Kuartal II

Kuartal	Area	Debit Limpasan (m3/hari)
Q2	I	56.160
	II	22.464
	III	57.024
	IV	97.632
	V	87.264

Tabel 16. Debit Limpasan Kuartal III

Kuartal	Area	Debit Limpasan (m3/hari)
Q3	I	57.888
	II	36.288
	III	44.064
	IV	95.040
	V	133.920

Tabel 17. Debit Limpasan Kuartal IV

Kuartal	Area	Debit Limpasan (m ³ /hari)
Q4	I	63.936
	II	31.104
	III	30.240
	IV	90.720
	V	131.328

4.5. Perhitungan Debit Air Tanah

Air tanah menyusun suatu bagian dari sistem sirkulasi air di bumi yang disebut siklus hidrologi. Formasi yang menyimpan air dari kerak bumi bertindak sebagai jalur pergerakan dan penyimpanan air. Air masuk dalam formasi ini dari permukaan tanah kemudian bergerak perlahan dengan jarak yang bervariasi sampai akhirnya muncul kembali ke permukaan tanah karena aliran alamiah, atau disebabkan oleh tumbuhan atau aktivitas manusia. Siklus hidrogeologi tersebut merupakan pergerakan air dari air permukaan, air tanah dan dari vegetasi ke atmosfer dan kembali ke tanah melalui hujan^[18].

Debit air tanah di PT. Kaltim Prima Coal sudah ditetapkan oleh pihak Departemen *Environmental* PT. Kaltim Prima Coal yaitu 10 l/s, yang apabila dikonversikan menjadi 864 m³/hari:

4.6. Perhitungan Debit Air Total

Debit total yang masuk ke *catchment* per hari dapat diperoleh menggunakan rumus berikut^[9]:

$$Q_{total} = \text{Debit Permukaan} + \text{Debit Air Tanah} \quad (10)$$

Perhitungan debit air total pada salah satu *catchment area* pada kuartal II adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume Air Limpasan (Q)} &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 1 \times 4,87 \times 0,48 \\ &= 0,650 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,650 \text{ m}^3/\text{detik} \times 86.400 \\ &= 56.160 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Air Tanah} &= 10 \text{ l/s} \times 24 \text{ jam} \times 60 \\ &\quad \times 60 : 1000 \\ &= 864 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Inflow} &= 56.160 \text{ m}^3/\text{hari} + 864 \\ &\quad \text{m}^3/\text{hari} \\ &= 57.024 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dari perhitungan yang dilakukan, diperoleh debit total untuk masing-masing *catchment area* per kuartal adalah sebagai berikut:

Tabel 18. Debit Air Total Kuartal II

Kuartal	Area	Debit Air Total (m ³ /hari)
Q2	I	57.024
	II	23.328
	III	57.888
	IV	98.496
	V	88.128

Tabel 19. Debit Air Total Kuartal III

Kuartal	Area	Debit Air Total (m ³ /hari)
Q2	I	58.752
	II	37.152
	III	44.928
	IV	95.904
	V	134.784

Tabel 20. Debit Air Total Kuartal IV

Kuartal	Area	Debit Air Total (m ³ /hari)
Q2	I	64.800
	II	31.968
	III	31.104
	IV	91.584
	V	132.192

4.7. Rencana Panjang Pipa dan Rancangan Instalasi Jaringan Pipa

Langkah selanjutnya yang peneliti lakukan yaitu menentukan panjang pipa yang digunakan serta membuat rancangan jaringan pipa untuk instalasi pemompaan. Pipa (*hosting*) digunakan untuk keperluan pemompaan dalam aktivitas penambangan. Sistem pemipaan akan sangat berhubungan erat dengan *head* kerugian yang dihasilkan oleh pipa^[19].

Rencana panjang pipa yang digunakan dapat ditentukan dengan menggunakan *software* Minex 6.2. Penentuan panjang pipa didasari pada jarak lintasan yang dilewati pipa dari *sump* ke area dimana air akan disalurkan.

Adapun rancangan panjang pipa pada kuartal II, III dan IV tahun 2018 untuk area *pit* Inul East adalah sebagai berikut:

4.7.1 Kuartal II

Untuk kuartal II, rencana panjang pipa yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 21. Rencana Panjang Pipa Kuartal II 2018

Kuartal	Area	Panjang Pipa (m)
Q2	I	840
	II	480
	III	480
	IV	900
	V	480

4.7.2 Kuartal III

Pada kuartal III, ada perubahan rencana panjang pipa untuk *catchment area* I dan II. Hal ini terjadi karena adanya perubahan jalur yang akan dilewati pipa menuju tempat pembuangan air selanjutnya yang mengakibatkan perubahan dalam penggunaan panjang pipa. Adapun rencana panjang pipa yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 22. Rencana Panjang Pipa Kuartal III 2018

Kuartal	Area	Panjang Pipa (m)
Q3	I	960
	II	420
	III	480
	IV	900
	V	480

4.7.3 Kuartal IV

Sementara itu pada kuartal IV, perubahan rencana panjang pipa kembali terjadi untuk *catchment area* I dan II. Hal ini dikarenakan adanya kemajuan dalam aktivitas penambangan yang membuat jalur pipa berubah. Adapun rencana panjang pipa yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 23. Rencana Panjang Pipa Kuartal IV 2018

Kuartal	Area	Panjang Pipa (m)
Q4	I	540
	II	1.020
	III	480
	IV	900
	V	480

4.8. Analisis Head Total Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran^{[19][20][21]}.

Head pompa adalah energi yang harus disediakan untuk dapat mengalirkan sejumlah air. *Head* pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang^[19].

Head pompa dapat dihitung menggunakan rumus^{[14][19]}:

$$H_t = \text{Static Head} + \text{Friction Head} + \text{Head of Bend} \quad (11)$$

Static head dapat dihitung dengan mencari selisih atau beda tinggi elevasi air sisi keluar dengan elevasi air sisi masuk. Sementara *friction head* adalah tahanan (kerugian) terhadap cairan yang mengalir di dalam pipa serta turbulensi yang diakibatkan adanya gesekan cairan dengan kekerasan permukaan dinding pipa bagian dalam. Ada banyak pendekatan untuk menghitung nilai *friction loss* pipa.

Perhitungan *head* total pompa untuk kuartal II, III dan IV tahun 2018 pada *pit* Inul East Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal adalah sebagai berikut:

Tabel 24. Head Total Pompa Kuartal II

Area	From RL	To RL	Static Head	Friction Head	Head of Bend	Head Total
I	-18	50	68	4,79	0,003	73
II	8	36	28	0,91	0,002	29
III	2	58	56	1,25	0,006	57
IV	-88	26	114	9,45	0,111	123
V	-78	32	110	3,26	0,188	113

Tabel 25. Head Total Pompa Kuartal III

Area	From RL	To RL	Static Head	Friction Head	Head of Bend	Head Total
I	-30	48	78	5,47	0,004	83
II	-10	38	48	0,80	0,002	49
III	0	58	58	1,25	0,006	59
IV	-88	28	116	9,45	0,130	125
V	-78	32	110	5,04	0,156	115

Tabel 25. Head Total Pompa Kuartal III

Area	From RL	To RL	Static Head	Friction Head	Head of Bend	Head Total
I	-40	38	78	3,08	0,002	81
II	-26	48	74	3,06	0,006	77
III	0	58	58	1,10	0,007	59
IV	-88	24	112	9,45	0,140	121
V	-78	32	110	5,04	1,50	115

4.9. Penentuan Debit Pompa

Debit pompa diestimasi setelah *head* total pompa diketahui. Nilai *head* total pompa telah di plotkan kedalam kurva spesifikasi pompa dan dipotongkan dengan efisiensi tertentu sehingga diperoleh debit pemompaan sesuai dengan *head* yang diatasi pompa.

Operating speed pompa (RPM) sangat perlu diperhatikan, penggunaannya harus sesuai dengan *head* yang diatasi. Sebagai contoh, apabila pompa bekerja pada *head* rendah menggunakan *operating speed* (RPM) yang tinggi hal tersebut dapat membuat umur pompa menjadi lebih singkat.

Perhitungan debit pompa untuk kuartal II-IV tahun 2018 pada *pit* Inul East dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 27. Debit Pompa Kuartal II Tahun 2018

Kuartal	Area	Head Total	Effisiensi Pompa	Debit Pompa (l/s)
Q2	I	73	85%	110
	II	29	85%	90
	III	57	85%	98
	IV	123	85%	254
	V	113	85%	128

Tabel 28. Debit Pompa Kuarterl III Tahun 2018

Kuartal	Area	Head Total	Effisiensi Pompa	Debit Pompa (l/s)
Q3	I	83	85%	113
	II	49	85%	92
	III	53	85%	101
	IV	125	85%	230
	V	115	85%	180

Tabel 29. Debit Pompa Kuarterl IV Tahun 2018

Kuartal	Area	Head Total	Effisiensi Pompa	Debit Pompa (l/s)
Q4	I	81	85%	114
	II	77	85%	115
	III	59	85%	100
	IV	121	85%	258
	V	115	85%	180

4.10. Rencana Jumlah Pompa

Berdasarkan penentuan catchment area dan topografi rencana pada kuartal II, III dan IV tahun 2018, diperoleh rencana jumlah pompa sebagai berikut :

Tabel 30. Rencana Jumlah Pompa Kuarterl II

Kuartal	Area	Tipe Pompa	Jumlah Pompa
Q2	I	MF 340	1
	II	MF 340	1
	III	MF 340	1
	IV	MF 420/E	1
	V	MF 380	1

Tabel 31. Rencana Jumlah Pompa Kuarterl III

Kuartal	Area	Tipe Pompa	Jumlah Pompa
Q3	I	MF 340	1
	II	MF 340	1
	III	MF 340	1
	IV	MF 420/E	1
	V	MF 390	1

Tabel 32. Rencana Jumlah Pompa Kuarterl IV

Kuartal	Area	Tipe Pompa	Jumlah Pompa
Q4	I	MF 340	1
	II	MF 340	1
	III	MF 340	1
	IV	MF 420/E	1
	V	MF 390	1

4.11. Rekapitulasi Hasil Analisis Data

Setelah dilakukan penentuan *catchment area*, perhitungan curah hujan, perhitungan debit air limpasan dan debit air total. Maka dapat ditentukan penggunaan pipa beserta pompa yang ideal untuk area *pit* Inul East, Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal.

Rencana jumlah pompa yang digunakan untuk masing-masing *catchment area* perkuarterl didasarkan pada debit pompa yang dihasilkan. Apabila debit pompa yang ada tidak dapat mengeluarkan debit air total yang masuk pada suatu catchment area, maka diperlukan penambahan unit pompa. Penggunaan pipa juga ditentukan dari spesifikasi pompa yang digunakan pada masing-masing area.

Tabel rekapitulasi hasil analisa data dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 33. Rekapitulasi Hasil Analisis Data Kuarterl II

Kuartal	Area	Tipe Pompa	Jumlah Pompa	Panjang Pipa (m)	d Pipa (Inch)
Q2	I	MF 340	1	840	12
	II	MF 340	1	480	12
	III	MF 340	1	480	12
	IV	MF 420/E	1	900	14
	V	MF 380	1	480	12

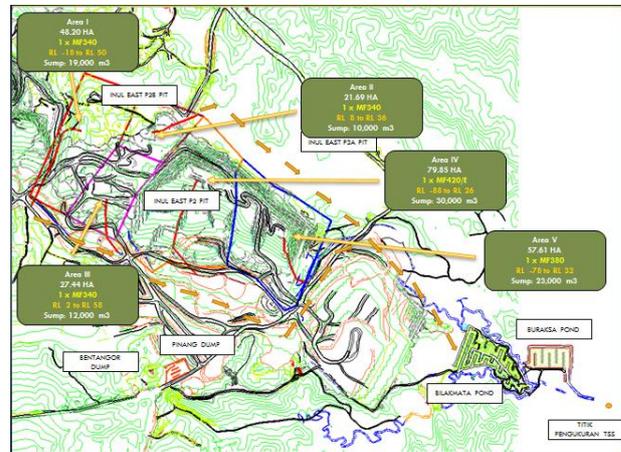
Tabel 34. Rekapitulasi Hasil Analisis Data Kuarterl II

Kuartal	Area	Tipe Pompa	Jumlah Pompa	Panjang Pipa (m)	d Pipa (Inch)
Q3	I	MF 340	1	960	12
	II	MF 340	1	420	12
	III	MF 340	1	480	12
	IV	MF 420/E	1	900	14
	V	MF 390	1	480	14

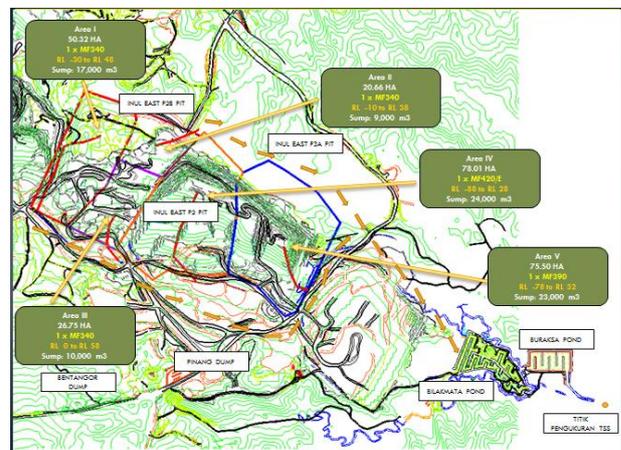
Tabel 35. Rekapitulasi Hasil Analisis Data Kuarterl IV

Kuartal	Area	Tipe Pompa	Jumlah Pompa	Panjang Pipa (m)	d Pipa (Inch)
Q4	I	MF 340	1	540	12
	II	MF 340	1	1.020	12
	III	MF 340	1	480	12
	IV	MF 420/E	1	900	14
	V	MF 390	1	480	14

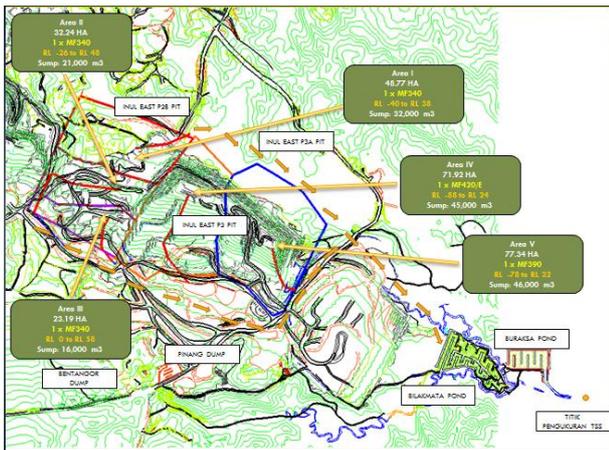
Adapun gambar hasil analisa data dapat dilihat sebagai berikut ini:



Gambar 9. Layout Sistem Penyaliran Kuarterl II



Gambar 10. Layout Sistem Penyaliran Kuarterl III



Gambar 11. Layout Sistem Penyaliran Kuartal IV

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

- Total penggunaan aktual pompa beserta spesifikasi pompa dan penggunaan pipa di *pit* Inul East Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal adalah sebagai berikut:
 - Area I membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 390 dengan penggunaan 900 m.
 - Area II membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 380 dengan penggunaan 560 m pipa.
 - Area III membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 390 dengan penggunaan 540 m pipa.
 - Area IV membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 420/E dengan penggunaan 850 m pipa.
 - Area V membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 390 dengan penggunaan 500 m pipa.
- Total kebutuhan pipa yang ideal pada kuartal II-IV tahun 2018 di *pit* Inul East Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal adalah sebagai berikut:
 - Kuartal II: Area I membutuhkan 840 m pipa dengan diameter 12 inci, area II membutuhkan 480 m pipa dengan diameter 12 inci, area III membutuhkan 480 m pipa dengan diameter 12 inci, area IV membutuhkan 900 m pipa dengan diameter 14 inci dan area V membutuhkan 480 m pipa dengan diameter 12 inci.
 - Kuartal III: Area I membutuhkan 960 m pipa dengan diameter 12 inci, area II membutuhkan 420 m pipa dengan diameter 12 inci, area III membutuhkan 480 m pipa dengan diameter 12 inci, area IV membutuhkan 900 m pipa dengan diameter 14 inci dan area V membutuhkan 480 m pipa dengan diameter 14 inci.
 - Kuartal IV: Area I membutuhkan 540 m pipa dengan diameter 12 inci, area II membutuhkan 1.020 m pipa dengan diameter 12 inci, area III membutuhkan 480 m pipa dengan diameter 12 inci, area IV membutuhkan 900 m pipa dengan diameter 14 inci dan area V membutuhkan 480 m pipa dengan diameter 14 inci.

- Total kebutuhan pompa yang ideal digunakan pada kuartal II-IV tahun 2018 di *pit* Inul East Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal adalah sebagai berikut:
 - Kuartal II: Area I membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 340, area II membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 340, area III membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 340, area IV membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 420/E dan area V membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 380.
 - Kuartal III: Area I membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 340, area II membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 340, area III membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 340, area IV membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 420/E dan area V membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 390.
 - Kuartal IV: Area I membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 340, area II membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 340, area III membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 340, area IV membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 420/E dan area V membutuhkan 1 buah pompa tipe MF 390.

5.2. Saran

- Agar dapat mengkaji kembali sistem penyaliran tambang sesuai dengan kondisi aktual dilapangan.
- Penggunaan pompa disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan untuk menanggulangi masalah penyaliran yang mungkin dapat timbul.
- Penggunaan pipa disesuaikan dengan spesifikasi pompa yang digunakan.

Daftar Pustaka

- Sugiyono. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Jakarta: Alfabeta. (2017).
- Lilik, Eko Widodo. *Hidrologi, Hidrogeologi Serta Penyaliran Tambang*. Bandung : LAPI ITB. (2012).
- Anonim. *Guidline Geovia Minex*. Sangatta : Departemen Mine Planning PT. Kaltim Prima Coal. (2018).
- Bambang, Triatmodjo. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset. (2008).
- Afia, Risca Warna Putri. *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*. Prosiding Teknik Pertambangan 2, 399. Universitas Islam Bandung. (2017).
- Awang, Suwandhi. *Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung: Unisba. (2004).
- Alzur, Zanni. *Pencegahan dan Penanggulangan Air Limpasan yang Masuk ke Kolam Blok Barat terhadap Pit Blok Timur Penambangan Batubara PT. Indoasia Cemerlang (PT IAC) Desa Sungai Cuka, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan*. Prosiding Teknik

- Pertambangan Gelombang 2, 160. Universitas Islam Bandung. (2014).
- [8] Suripin. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset. (2004).
- [9] Muhammad, Ramadanto. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Phase 5 di PT. Bukit Asam (Persero), TBK Unit Pelabuhan Tarahan, Bandar Lampung*. Jurnal JP 1, 19. Universitas Sriwijaya. (2017).
- [10] Rusmayade, Putri. *Evaluasi Sistem Penirisan Tambang di Pit 2 Blok Keluang PT Baturona Adimulya Musi Banyuasin Sumatera Selatan*. Jurnal JP 2, 34. Universitas Sriwijaya. (2018).
- [11] Tumpol, Richardo. *Perencanaan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka di PT. Bara Anugrah Sejahtera Lokasi Pulau Panggung Muara Enim Sumatera Selatan*. Jurnal JP 1, 1. Universitas Sriwijaya. (2017).
- [12] Soewarno. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Jilid 1*. Bandung: Penerbit Nova. (1995).
- [13] Rudi, Sayoga Gautama. *Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung : ITB. (1999).
- [14] Uyu, Saismana. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran dan Penirisan Tambang Pit 4 PT. Dewa, Tbk Site Asam-asam Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, 33. Universitas Lambung Mangkurat. (2016).
- [15] Asdak, C. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. (2010).
- [16] Aldi, Armandisastra. *Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara di Pit Langap PT. Kalimantan Prima Persada Jobsite BDMA Kecamatan Malinau Selatan Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara*. Prosiding Teknik Pertambangan 1, 364. Universitas Islam Bandung. (2017).
- [17] Rendy, Saputra Kasim. *Studi Hidrologi dan Hidrogeologi untuk Mendukung Desain Penambangan di PT. Alamjaya Bara Pratama Desa Jembayan, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur*. Prosiding Teknik Pertambangan Gelombang 2, 408. Universitas Islam Bandung. (2017).
- [18] David, Keith Todd. *Ground Hydrology : Second Edition*. United States : Agrosy Publishing. (1980).
- [19] Sularso dkk. *Pompa dan Kompresor : Pemilihan, Pemakaian, Pemeliharaan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita. (2006).
- [20] Fahri, Jeki. *Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang dan Upaya Perbaikan Sistem Pemompaan di Tambang Terbuka (Studi Kasus : Penambangan Batubara Site Kelubir Mine Operation PT. Pesona Khatulistiwa Nusantara, Kecamatan Tanjung Palas Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara)*. Prosiding Teknik Pertambangan Gelombang 1, 167. Universitas Islam Bandung. (2017).
- [21] Ridho, Qurniawan. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara Tahun 2016 untuk Menentukan Kebutuhan Pompa Pada Pit Timur*.

Prosiding Teknik Pertambangan 3, 482. Universitas Islam Bandung. (2016).