

**PENGGUNAN REGRESI LINEAR UNTUK MENGETAHUI VARIABEL PENGARUH PADA KEKUATAN LERENG HIGHWALL PIT ALFA – PT ARUTMIN INDONESIA TAMBANG KINTAP**

Aryoseno <sup>1)</sup>, Prima Laksana <sup>2)</sup>, Steffani Kurnia Viona <sup>3)</sup>

- 1) Geology & Geotechnical Supervisor, PT Arutmin Indonesia – Tambang Kintap
- 2) Senior Geotechnical Engineer, PT Arutmin Indonesia – Balikpapan
- 3) Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung

**ABSTRAK**

Penambangan di area blok 73-76 Pit Alfa, PT Arutmin Indonesia - Tambang Kintap belum memasuki fase final (*mined out*). Area ini saat ini terendam oleh air sehingga belum bisa dilakukan operasi lanjutan di area tersebut. Untuk melanjutkan penambangan di area tersebut, dibutuhkan suatu penilaian Faktor Keamanan (FK) dari lereng tambang. Metode statistika berupa regresi linier sederhana digunakan untuk mengetahui variabel yang paling berpengaruh terhadap kekuatan lereng. Regresi linier sederhana adalah Metode Statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara Variabel Faktor Penyebab terhadap Variabel Akibatnya. Terdapat tiga variabel yang terlibat dalam penilaian FK ini yaitu elevasi muka air tanah (MAT) yang didapat dari pengamatan berkala dari lubang piezometer yang ada, variabel kedua adalah elevasi air yang menutupi sump / daerah yang akan di-progress serta variabel selanjutnya adalah ketinggian lereng (*highwall*) tambang. Selanjutnya ketiga variabel tersebut digambarkan dalam persamaan  $FK = Ax_{(elevasi\ MAT)} + By_{(elevasi\ sump)} + Cz_{(ketinggian\ lereng)} + K$  dengan hipotesa awal ( $H_0$ ) variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel terikat dan hipotesa akhir ( $H_1$ ) berupa variabel bebas memiliki pengaruh terhadap variabel terikat. Dari hasil analisis didapatkan persamaan regresi  $FK = -0.0089x + 0.0059y + (-) 0.026z + 2.2314$  dimana didapatkan variabel utama yang paling berpengaruh terhadap perubahan FK adalah ketinggian lereng. Untuk hasil permodelan lereng dari awal periode penelitian (minggu pertama April 2019) hingga akhir penelitian (minggu ke empat belas atau minggu kedua Juli 2019), didapatkan trend nilai FK yang cenderung menurun (FK 1.51 – FK 1.22) dimana hal ini disebabkan karena bekerjanya variabel beda tinggi lereng (nilai beda ketinggian semakin besar seiring dengan penurunan level tambang).

Kata Kunci : Variabel Pengaruh, Regresi Linier, Faktor Keamanan

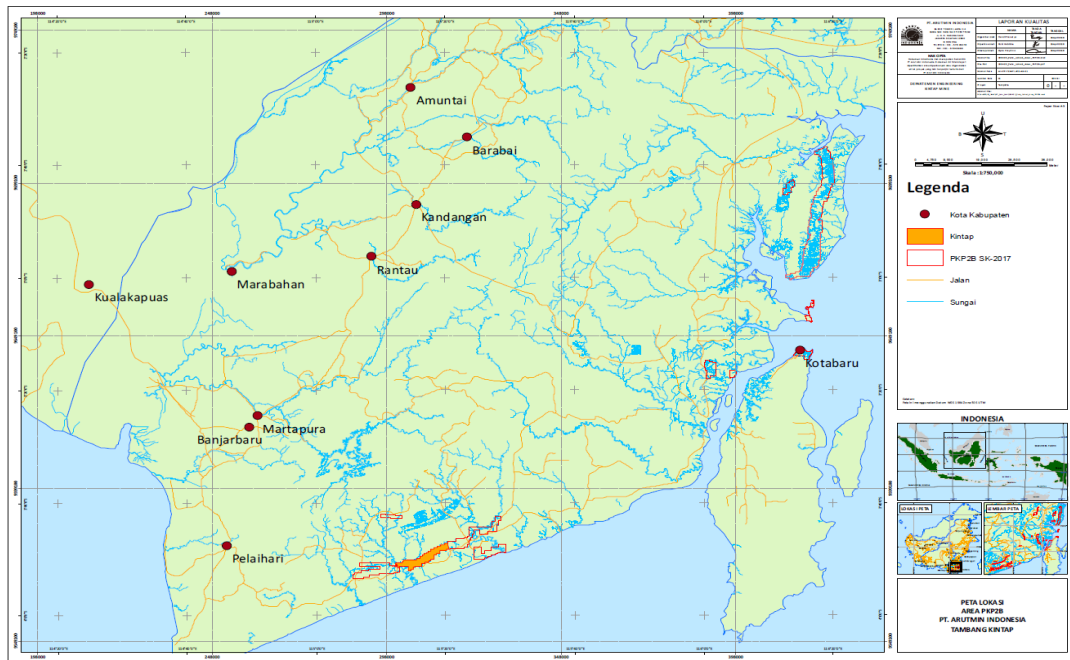
**A. PENDAHULUAN**

**A.1. Latar Belakang**

PT Arutmin Indonesia (PTAI) merupakan salah satu perusahaan yang memiliki ijin Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) dari Pemerintah Republik Indonesia. PTAI memiliki 5 wilayah pertambangan yang tersebar di wilayah Propinsi Kalimantan Selatan yaitu Tambang Senakin, Tambang Satui, Tambang Batulicin, Tambang Asam asam dan Tambang Kintap. Objek penelitian ini berada di Pit Alfa PTAI Tambang Kintap (Gambar 1).

Penambangan di area blok 73-76 Pit Alfa, PT Arutmin Indonesia - Tambang Kintap belum memasuki fase final (*mined out*). Area ini saat ini terendam oleh air sehingga belum bisa dilakukan finalisasi di area tersebut. Dari lokasi yang ditunjukkan oleh Gambar 2, terdapat 3 (tiga) variabel yang mungkin

berpengaruh terhadap Faktor Keamanan lereng yaitu, elevasi muka air tanah (MAT), elevasi air di *sump* / area rencana progress dan ketinggian lereng.



Gambar 1. Lokasi Penelitian – Tambang Kintap

Untuk melanjutkan penambangan di area tersebut, dibutuhkan suatu penilaian Faktor Keamanan (FK) dari lereng tambang (Gambar 2).



Gambar 2. Lokasi Highwall & Area Calon *Mined Out*

## A.2. Tujuan

Tulisan ini memiliki tujuan untuk menentukan variabel utama penyebab perubahan Faktor Keamanan (FK) dari lereng *highwall* dengan metode statistika sederhana yaitu regresi linier serta mengetahui

nilai Faktor Keamanan (FK) dimulai dari periode awal penelitian hingga akhir penelitian (minggu pertama hingga minggu ke empat belas).

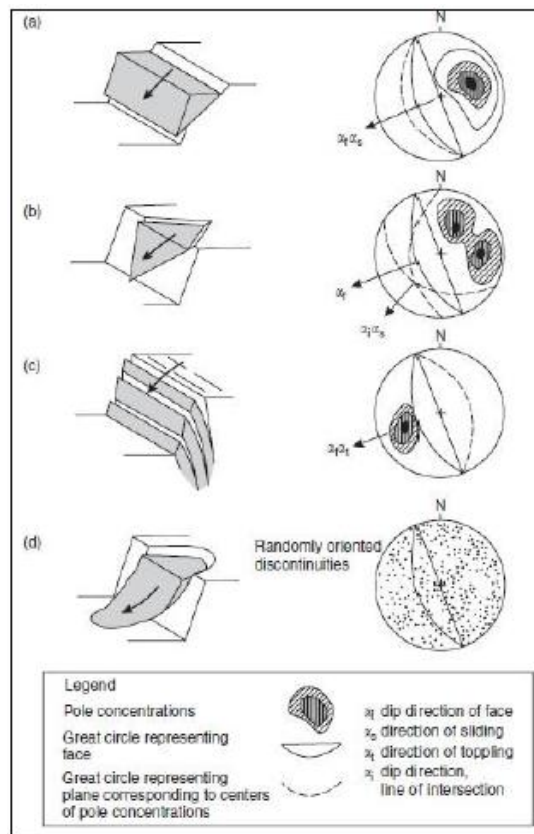
### A.3. Hipotesis

Terdapat 3 variabel yang mungkin berpengaruh terhadap nilai FK lereng *highwall*, serta nilai FK per periode pengamatan akan memiliki hubungan (berbanding lurus ataupun berbanding terbalik) dengan ketiga variabel.

## B. LANDASAN TEORI

### B1. Longsoran

Potensi jenis longsoran yang terbentuk akibat adanya bidang diskontinyu dapat diklasifikasikan menjadi longsoran bidang, longsoran baji, longsoran guling dan longsoran busur (Hoek & Bray, 1981), (Rai, 1999), (Sulistianto 2012), ilustrasinya ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Tipe Longsoran, Bidang (a), Baji (b), Guling (c) dan Busur (d) (Hoek & Bray, 1981 dalam Wyllie & Mah, 2004)

Kelongsoran suatu lereng pertambangan tersebut pada umumnya melalui bidang tertentu (*slip surface*). Menurut Hoek (2000), kestabilan lereng tergantung pada gaya penggerak dan gaya penahan yang bekerja pada bidang gelincir tersebut. Gaya penahan adalah gaya yang menahan agar tidak terjadi kelongsoran, sedangkan gaya penggerak adalah gaya yang menyebabkan terjadinya kelongsoran. Perbandingan antara gaya penggerak dan gaya penahan secara sistematis dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut

$$\text{Faktor Keamanan (FK)} = \frac{\sum \text{Gaya penahan}}{\sum \text{Gaya Penggerak}} \quad (1)$$

Dengan ketentuan, jika sesuai teoritis :

FK > 1.0 = lereng stabil

FK < 1.0 = lereng tidak stabil

## B.2. Statistika

Analisa regresi adalah salah satu alat yang paling sering digunakan untuk mengevaluasi pengaruh dari suatu variabel bebas atau prediktor/independen terhadap variabel tidak bebas atau respon/dependen (Draper & Smith, 2011). Analisis regresi ini membantu dalam melakukan proyeksi karakteristik hubungan antar variabel.

Analisis regresi linier berganda bermaksud meramalkan bagaimana keadaan (naik turunnya) variabel terikat (kriterium), bila dua atau lebih variabel bebas sebagai faktor prediator dimanipulasi (dinaik turunkan nilainya). Jadi analisis regresi berganda akan dilakukan bila jumlah variabel independennya minimal 2 (Sugiyono, 2014). Analisis regresi linear berganda memiliki persamaan sebagai berikut.

$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots \text{Konstanta} \quad (2)$$

Dengan :

Y' = Variabel terikat

X = Variabel Bebas

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

Dalam penilaian variabel dilakukan uji t, yaitu uji signifikansi parsial. Uji t (Uji Parsial) Uji t (t-test) melakukan pengujian terhadap koefisien regresi secara parsial, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui signifikansi peran secara parsial antara variabel bebas terhadap variabel terikat dengan mengasumsikan bahwa variabel bebas lain dianggap konstan (Sugiyono, 2004). Dalam pengujian saignifikansi ditentukan sebuah hipotesis awal yaitu:

H<sub>0</sub> : Variabel bebas tidak memengaruhi nilai variabel terikat.

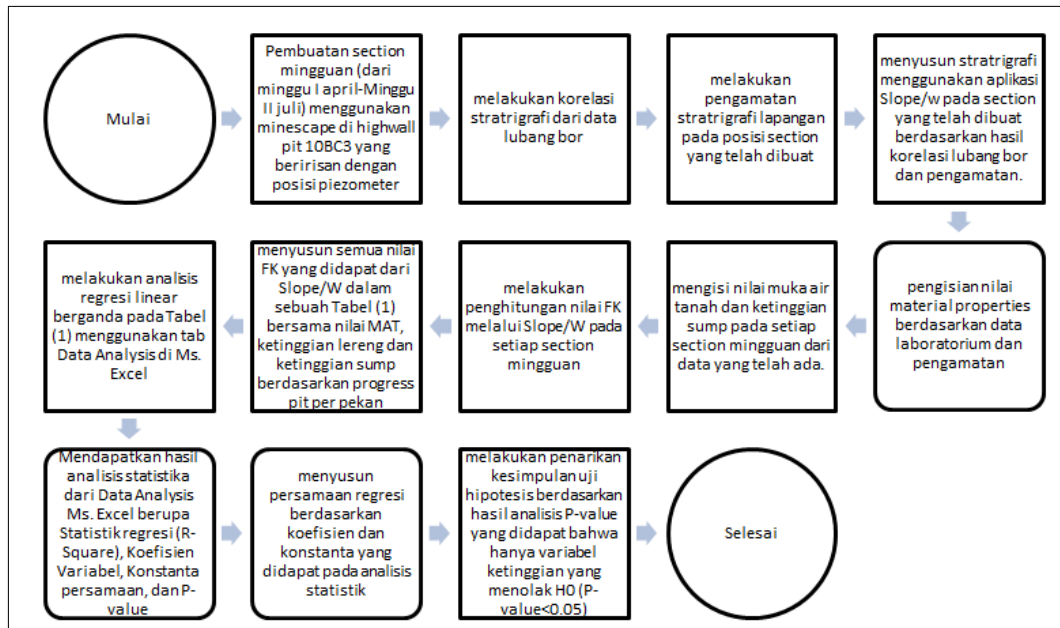
Pernyataan H<sub>0</sub> diterima dapat diartikan suatu variabel bebas dapat disimpulkan tidak terlalu memengaruhi nilai variabel terikat, sedangkan jika H<sub>0</sub> ditolak maka suatu variabel bebas memengaruhi nilai dari variabel terikat.

Kesimpulan penerimaan maupun penolakan H<sub>0</sub> didasari oleh nilai dari taraf signifikansi (*P-Value*). *P value* adalah besarnya peluang terjadinya kesalahan dalam pengambilan kesimpulan hipotesis dimana peneliti menolak H<sub>0</sub> yang seharusnya diterima. Oleh karena itu ketika nilai *P-value* lebih kecil dari nilai taraf kepercayaan sebesar 0.05 maka dapat disimpulkan bahwa H<sub>0</sub> ditolak, dan jika nilai *P-value* lebih besar dari 0.05 maka H<sub>0</sub> diterima.

## C. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian untuk tulisan ini memakai metode analisis kuantitatif, Data yang dipakai adalah data primer berupa pengambilan data elevasi MAT per periode, elevasi *sump*, ketinggian lereng, data topografi per periode. Sedangkan untuk data sekunder yang dipakai berupa data stratigrafi, serta

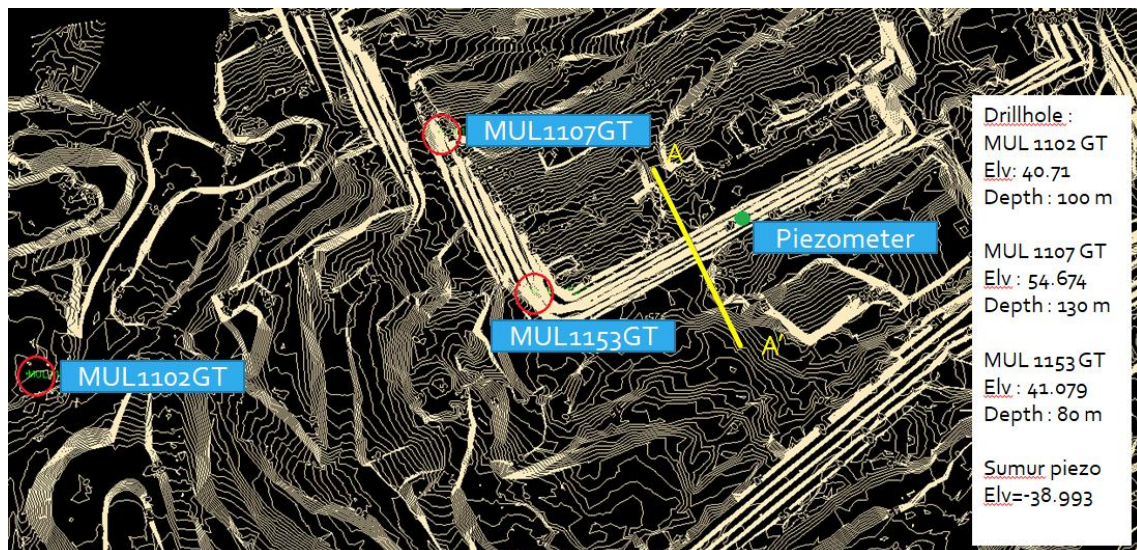
material properties dari litologi penyusun lereng tersebut. Secara ringkas, alur penelitian digambarkan pada Gambar 4 sebagai berikut :



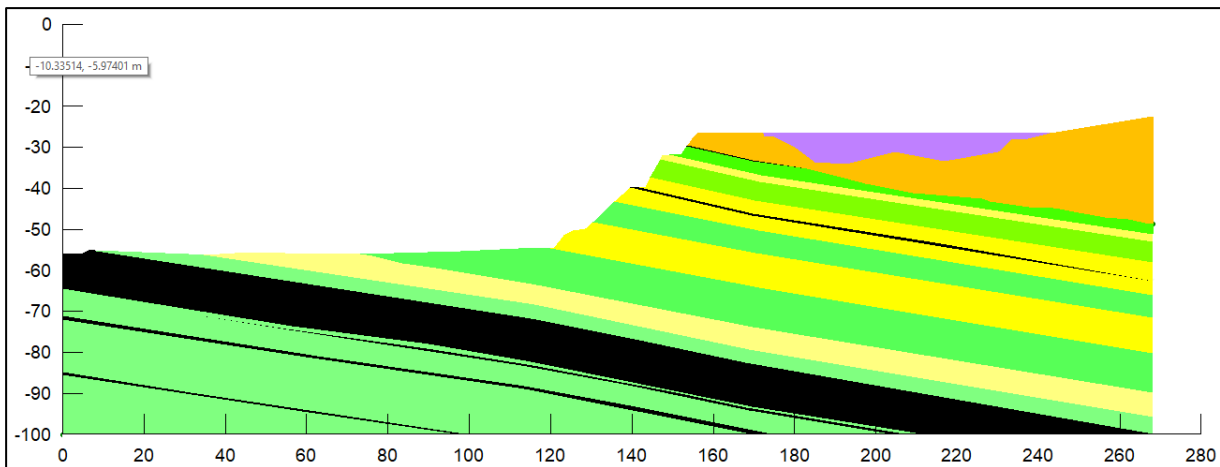
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

#### D. HASIL & PEMBAHASAN

Dari pengambilan data sekunder berupa material properties, korelasi stratigrifi dari litologi titik2 bor yang tersebar, lalu pengambilan data topografi di awal periode penelitian (Gambar 5), didapatkan susunan stratigrifi pada area penelitian dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 5. Lokasi Sebaran Drillhole Geotek dan Garis Sayatan A-A



Gambar 6. Sayatan A – A’ Stratigrafi Area Penelitian

Hasil pengambilan data elevasi muka air tanah, elevasi air sump dan ketinggian lereng *highwall* dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Data Pengukuran Elevasi MAT, Elevasi Air Sump dan Ketinggian *Highwall*

Tanggal	Periode	Elevasi MAT	Elevasi Sump	Tinggi Lereng
4/08/2019	Week 1	-41,07	-57,783	28,184
4/15/2019	Week 2	-42,23	-58,413	32,787
4/22/2019	Week 3	-43,28	-59,215	33,878
4/29/2019	EOM April	-44,33	-59,308	37,361
5/06/2019	Week 1	-45,38	-58,811	37,361
5/13/2019	Week 2	-45,95	-58,967	37,361
5/20/2019	Week 3	-46,29	-58,853	37,361
5/27/2019	EOM Mei	-46,77	-58,924	41,293
6/10/2019	Week 1	-47,25	-58,436	41,293
6/17/2019	Week 2	-47,51	-56,436	41,293
6/24/2019	Week 3	-47,77	-57,490	41,293
7/01/2019	EOM Juni	-47,80	-57,019	41,293
7/08/2019	Week 1	-47,86	-59,292	41,293
7/15/2019	Week 2	-47,91	-61,299	41,293

Berdasarkan data variable-variabel di atas, dilakukan analisis kestabilan lereng pada area penelitian. Hasil dari analisis kestabilan lereng berupa nilai Faktor Keamanan pada tiap minggu. Dari analisis regresi didapatkan nilai koefisien dan *P-value* tiap variabel serta statistik regresi seperti pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Nilai koefisien dan nilai P tiap variabel serta statistik regresi

	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>
<i>Intercept</i>	2,231392951	0,010731262
<i>MAT Level</i>	-0,008940248	0,632701725
<i>Sump Elevation</i>	0,005915427	0,514617847
<i>Height</i>	-0,025973278	0,026958875
<i>Regression Statistics</i>		
<i>Multiple R</i>	0,936703377	
<i>R Square</i>	0,877413216	
<i>Adjusted R Square</i>	0,84063718	
<i>Standard Error</i>	0,03722378	
<i>Observations</i>		14

Dari analisis regresi diatas didapatkan persamaan regresi untuk area penelitian sebagai berikut :  
 Persamaan Regresi :

$$FK = -0.0089x + 0.0059y + -0.026z + 2,2314 \quad (3)$$

x = Elevasi MAT (m)  
 y = Elevasi Sump (m)  
 z = Tinggi Lereng (m)

P-value > 0.05 = H0 diterima  
 P-value < 0.05 = H0 ditolak atau H1 menolak H0

dengan ketentuan H0 = variabel tidak terlalu berpengaruh terhadap FK lereng dan H1 = variabel memiliki pengaruh terhadap FK lereng. Dari persamaan di atas dan dari nilai *P-value* yang didapat, variabel MAT memiliki nilai *P-value* 0.63 (> 0.05) sehingga H0 diterima. Variabel elevasi sump memiliki *P-value* 0.51(> 0.05) sehingga H0 diterima serta variabel tinggi lereng memiliki *P-value* 0.026 (< 0.05) sehingga H0 ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai Faktor Keamanan adalah variabel Tinggi Lereng (Tabel 3)

Tabel 3. Rekapitulasi Variabel dan Status H0

Variabel	Koefisien	P Value	Vs P Value	H0	H0 Status
Elevasi MAT (x)	-0.00894	0.63270	> 0,05	Variabel tidak berpengaruh	Diterima
Elevasi Sump (y)	0.00592	0.51462	> 0,05	Variabel tidak berpengaruh	Diterima
<b>Tinggi Lereng (z)</b>	<b>-0.02597</b>	0.02696	<b>&lt; 0,05</b>	Variabel tidak berpengaruh	<b>Ditolak</b>

Nilai Faktor Keamanan (FK) juga dianalisis mulai dari minggu pertama (minggu pertama April 2019) hingga minggu ke empat belas (minggu kedua Juli 2019). *Trend* dari nilai FK tersebut cenderung menunjukkan nilai penurunan (dimulai dengan nilai FK 1.51 di minggu 1, hingga FK dengan nilai 1.22 di periode akhir / minggu ke 14). Hal ini disebabkan oleh bekerjanya variabel beda tinggi lereng (nilai

beda ketinggian semakin besar seiring dengan penurunan level tambang) seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Trend Nilai FK dan Beda Ketinggian

TANGGAL	KETERANGAN	Height	FK
08/04/2019	Week 1	28,184	1,512
15/04/2019	Week 2	32,787	1,492
22/04/2019	Week 3	33,878	1,342
29/04/2019	EOM April	37,361	1,285
06/05/2019	Week 1	37,361	1,306
13/05/2019	Week 2	37,361	1,317
20/05/2019	Week 3	37,361	1,323
27/05/2019	EOM Mei	41,293	1,231
10/06/2019	Week 1	41,293	1,187
17/06/2019	Week 2	41,293	1,237
24/06/2019	Week 3	41,293	1,272
01/07/2019	EOM Juni	41,293	1,259
08/07/2019	Week 1	41,293	1,266
15/07/2019	Week 2	41,293	1,24

## E. KESIMPULAN

1. Dari analisis regresi linier pada ketiga variabel yang bekerja (elevasi MAT, elevasi *sump*, ketinggian lereng), yang memiliki pengaruh terhadap Faktor Keamanan (FK) lereng adalah variabel ketinggian lereng.
2. Variabel ketinggian lereng mempunyai peranan terhadap nilai Faktor Keamanan (FK) lereng, dimana semakin tinggi beda tinggi, trend FK menunjukkan nilai yang semakin kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

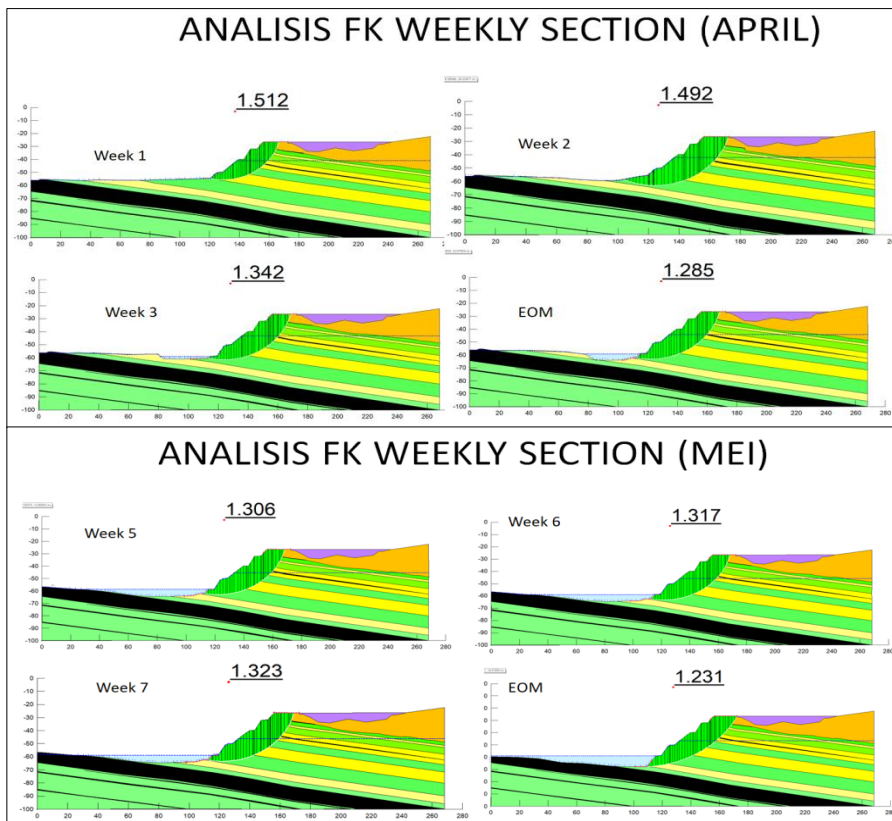
- Draper, Smith, Regression Analysis, 2011, Pearson Prentice 7<sup>th</sup> Ed.
- Hoek, E., & Bray, J.W., 1981, *Rock Slope Engineering* 3<sup>rd</sup> Ed., The Institution of Mining and Metallurgy, London
- Hoek. E. 2000. *Practical Rock Engineering*. Ever Hoek Consulting Engineer Inc, Canada.
- Rai, M.A., 1999, *Analisis Kemantapan Lereng, Pendidikan dan Pelatihan Perencanaan Tambang Batubara dengan Tambang Terbuka Secara Terintegrasi*, Pusat Antar Universitas Ilmu Rekayasa, Institut Teknologi Bandung, Jurusan Teknik Pertambangan, Bandung.
- Sulistianto, B., 2006, *Analisis Kemantapan Lereng, Kursus Singkat Geoteknik Terapan untuk Tambang Terbuka*, Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Wyllie, D.C., Mah, C.W., 2004, *Rock Slope Engineering* 4<sup>th</sup> Ed., Spon Pres, London



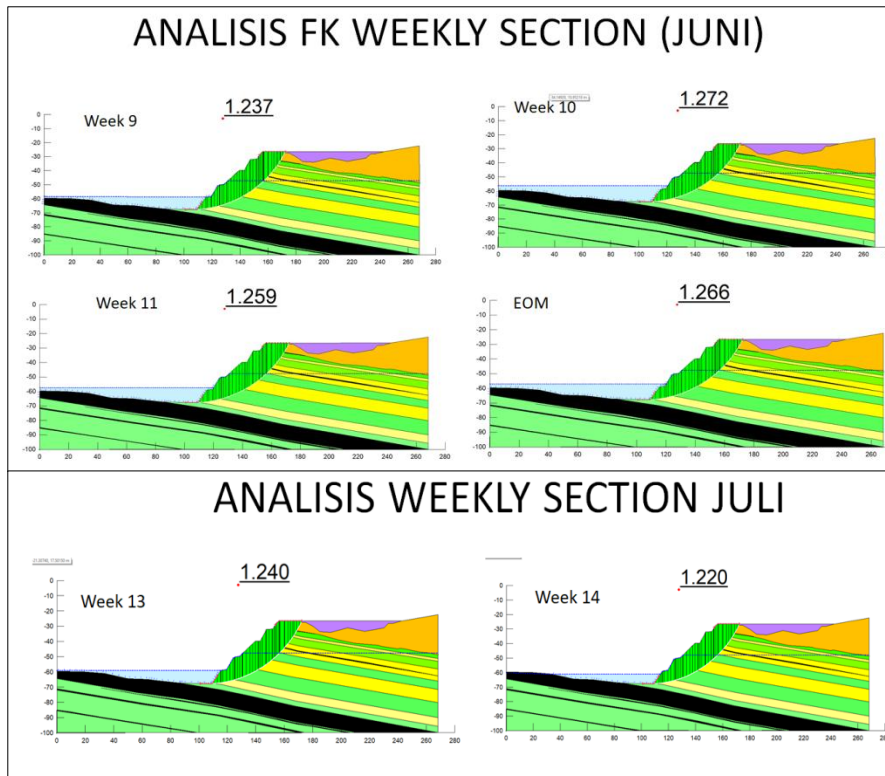
LAMPIRAN

Depth		Thickness	Lithology	c (Kpa)	$\phi$ (deg)	c (Kpa)	$\phi$ (deg)	Unit Weight (KN/M3)	c (Kpa)	$\phi$ (deg)	c (Kpa)	$\phi$ (deg)	c (Kpa)	$\phi$ (deg)
From	To			Peak	Peak	Residual	Residual		res+20%	res+20%	res+30%	res+30%	res+50%	res+50%
Hole Name MUL1107GT														
4,67	5,17	0,50	Siltstone	122	29,38	63	18,13	21,8	75,6	21,756	81,9	23,569	94,5	27,195
14,70	15,23	0,53	Coal DL1	186	39,83	102	25,66	14,1	122,4	30,792	132,6	33,358	153	38,49
21,26	21,78	0,52	Claystone	117	23,88	60	14,72	21,6	72	17,664	78	19,136	90	22,08
24,75	25,13	0,38	Coal DL2	207	41,75	107	23,65	13,2	128,4	28,38	139,1	30,745	160,5	35,475
34,68	35,20	0,52	Claystone	127	26,25	67	15,47	21,4	80,4	18,564	87,1	20,111	100,5	23,205
Hole Name MUL1153GT														
10,90	11,40	0,50	Claystone	122	26,34	57	14,07	21,5	68,4	16,884	74,1	18,291	85,5	21,105
13,54	14,04	0,50	Carbonaceous Claystone	177	25,37	62	15,93	20,8	74,4	19,116	80,6	20,709	93	23,895
29,00	29,50	0,50	Claystone	135	25,4	71	15,31	21,4	85,2	18,372	92,3	19,903	106,5	22,965
34,50	35,00	0,50	Sandstone 1	139	30,54	72	18,44	21,4	86,4	22,128	93,6	23,972	108	27,66
48,65	49,15	0,50	Coal	197	39,99	96	24,92	13,5	115,2	29,904	124,8	32,396	144	37,38
55,74	56,24	0,50	Claystone sisip	141	26,38	75	16,36	21,3	90	19,632	97,5	21,268	112,5	24,54
56,70	57,12	0,42	Coal DL3	172	43,21	90	25,48	14,0	108	30,576	117	33,124	135	38,22
73,10	73,60	0,50	Claystone 1	140	24,69	76	14,93	21,1	91,2	17,916	98,8	19,409	114	22,395
78,25	78,70	0,45	Sandstone 2	144	34,05	80	20,58	24,3	96	24,696	104	26,754	120	30,87
Hole Name MUL1102GT														
9,10	9,60	0,50	Claystone 2	109	23,55	60	14,04	20,9	72	16,848	78	18,252	90	21,06
18,05	18,60	0,55	Claystone 3	127	24,40	69	14,36	21,1	82,8	17,232	89,7	18,668	103,5	21,54
32,22	32,42	0,20	Coally Shale	133	26,83	71	16,39	14,3	85,2	19,668	92,3	21,307	106,5	24,585
51,70	52,20	0,50	Sandstone 3	149	33,84	82	20,61	23,3	98,4	24,732	106,6	26,793	123	30,915
60,23	60,73	0,50	Sandstone 4	123	30,59	66	19,15	23,4	79,2	22,98	85,8	24,895	99	28,725
61,74	62,24	0,50	Claystone 4	142	27,38	75	15,21	20,4	90	18,252	97,5	19,773	112,5	22,815
70,47	70,97	0,50	Claystone 5	137	24,36	72	17,1	20,4	86,4	20,52	93,6	22,23	108	25,65
72,20	72,73	0,53	Sandstone 5	144	31,26	79	18,52	23,3	94,8	22,224	102,7	24,076	118,5	27,78
80,20	80,70	0,50	Coal EU1	240	41,76	104	23,38	14,9	124,8	28,056	135,2	30,394	156	35,07
95,95	96,45	0,50	Sandstone	155	32,97	85	21,6	23,2	102	25,92	110,5	28,08	127,5	32,4
97,51	98,04	0,53	Siltstone	139	28,30	66	18,69	20,4	79,2	22,428	85,8	24,297	99	28,035

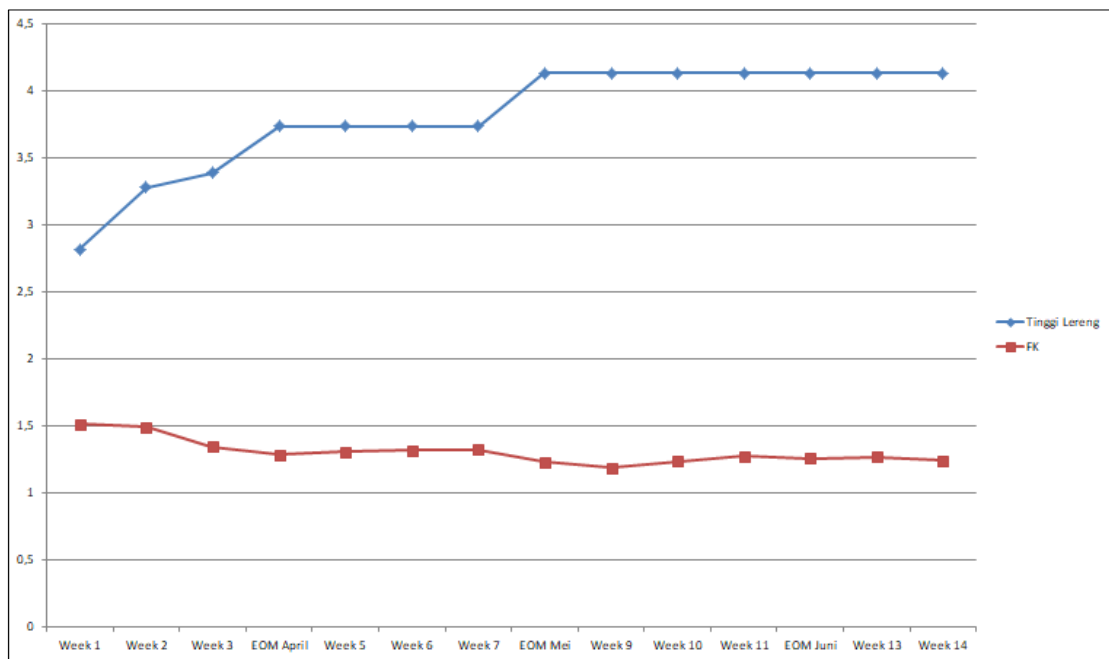
Lampiran 1. Material Properties Area Penelitian



Lampiran 2. Analisis FK Week 1 – Week 8



Lampiran 3. Analisis FK Week 9 – Week 14



Lampiran 4. Grafik Hubungan Trend FK vs Tinggi Lereng (satuan dekameter / m x 10<sup>-1</sup>)