

KAJIAN GEOTEKNIK TAMBANG KAOLIN PADA PT GARDA BUMI ANUGRAH, KECAMATAN ASTAMBUL, KABUPATEN BANJAR, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN

Muhammad Mustakim*, Marselinus Untung Dwiatmoko, Sari Melati
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Email : *h1c115012@mhs.ulm.ac.id

ABSTRAK

Sebelum melakukan perencanaan penambangan, diperlukan kajian geoteknik untuk menentukan geometri lereng yang aman dan stabil. Lokasi penelitian merupakan daerah rawa dengan formasi geologi aluvium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan geometri lereng tunggal yang aman dan stabil.

Jumlah sampel yang diambil sebanyak tiga sampel di lokasi yang berbeda. Metode yang digunakan dalam pengambilan dan pengujian sampel pada laboratorium adalah menggunakan standar ASTM (American Society for Testing and Material). Material properties sampel 1 bobot isi (γ) 17,14 KN/m³, kohesi (C) 18,62 KN/m² dan sudut gesek dalam (ϕ) 34,28°, sampel 2 γ 16,58 KN/m³, C 33,32 KN/m² ϕ 28,14° dan sampel 3 γ 19,12 KN/m³, C 13,72 KN/m² ϕ 45,28. Analisis kestabilan lereng menggunakan software slide dengan metode kesetimbangan batas dan metode grafik Hoek-Bray. Tinggi muka air tanah mengacu pada analisis Hoek-Bray.

Berdasarkan dari analisis yang telah dilakukan, rekomendasi desain lereng bisa dibuat dengan dua opsi. Opsi pertama yaitu desain lereng dibuat berbeda-beda di setiap zona sesuai dengan properties (kohesi dan sudut gesek dalam) masing-masing setiap sampel. Akan tetapi jika ingin menerapkan desain yang sama diseluruh bukaan tambang maka dapat mengacu pada sampel yang memiliki properties paling lemah yaitu pada sampel 3. Rekomendasi geometri lereng yang dihasilkan yaitu dengan analisis kesetimbangan batas pada software slide kondisi lereng jenuh dengan tinggi lereng 5 m dan kemiringan lereng 42°.

Kata kunci : Bobot isi, kohesi, sudut gesek dalam, kesetimbangan batas, Hoek-Bray

PENDAHULUAN

Kaolin merupakan suatu mineral lempung berwarna putih yang memiliki komposisi terbesar berupa kaolinit melalui proses pelapukan dan proses hidrotermal alterasi pada batuan beku felspartik dan mika. Kaolin biasanya berada sebagai mineral kaolinit murni atau mineral yang berhubungan misalnya haloisit, nakrit dan dikrit yang bergabung dengan mineral lain seperti smektit, mika, kuarsa dan feldspar sebagai pengotor (Murray, 2004 dalam Nugraha, 2017).

Dalam membuat rancangan suatu geometri lereng, terlebih dahulu harus mengetahui nilai properties material yang akan dijadikan lereng tambang. Adapun nilai properties material yang diperlukan adalah bobot isi natural (γ), kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ). Nilai properties dari material didapatkan melalui uji sifat fisik dan uji sifat mekanik dilaboratorium. Sifat fisik tanah yaitu sifat yang berhubungan dengan elemen penyusun massa tanah yang ada. Sedangkan sifat mekanis tanah merupakan sifat perilaku dari struktur massa tanah apabila dikenai suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis mekanis

Kestabilan lereng, baik alami maupun buatan (buatan manusia) serta lereng timbunan, dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Pada kondisi gaya penahan (terhadap longsoran) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi stabil (aman). Namun apabila gaya penahan lebih kecil dari gaya penggeraknya lereng tersebut tidak stabil dan akan terjadi longsoran. Sebenarnya longsoran merupakan suatu proses yang alami yang terjadi untuk mendapatkan kondisi kestabilan lereng yang baru, dimana gaya penahan lebih besar dari gaya penggeraknya. Untuk menyatakan tingkat kestabilan suatu lereng, dikenal istilah faktor keamanan (safety faktor). Faktor keamanan diperlukan untuk mengetahui kemandapan suatu lereng untuk mencegah bahaya longsoran diwaktu-waktu yang akan datang.

METODOLOGI

Tahapan penelitian yang dilakukan dimulai dengan mempersiapkan bahan-bahan pustaka berupa jurnal, buku tentang bahan galian kaolin dan geotek tambang terbuka serta keadaan perusahaan secara umum untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan.

Tahapan selanjutnya yaitu observasi lapangan dengan pengambilan sampel kaolin menggunakan metode hand boring standar ASTM D1425-Metode Uji Standar untuk Sampling Tanah dengan Hand Boring. Kegiatan hand boring dilakukan pada titik bor yang ditentukan berdasarkan lokasi yang dapat diakses serta dianggap representatif untuk mewakili semua wilayah pada IUP PT Garda Bumi Anugrah. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik yang berbeda dengan jumlah sampel sebanyak tiga tabung.

Tahapan selanjutnya adalah pengumpulan data yaitu dengan uji sampel di laboratorium. Uji sampel yang dilakukan adalah uji bobot isi dan uji kuat geser untuk mendapatkan nilai bobot isi natural (γ), kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ). Standar yang digunakan dalam pengujian bobot isi dan kuat geser adalah menggunakan standar ASTM.

Tahapan berikutnya adalah melakukan pengolahan data yaitu dengan membuat rancangan geometri lereng. Geometri lereng yang didesain adalah geometri lereng tunggal karena kadalaman batas penggalian belum dipastikan oleh pihak PT GBA. Faktor keamanan yang digunakan adalah $\leq 1,5$. Metode yang digunakan dalam analisis lereng adalah metode kesetimbangan batas pada software 6.0 dan metode Hoek-Bray. Kondisi permukaan air tanah secara aktual di lapangan tidak diketahui, sehingga untuk mengatasi kondisi permukaan air tanah pada lereng digunakan analisis kestabilan lereng metode Hoek-Bray. Hoek-Bray membagi kondisi muka air tanah dalam lima kondisi. Kondisi pertama adalah pada saat lereng kering. Kondisi kedua adalah tinggi muka air 1/8 dari tinggi lereng. Kondisi ketiga adalah tinggi muka air 1/4 dari tinggi lereng. Kondisi empat adalah tinggi air 1/2 dari tinggi lereng dan kondisi lima adalah kondisi pada saat lereng jenuh atau lereng penuh dengan air.

Selanjutnya adalah melakukan analisis data, analisis dengan membandingkan hasil rancangan geometri lereng dengan menggunakan metode kesetimbangan batas dan metode Hoek-Bray sehingga didapatkan rekomendasi geometri lereng yang aman dan stabil serta menganalisis pengaruh variasi tinggi muka air tanah terhadap kemiringan lereng.

Tahap akhir dari penelitian ini yaitu penyusunan atau pembuatan laporan dari data yang didapatkan dan telah diolah sehingga dapat dibuat suatu kesimpulan sebagai hasil dari penelitian ini.

HASIL dan PEMBAHASAN

Adapun hasil dan pembahasan yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Hasil Uji Bobot Isi

Pengujian bobot isi didapat dengan penimbangan dan pembagian hasil berat tanah basah (W_{wet}) dengan volume tanah basah (V_{wet}) sehingga diperoleh hasil bobot isi. Proses pengujian bobot isi memiliki hasil dalam satuan gr/cm^3 , sementara untuk melakukan analisis kestabilan lereng dibutuhkan hasil bobot isi dalam satuan kN/m^3 . Sehingga perlu dilakukan konversi satuan dari gr/cm^3 menjadi kN/m^3 dengan nilai gr/cm^3 sama dengan $9,8 kN/m^3$. Adapun nilai bobot isi pada sampel 1, sampel 2 dan sampel 3 dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Hasil Uji Kuat Geser

Pengujian sifat mekanik tanah menggunakan uji kuat geser digunakan untuk menentukan nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ). Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel tanah tak terganggu yang kemudian dilakukan preparasi menggunakan ring standar pengujian laboratorium. proses pengujian kuat geser memiliki hasil kohesi dalam satuan Kg/cm^2 sementara untuk melakukan analisis kestabilan lereng dibutuhkan nilai kohesi dalam satuan kN/m^2 . Sehingga perlu dilakukan konversi satuan dari Kg/cm^2 menjadi kN/m^2 , dengan nilai $1 Kg/cm^2$ sama dengan $98 kN/m^2$. Adapun nilai uji kuat geser yang diperoleh dari ketiga sampel dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Analisis Kestabilan Lereng Metode Kesetimbangan Batas

Tabel-1. Hasil Pengujian Bobot Isi

Sampel	Bobot Isi (gr/cm^3)	Bobot Isi (kN/m^3)
1	1,74	17,14
2	1,69	16,58
3	1,95	19,12

Tabel-2. Hasil Pengujian Kuat Geser

Sampel	Kohesi (Kg/cm^2)	Kohesi (kN/m^2)	Sudut Gesek Dalam ($^\circ$)
1	0,19	18,62	34,28
2	0,34	33,32	28,14
3	0,14	13,72	45,28

Rancangan geometri lereng dalam penelitian ini dibuat dengan variasi ketinggian 5 m, 10 m dan 15 m dengan variasi kemiringan lereng $10^\circ-90^\circ$. Kondisi tinggi muka air tanah mengacu pada klasifikasi muka air tanah Hoek-Bray yang membagi dalam lima kondisi yaitu kondisi lereng kering, kondisi air $1/8$ dari tinggi lereng, kondisi air $1/4$ dari tinggi lereng, kondisi air $1/2$ dari tinggi lereng dan kondisi air jenuh. Akan tetapi pada penelitian ini tidak menggunakan kondisi lereng kering karena kondisi daerah penelitian merupakan daerah rawa. Untuk klasifikasi kondisi air Hoek-Bray dapat dilihat pada gambar 1.

1. Sampel 1

Hasil rekomendasi kemiringan dan tinggi lereng yang aman dan stabil sesuai dengan kriteria nilai FK 1,5 pada analisis lereng metode kesetimbangan batas menggunakan software slide pada sampel 1 dapat dilihat pada gambar 2.

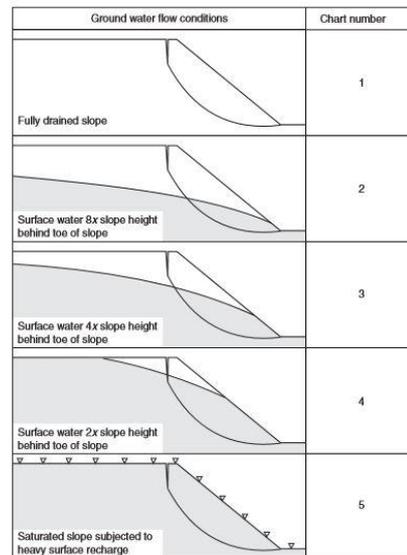
2. Sampel 2

Hasil rekomendasi kemiringan dan tinggi lereng yang aman dan stabil sesuai dengan kriteria nilai FK 1,5 pada analisis lereng metode kesetimbangan batas menggunakan software slide pada sampel 2 dapat dilihat pada gambar 3.

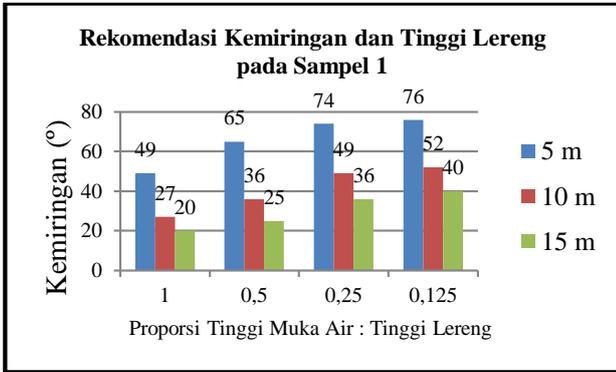
3. Sampel 3

Hasil rekomendasi kemiringan dan tinggi lereng yang aman dan stabil sesuai dengan kriteria nilai FK 1,5 pada analisis lereng metode kesetimbangan batas menggunakan software slide pada sampel 3 dapat dilihat pada gambar 4.

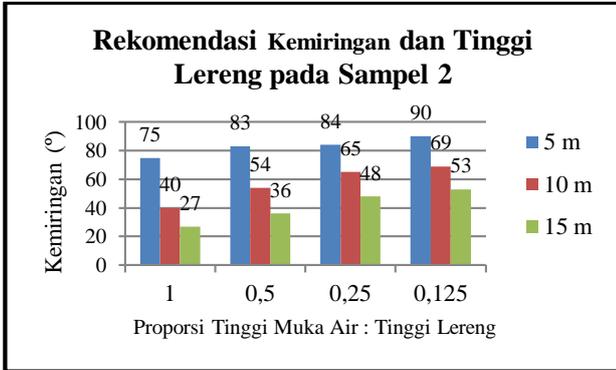
Hasil rekomendasi tinggi dan kemiringan lereng yang didapatkan pada metode kesetimbangan batas menggunakan software slide memiliki hasil antara satu kondisi lereng dengan kondisi lereng yang lain memiliki hasil rekomendasi yang lumayan jauh perbedaannya. Sebagai salah satu contoh misalnya pada sampel 1 dengan ketinggian lereng 5 m, pada kondisi lereng jenuh didapatkan hasil rekomendasi kemiringannya sebesar 49° sedangkan pada lereng dengan kondisi tinggi muka air tanah seperdelapan dari tinggi lereng dengan tinggi lereng yang sama 5 m memiliki hasil rekomendasi lereng sebesar 76° , sehingga memiliki selisih sebesar 24° . Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa pada analisis menggunakan metode kesetimbangan batas, kondisi tinggi muka air tanah sangat berpengaruh dalam geometri lereng.



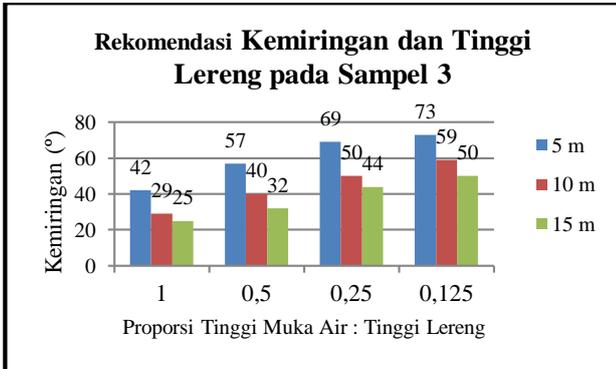
Gambar-1. Kondisi Muka Air Tanah Hoek-Bray



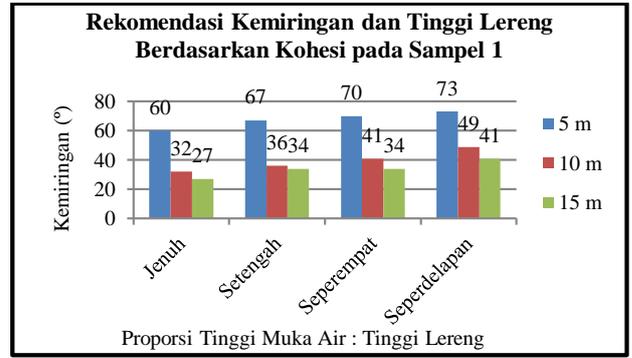
Gambar-2. Hasil Rekomendasi Geometri Lereng Metode Kestimbangan Batas pada sampel 1



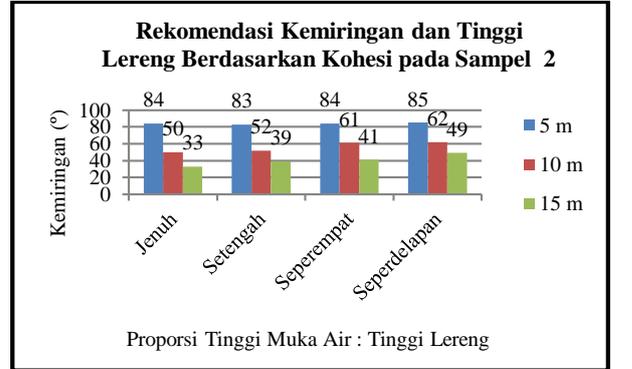
Gambar-3. Hasil Rekomendasi Geometri Lereng Metode Kestimbangan Batas pada sampel 2



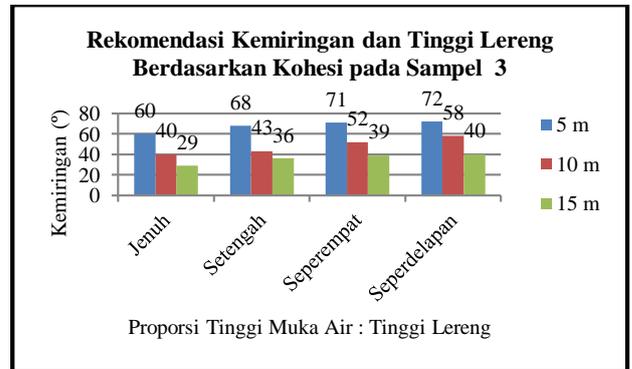
Gambar-4. Hasil Rekomendasi Geometri Lereng Metode Kestimbangan Batas pada sampel 3



Gambar-5. Hasil Rekomendasi Geometri Lereng Berdasarkan Nilai Kohesi (c) pada sampel 1



Gambar-6. Hasil Rekomendasi Geometri Lereng Berdasarkan Nilai Kohesi (c) pada sampel 2



Gambar-7. Hasil Rekomendasi Geometri Lereng Berdasarkan Nilai Kohesi (c) pada sampel 3

Analisis Kestabilan Lereng Metode Hoek-Bray

Dalam analisis kestabilan lereng metode Hoek-Bray yaitu dengan menghitung nilai $c/\gamma H \tan \phi$ kemudian menghitung nilai $\tan \phi / FK$ atau c/HFK . Setelah melakukan perhitungan, kemudian tentukan kondisi air tanah dan pilih grafik Hoek-Bray yang sesuai dan selanjutnya plotting hasil perhitungan yang didapat ke dalam grafik. Hasil Kemiringan yang diperoleh dari analisis kestabilan lereng metode Hoek-Bray ada dua jenis yaitu hasil kemiringan berdasarkan nilai kohesi (c) sudut gesek dalam (ϕ). Kita dapat memilih salah satu nilai kemiringan yang dirasa paling sesuai untuk lereng.

1. Analisis Hoek-Bray Berdasarkan Nilai Kohesi (c)

Hasil rekomendasi tinggi dan kemiringan lereng dari analisis Hoek-Bray berdasarkan nilai kohesi (c) cenderung memiliki selisih yang rendah antara empat kondisi lereng yang dibuat. Misalnya pada sampel 1 dengan tinggi lereng 5 m kondisi lereng jenuh didapatkan hasil rekomendasi kemiringan lereng sebesar 60°, pada kondisi lereng setengah jenuh 67°, pada kondisi tinggi muka air tanah seperempat dari tinggi lereng 70° dan pada kondisi lereng tinggi muka air tanah seperdelapan adalah 73°. Utuk lebih jelasnya hasil rekomendasi

tinggi dan kemiringan lereng dari metode Hoek-Bray berdasarkan nilai kohesi (c) pada sampel 1, sampel 2 dan sampel 3 dapat di lihat pada gambar 5, gambar 6 dan gambar 7.

Analisis Kestabilan Lereng Metode Hoek-Bray

Dalam analisis kestabilan lereng metode Hoek-Bray yaitu dengan menghitung nilai $c/\gamma H \tan \phi$ kemudian menghitung nilai $\tan \phi / FK$ atau c/HFK . Setelah melakukan perhitungan, kemudian tentukan kondisi air tanah dan pilih grafik Hoek-Bray yang sesuai dan selanjutnya plotting hasil perhitungan yang didapat ke dalam grafik. Hasil Kemiringan yang diperoleh dari analisis kestabilan lereng metode Hoek-Bray ada dua jenis yaitu hasil kemiringan berdasarkan nilai kohesi (c) sudut gesek dalam (ϕ). Kita dapat memilih salah satu nilai kemiringan yang dirasa paling sesuai untuk lereng.

2. Analisis Hoek-Bray Berdasarkan Nilai Kohesi (c)

Hasil rekomendasi tinggi dan kemiringan lereng dari analisis Hoek-Bray berdasarkan nilai kohesi (c) cenderung memiliki selisih yang rendah antara empat kondisi lereng yang dibuat. Misalnya pada sampel 1 dengan tinggi lereng 5 m kondisi lereng jenuh didapatkan hasil rekomendasi kemiringan lereng sebesar 60°, pada kondisi lereng setengah jenuh 67°, pada kondisi tinggi muka air tanah seperempat dari tinggi

lereng 70° dan pada kondisi lereng tinggi muka air tanah seperdelapan adalah 73°. Utuk lebih jelasnya hasil rekomendasi tinggi dan kemiringan lereng dari metode Hoek-Bray berdasarkan nilai kohesi (c) pada sampel 1, sampel 2 dan sampel 3 dapat di lihat pada gambar 5, gambar 6 dan gambar 7.

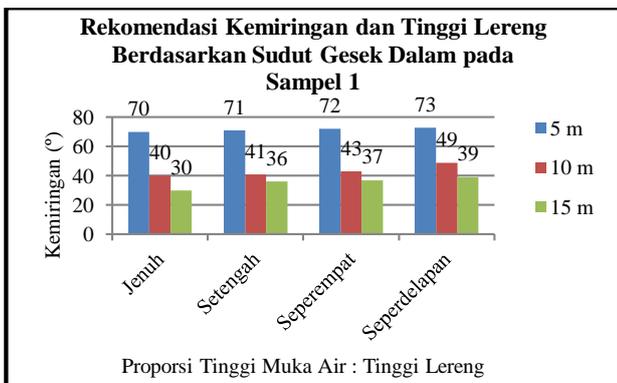
3. Analisis Hoek-Bray Berdasarkan Sudut Gesek Dalam

Hasil rekomendasi tinggi dan kemiringan lereng dari analisis Hoek and Bray berdasarkan sudut gesek dalam (ϕ) cenderung memiliki selisih yang rendah antara empat kondisi lereng yang dibuat. Misalnya pada sampel 1 dengan tinggi lereng 5 m kondisi lereng jenuh didapatkan hasil rekomendasi kemiringan lereng sebesar 70°, pada kondisi lereng setengah jenuh 71°, pada kondisi tinggi muka air tanah seperempat dari tinggi lereng 72° dan pada kondisi lereng tinggi muka air tanah seperdelapan adalah 73°. Hasil rekomendasi tinggi dan kemiringan lereng dari analisis Hoek and Bray berdasarkan sudut gesek dalam (ϕ) pada sampel 1, sampel 2 dan sampel 3 dapat di lihat pada gambar 8, gambar 9 dan gambar 10.

Perbandingan Analisis Metode Kestimbangan Batas dan Hoek-Bray

Pada analisis menggunakan metode kestimbangan batas pada software slide dan analisis menggunakan metode Hoek-Bray berdasarkan nilai kohesi memiliki perbedaan hasil rekomendasi kemiringan untuk $FK \geq 1,5$ yang cukup besar selisihnya. Misalnya pada sampel 1 dengan kondisi lereng jenuh berdasarkan metode kestimbangan batas cenderung memiliki hasil rekomendasi kemiringan lebih rendah dibanding dengan analisis Hoek and Bray berdasarkan nilai kohesi. Pada sampel 1 kondisi lereng jenuh dengan tinggi lereng 5 m memiliki selisih sebesar 11° pada tinggi lereng 10 m memiliki selisih 5° dan pada tinggi lereng 15 m memiliki selisih 7°. Akan tetapi hasil tersebut tidak sama halnya apabila kondisi tinggi muka air tanah seperdelapan dari tinggi lereng. Pada analisis menggunakan metode kestimbangan batas memiliki hasil rekomendasi kemiringan lereng yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan analisis Hoek-Bray berdasarkan nilai kohesi. Pada tinggi lereng 5 m memiliki selisih 3°, pada tinggi lereng 10 m memiliki selisih 3° dan pada tinggi lereng 15 m memiliki selisih 1°.

Berdasarkan dari hasil rekomendasi kemiringan yang didapatkan, baik dari analisis menggunakan metode kestimbangan batas maupun analisis menggunakan metode Hoek-Bray, maka penulis lebih menyarankan atau merekomendasikan untuk menggunakan hasil kemiringan berdasarkan metode kestimbangan batas pada software slide



Gambar-8. Hasil Rekomendasi Geometri Lereng Berdasarkan Sudut Gesek Dalam (ϕ) pada sampel 1

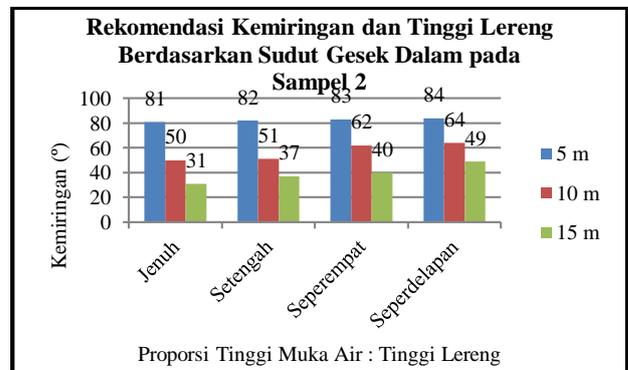
dengan kondisi lereng jenuh, hal tersebut mempertimbangkan kondisi lapangan yang merupakan daerah rawa dengan kondisi air tanah yang cukup tinggi terutama pada saat musim hujan serta hasil rekomendasi kemiringan lereng menggunakan metode kestimbangan batas dalam kondisi jenuh memiliki hasil yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan analisis menggunakan metode Hoek-Bray. Untuk lebih jelasnya perbandingan rekomendasi kemiringan lereng metode kestimbangan batas dan analisis dengan metode Hoek-Bray berdasarkan sudut gesek dalam dapat dilihat pada gambar 11 dan gambar 12.

Pengaruh Variasi Tinggi Muka Air Tanah di Lereng Terhadap Kemiringan Lereng

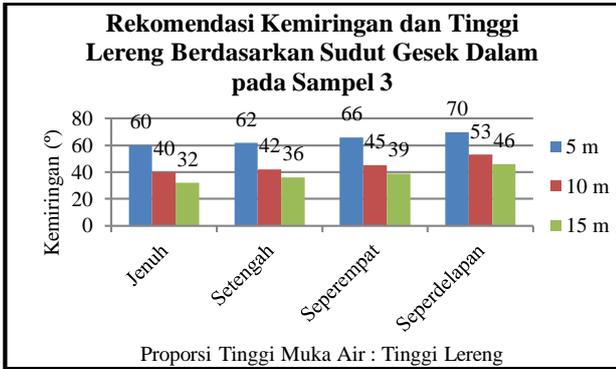
Pengaruh variasi tinggi muka air tanah di lereng terhadap nilai kemiringan lereng dapat di lihat pada data sampel 1 menunjukkan korelasi antara pengaruh tinggi muka air tanah di lereng terhadap kemiringan lereng pada tinggi 5 m adalah 0,89 pada tinggi lereng 10 m 0,95 dan pada tinggi lereng 15 m adalah 0,96 yang berarti bahwa hasil tersebut menunjukkan korelasi yang sangat kuat. Begitu juga pada sampel 2 yang menunjukkan korelasi tinggi muka air tanah terhadap kemiringan lereng pada tinggi lereng 5 m adalah 0,88 yang berarti bahwa korelasinya adalah kuat, pada tinggi lereng 10 m adalah 0,99 dan pada tinggi lereng 15 m adalah 0,97. Pada sampel 3 korelasi pengaruh tinggi muka air tanah terhadap kemiringan lereng memiliki korelasi yang sangat kuat, pada tinggi lereng 5 m adalah 0,94, pada tinggi lereng 10 m adalah 0,99 dan pada tinggi lereng 15 m adalah 0,98.

Berdasarkan nilai korelasi pengaruh tinggi muka air tanah di lereng terhadap kemiringan lereng pada sampel 1, sampel 2 dan sampel 3 tersebut dapat diketahui bahwa korelasinya sangat kuat karena mendekati 1.

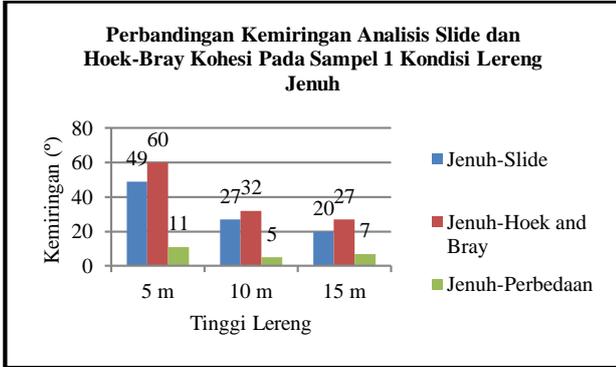
Berdasarkan hasil tersebut, maka kondisi tinggi muka air tanah di lereng sangat mempengaruhi pada nilai kemiringan yang di dapatkan. Semakin tinggi muka air tanah pada lereng maka semakin rendah nilai kemiringan lereng yang harus di buat agar kondisi lereng aman dan stabil sesuai dengan kriteria standar nilai FK. Semakin tinggi lereng maka korelasi pengaruh tinggi muka air di lereng terhadap kemiringan lereng adalah sangat kuat. Untuk lebih jelasnya korelasi pengaruh tinggi muka air tanah di lereng terhadap kemiringan lereng dapat di lihat pada gambar 13, gambar 14 dan gambar 15.



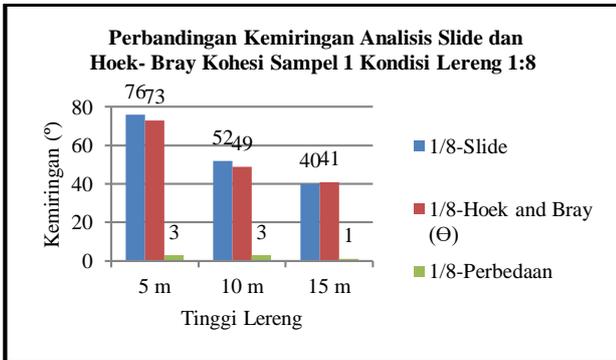
Gambar-9. Hasil Rekomendasi Geometri Lereng Berdasarkan Sudut Gesek Dalam (ϕ) pada sampel 2



Gambar-10. Hasil Rekomendasi Geometri Lereng Berdasarkan Sudut Gesek Dalam (φ) pada sampel 3



Gambar-11. Perbandingan Kemiringan Analisis Kestimbangan Batas dan Hoek-Bray Kondisi Lereng Jenuh

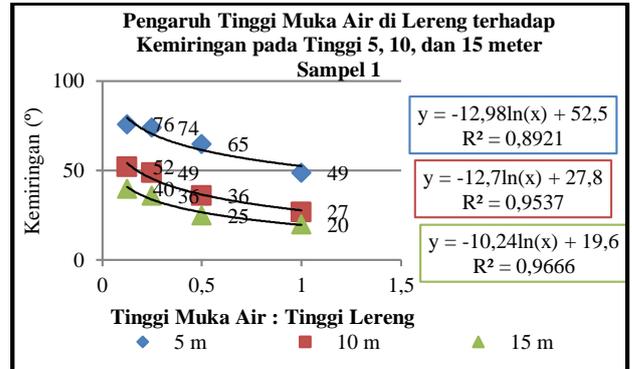


Gambar-12. Perbandingan Kemiringan Analisis Kestimbangan Batas dan Hoek-Bray Kondisi Lereng Jenuh

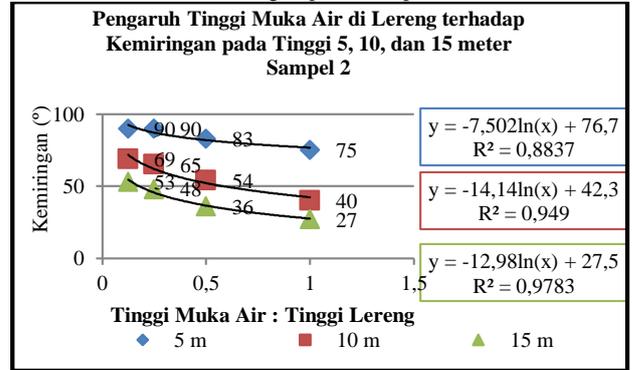
KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dianalisis FK menggunakan metode kesetimbangan batas dan chart failure Hoek-Bray terhadap 3 lokasi yang diwakili Sampel 1, Sampel 2, dan Sampel 3. Variasi tinggi lereng 5,10, dan 15 m serta variasi tinggi muka air tanah di lereng : tinggi lereng 1, 1/2, ¼, dan 1/8.

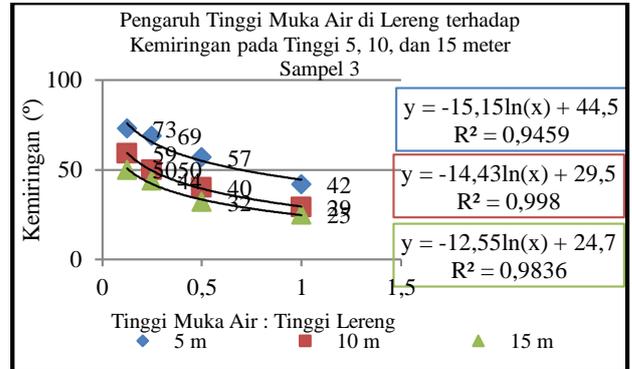
1. Rekomendasi kemiringan lereng tunggal dengan kriteria FK 1,5, menghasilkan konfigurasi kemiringan lereng pada rentang :
 - a. Metode kesetimbangan batas 20° - 90°
 - b. Metode chart failure Hoek-Bray 31° - 85°
2. Apabila kondisi lereng dalam keadaan jenuh, pada analisis lereng menggunakan metode kesetimbangan batas hasil kemiringan yang didapatkan akan lebih landai daripada analisis Hoek-Bray akan tetapi apabila kondisi lereng semakin kering maka pada analisis metode kesetimbangan batas hasil kemiringan yang didapatkan adalah lebih curam dibandingkan analisis Hoek-Bray.
3. Semakin tinggi muka air tanah pada lereng maka kemiringan lereng akan semakin landai, begitu sebaliknya



Gambar-13. Pengaruh Tinggi Muka Air di Lereng Terhadap Kemiringan pada Sampel 1



Gambar-14. Pengaruh Tinggi Muka Air di Lereng Terhadap Kemiringan pada Sampel 2



Gambar-14. Pengaruh Tinggi Muka Air di Lereng Terhadap Kemiringan pada Sampel 3

semakin kering kondisi lereng maka kemiringan lereng bisa lebih curam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada PT Garda Bumi Anugrah yang telah memfasilitasi serta memberikan bantuan moril dan materiil dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adha, Idharmahadi. 1992. Penuntun Praktikum Mekanika Tanah
- [2] Arif, I. 2016. *Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- [3] Das, B. M. 1993. *Mekanika Tanah. (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid I Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [4] Hoek, E and Bray, J.W. 1983. *Rock Slope Engineering*. The Institution of Mining and Metallurgy. 3rd edition : London.

- [5] Menteri ESDM.2018. *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/NEM/2018*. Jakarta.
- [6] Nugraha, Irwan. 2017. *Sintesis dan Karakterisasi Material Komposit Kaolin-ZVI (Zero Valent Iron) serta Uji Aplikasinya sebagai Adsorben Kation Cr (VI)*. Program Studi Kimia UIN Sunan Kalidjaga. Yogyakarta.
- [7] Raban, Jhon Andrean Paul Yc. 2019. Pengaruh Kondisi Geoteknik Lapis Subgrade Tanah Lempung Untuk Jalan Tambang Tanpa Lapis Pondasi Di Desa Limamar Kecamatan Astambul Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- [8] Rai, Made Astawa. 2008. *Batuan dan Mekanika Batuan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [9] Sukandarrumidi, 2009. *Bahan Galian Industri*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [10] Yuliadi. 2006. *Buku Ajar Geoteknik Tambang*. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung. Bandung.