

PREDIKSI UMUR DINDING TAMBANG BERDASARKAN KEJADIAN LONGSORAN YANG PERNAH TERJADI DENGAN BANTUAN PROGRAM *MICROSOFT ACCESS*

Supandi

Jurusan Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STTNAS) Yogyakarta
Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281
e-mail : supandistnas@gmail.com

Abstrak

Faktor kestabilan dinding tambang menjadi faktor penting untuk keberlangsungan kegiatan penambangan. Berbagai metode analisis sudah berkembang pesat akhir-akhir ini baik statistik analisis, kesetimbangan batas ataupun metode numerik. Penilaian resiko kestabilan lereng dengan menghitung faktor keamanan lereng menjadi sebuah kelaziman namun begitu ternyata masih banyak kejadian longsoran yang terjadi pada dinding tambang.

Penelitian ini lahir menyikapi banyaknya kejadian longsoran walaupun secara matematis sudah memenuhi kriteria dimana nilai FoS sudah diatas 1 atau bahkan 1.2. Mendekati semua aspek kestabilan dinding dengan melakukan beberapa pengamatan terukur menjadi sebuah langkah positif sehingga pembelajaran dari alam tentang semua kejadian longsoran bisa menjadi cermin di masa mendatang. Pendokumentasian sebuah longsoran untuk dapat dipelajari menjadi hal penting sehingga dapat menjadi pembelajaran. Dengan database diharapkan dapat memberikan konsistensi dalam pengambilan data, pengolahan data, pendokumentasian data dan penyimpanan data yang efektif dan efisien.

Dengan variasi data yang ada dapat dijadikan bahan dalam membangun sebuah model informatif yang dikorelasikan dengan konsep stabilitas lereng yang ada dapat dijadikan parameter geoteknik untuk desain yang akan datang. Pemodelan menggunakan kestimbangan batas "Mohr Coulomb" sehingga hasil analisa seseuai dengan analisa stabilitas lereng menggunakan perengkat lunak dengan konsep yang sama. Hasil akhir yang diharapkan dengan sebuah model parameter geoteknik adalah dapat memberikan informasi yang kreatif dan informatif tentang kejadian longsoran tanpa menghilangkan substansi teknikal sehingga dari setiap kejadian dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam memutuskan suatu kondisi yang relatif sama dimasa mendatang.

Kata Kunci : *Prediksi Umur Dinding Tambang, Kestabilan lereng, Microsoft access*

1. PENDAHULUAN

Lokasi penelitian dilakukan pada konsesi penambangan batubara PKB2B PT Borneo Indobara dimana kejadian longsoran yang selama ini terjadi dijadikan dasar *back analysis* dan arahan untuk perbaikan kedepannya. Pengumpulan data dilakukan dengan membuka kembali kejadian yang pernah terjadi dan mengumpulkan semua data-data yang berhubungan dan *form* yang sudah dibuat sebagai pedoman pengumpulan data bagi kejadian longsoran kedepannya nanti. Pengumpulan data dilakukan pada tambang lama yang di tinggalkan dan juga tambang yang saat ini masih aktif.

Secara kondisi geologi lokasi telitian merupakan salah satu bagian kegiatan penambangan yang merupakan bagian dari cekungan Barito yang berada pada formasi Warukin. Secara geologi daerah kajian merupakan kesamaan kondisi geologi dengan struktur cenderung tidak berkembang sehingga dengan mempunyai *rockmass* yang relatif sama. Mateial didominasi oleh pasir, lempung dan batubara yang mempunyai sifat plastis dengan kekerasan dibawah 1 Mpa. Perubahan kadar air berlangsung sangat cepat dan memberikan dampak *significant* terhadap sifat mekanik batuan.

Dari beberapa kejadian selama ini kurang maksimal dilakukan *back analysis* sehingga kejadian satu dengan yang lainnya tidak secara optimum dilakukan untuk perbaikan dimasa mendatang. Selain itu mengkorelasikan satu kejadian dengan kejadian lainnya tidak pernah dilakukan sehingga kejadian ini tidak memberi arti terhadap perbaikan ke depannya. Berdasarkan kondisi tersebut maka dipandang perlu mengumpulkan semua informasi yang berhubungan kejadian longsoran sehingga konsistensi data dapat dilakukan. Dengan konsistensi data maka faktor-faktor yang mendukung stabilitas lereng dapat diidentifikasi maka proses *back analysis* dapat dilakukan sehingga akhirnya proses perbaikan akan maksimal.

Konsistensi data juga mempengaruhi proses variasi data yang ada sehingga *back analysis* tidak dilakukan sepihak berdasarkan satu data namun sudah diproses dalam ruang lingkup yang luas. Artinya semakin banyak data akan semakin banyak informasi dikumpulkan sehingga banyak diperoleh beberapa pedoman. Yang perlu dilakukan pada saat variasi data berkembang pesat adalah proses penyederhaan dan pengasumsian berdasarkan kaidah-kaidah *engineering*. Kontrol geologi yang cenderung homogen dan *rockmass* yang relatif sama sebagai faktor dari proses penyederhaan ini.

Pembuatan *form* juga sangat membantu dalam penajaman setiap investigasi sehingga sebuah kegiatan dilapangan terarah dan fokus pada satu target data sehingga hal-hal yang memungkinkan untuk terlewat dapat diminimalisir. *Form* tersebut dapat dibawa kelapangan sehingga ketika sampai di kantor tinggal menyalinkan kedalam database. *Form* tersebut juga sebagai wahana pembelajaran bagi bagi setiap individu yang khususnya *engineer* baru yang memulai terjun dalam dunia *geomechanic* sehingga pengumpulan data akan memperoleh hasil yang maksimal baik dilakukan oleh *engineer* baru maupun *engineer* lama.

Pembuatan database dilakukan dengan program sederhana yang mudah diakses dan mudah dipalikasiikan pada setiap komputer sehingga diharapkan akan *user friendly*. Data hanya berupa huruf dan angka dan sudah dibantu pembatasan oleh *software* sehingga pada saat menginput, kesalahan-kesalahan kecil dapat dieliminasi. Proses akhir adalah pembuatan model dimana model ini sebagai dasar dalam setiap analisa untuk perbaikan desain dimasa mendatang. Pembuatan model menggunakan konsep kestimbangan batas berkonsep *Mohr Coulomb* dimana nilai *cohesi* dan sudut geser dalam menjadi faktor penting dalam pemodelan ini. Sehingga semakin hari model akan semakin bertambah dan semakin kompleks sehingga kualitas hasil analisa dapat dipertanggungjawabkan.

Maksud dari penelitian ini adalah pembelajaran terhadap kejadian yang sudah terjadi untuk sebuah perbaikan dimasa mendatang khususnya tentang kestabilan dinding tambang dimana hasil akhirnya bisa mengoptimalkan pengambilan sumber daya yang ada secara maksimal. Data akan memberikan informasi secara maksimal jika ada keterkaitan antara data satu dengan yang lainnya sehingga perlu dibuat sebuah konsistensi pengambilan data dan masuk dalam sebuah database untuk pemodelan.

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah mencari hubungan antara sudut lereng terhadap umur dinding tambang sehingga resiko akan kestabilan lereng dapat dikendalikan untuk mengoptimalkan pengambilan sumberdaya yang ada.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Lereng merupakan suatu permukaan tanah atau batuan yang miring dan memiliki suatu sudut tertentu terhadap bidang horisontal. Lereng pada umumnya dapat terbentuk secara alamiah maupun secara buatan. Kemantapan suatu lereng tergantung terhadap besarnya gaya penahan dan gaya penggerak yang terdapat pada bidang gelincir tersebut. Gaya penahan merupakan gaya yang menahan terjadinya suatu longsoran sedangkan gaya penggerak merupakan gaya yang menyebabkan terjadinya suatu longsoran. Kemantapan suatu lereng dapat dinyatakan dengan suatu nilai faktor keamanan (FK) yang merupakan perbandingan antara gaya penahan dengan gaya penggerak. Apabila besarnya gaya penggerak lebih besar daripada gaya penahan maka lereng akan mengalami longsoran, dan sebaliknya bila besarnya gaya penahan lebih besar daripada gaya penggerak maka lereng tersebut akan stabil atau tidak mengalami longsoran. Kelongsoran suatu lereng dapat terjadi pada umumnya sering disebabkan apabila bertambahnya tegangan geser atau berkurangnya kuat geser material penyusun lereng tersebut. Perlu diketahui juga faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya suatu longsoran pada lereng sebelum melakukan analisis kestabilan lereng pada suatu daerah. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menganalisis kemantapan suatu lereng adalah sebagai berikut:

a. Penyebaran Batuan

Aspek yang perlu diketahui untuk mempelajari penyebaran batuan adalah macam batuan atau tanah yang terdapat di daerah penyelidikan, penyebaran dan hubungan antar batuan. Sifat-sifat fisik dan mekanik suatu batuan berbeda dengan batuan yang lain sehingga kekuatan menahan beban berbeda pula.

b. Relief Permukaan Bumi

Faktor ini mempengaruhi laju erosi, pengendapan dan menentukan arah aliran air permukaan tanah. Untuk daerah curam, kecepatan aliran air permukaan tinggi dan menyebabkan pengikisan lebih intensif dibandingkan pada daerah landai. Erosi yang intensif menyebabkan, banyak dijumpai singkapan batuan dan proses pelapukan menjadi lebih cepat. Batuan lapuk mempunyai kekuatan yang rendah sehingga kemantapan lereng menjadi berkurang.

c. Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik Material

Sifat fisik dan sifat mekanik tanah atau batuan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan dari lereng karena berhubungan dengan besar kecilnya nilai kuat geser. Kelongsoran yang terjadi pada lereng merupakan peristiwa keruntuhan geser. Sehingga analisis kestabilan lereng tanah atau batuan perlu mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah atau batuan karena berpengaruh terhadap kuat geser. Adapun sifat fisik dan sifat mekanik tanah dan batuan yang diperlukan dalam melakukan analisis kestabilan lereng adalah sebagai berikut:

1. Sifat Fisik :

1) Bobot Isi (γ).

Bobot isi merupakan perbandingan antara berat material dengan volume material yang dinyatakan dalam satuan berat per volume. Semakin besar bobot isi batuan, maka gaya

penggerak yang akan menyebabkan kelongsoran juga semakin besar. Adanya berat dirinya sendiri yang semakin besar, menyebabkan kemantapan lereng berkurang.

2) Porositas

Porositas merupakan perbandingan antara volume pori dengan volume butiran seluruhnya. Batuan yang mempunyai porositas tinggi akan lebih banyak menyerap air dan akan mengisi pori-pori batuan. Adanya air dalam batuan akan menyebabkan tekanan air pori sebesar u atau gaya angkat air sebesar U , dimana $U = u.A$, dengan A adalah luas dasar batuan.

3) Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan perbandingan antara volume air pori dengan dengan volume isi pori seluruhnya. Semakin jenuh suatu batuan, maka semakin banyak air yang dikandungnya, keberadaan air dalam batuan ini akan menimbulkan gaya angkat air dan gaya dorong air yang dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran.

2. Sifat Mekanik :

1) Sudut geser dalam (ϕ)

Sudut geser dalam merupakan sudut yang terbentuk dari hubungan tegangan normal dan tegangan geser didalam material batuan. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang terbentuk jika suatu batuan dikenakan tegangan yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material, maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan. Untuk mengetahui besar sudut geser dalam harus dilakukan pengujian Triaxial dan uji geser langsung, satuannya dinyatakan dalam derajat ($^{\circ}$).

2) Kohesi (c)

Kohesi adalah kekuatan tarik menarik antara butiran batuan yang dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Bila kekuatan geser semakin besar, maka semakin besar pula harga kohesi dari material batuan. Batuan dengan kohesi yang besar dapat dibuat lereng dengan kemiringan yang besar pada nilai keamanan yang sama. Harga kohesi didapat dari hasil analisis di laboratorium yaitu dengan uji kuat geser langsung. Harga kohesi merupakan titik perpotongan sumbu kuat geser dengan selubung kekuatan material (diameter Lingkaran Mohr) atau titik perpotongan sumbu kuat geser dengan garis kekuatan geser Coulomb yang lebih dikenal dengan keruntuhan Mohr-Coulomb.

d. Geometri Lereng

Geometri lereng mencakup tinggi lereng (H) dan sudut kemiringan lereng. Perubahan tinggi akan mengakibatkan perubahan kestabilan dari lereng yang bersangkutan karena berat material lereng yang harus ditahan oleh kuat geser batuan atau tanah semakin besar. Sudut kemiringan lereng yang besar akan memberikan volume material yang besar, sehingga beban material pada lereng juga akan semakin besar. Lereng yang terlalu tinggi akan menyebabkan menjadi tidak mantap dan cenderung mudah longsor dibandingkan lereng yang tidak terlalu tinggi bila susunan batuanya sama. Demikian juga sudut kemiringan lereng, lereng akan menjadi kurang mantap jika kemiringannya besar. Oleh karena itu apabila terjadi penambahan tinggi lereng maka harus diikuti dengan pengurangan kemiringan lereng, demikian juga apabila terjadi penambahan sudut kemiringan lereng harus disertai dengan pengurangan tinggi lereng. Semakin besar tinggi lereng dan juga sudut kemiringan lereng akan mengakibatkan berkurangnya kemantapan lereng tersebut sehingga mudah mengalami kelongsoran.

e. Kondisi Geologi

Kondisi geologi yang dapat mempengaruhi kemantapan lereng meliputi:

- Struktur material penyusun lereng.
- Orientasi mineral dan stratigrafi.
- Bidang-bidang diskontinuitas seperti sesar, kekar, dan lipatan.

Struktur geologi yang mempengaruhi kemantapan lereng adalah adanya bidang-bidang diskontinu atau bidang-bidang lemah seperti sesar dan kekar. Hal yang terpenting dalam bidang diskontinu adalah adanya pengaruh tekanan air yang berada pada rekahan tarik.

Selain adanya rembesan air bidang diskontinu tersebut, rekahan tarik juga akan terisi oleh material pengisi yang dapat memisahkan dua sisi batuan, batuan tersebut akan mempunyai kuat geser yang kecil untuk menahan potensi longsor. Kondisi bidang lemah dan penyebarannya perlu diketahui untuk menentukan arah dan jenis longsor yang terjadi pada massa batuan tersebut, bila jenis longsor diketahui maka lebih mudah untuk menentukan geometri dan orientasi lereng yang mantap dengan melakukan analisis kestabilan lereng.

f. Kondisi air tanah.

Air tanah merupakan salah satu faktor yang penting dalam kemantapan lereng. Air tanah dapat mempengaruhi kemantapan lereng dengan cara:

- Mengurangi kekuatan batuan atau tanah.
- Mengubah unsur mineral dalam batuan melalui reaksi kimia dan pelarutan.
- Mengubah densitas batuan atau tanah.
- Menyebabkan terjadinya erosi.

Kehadiran air tanah dalam tubuh lereng biasanya menjadi masalah bagi kestabilan lereng. Kondisi ini tidak lepas dari pengaruh luar, yaitu iklim (diwakili oleh curah hujan) yang dapat meningkatkan kadar air tanah, derajat kejenuhan, atau muka air tanah. Kehadiran air tanah akan menurunkan sifat fisik dan sifat mekanik tanah. Kenaikan muka air tanah meningkatkan tekanan air pori, yang berarti memperkecil ketahanan geser dari massa lereng, terutama pada material tanah (soil). Kenaikan muka air tanah juga memperbesar debit air tanah dan meningkatkan erosi di bawah permukaan. Akibatnya lebih banyak fraksi halus dari massa tanah yang di hanyutkan, lebih jauh ketahanan massa tanah akan menurun.

g. Gaya Luar

Gaya luar sedikit banyak dapat mempengaruhi kemantapan suatu lereng. Gaya ini berupa getaran-getaran yang berasal dari sumber yang berada di dekat lereng tersebut. Getaran ini misalnya ditimbulkan oleh peledakan, lalu lintas kendaraan, gempa bumi dan lain-lain.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan melakukan identifikasi terhadap faktor-faktor penting yang berhubungan dengan stabilitas lereng. Secara detail pekerjaan analisa dapat dilakukan dengan ;

- Mengumpulkan data baik data lapangan maupun data sekunder.
- Membentuk sebuah database dan pemrograman
- Melakukan input data lapangan ke dalam database.
- Melakukan proses pembuatan model
- Analisa model sebagai output akhir.

Mengumpulkan data lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan studi pustaka terhadap konsep dasar stabilitas lereng dan juga hasil temuan lapangan. Data-data yang dikumpulkan meliputi lokasi kejadian, kedudukan secara geologi, kondisi geologi, situasi dan juga pengambilan foto. Semua hal tersebut sebagai dasar dalam pembuatan database.

Pembuatan database dilakukan pada sebuah *microsoft access* karena dengan pertimbangan data yang diinput berupa teks dan angka sehingga mempunyai kapasitas data yang mencukupi. Untuk peta dan foto dihubungkan dengan database dalam sebuah *server* sehingga tidak berat ketika melakukan pembacaan data dan data yang disimpan tidak bertambah besar secara signifikan ketika ada penambahan kejadian sehingga umur data base dapat berlangsung lama. *Microsoft access* juga program umum yang mudah diperoleh sehingga siapapun dengan mudah dapat menggunakan program ini. Database juga dihubungkan dengan *microsoft excel* dan *microsoft word* sehingga akan *friendly*.

Prose pembuatan model menggunakan konsep kestimbangan batas dimana komponen *resisting force* berupa nilai *cohesi* dan sudut geser dalam. Nilai-nilai dapat diperoleh dengan pengujian geomechanic terhadap sample-sample yang ada sehingga hasil pengujian ini mencerminkan kondisi aktual dilapangan. Sifat dasar *properties* batuan ini dijadikan dasar dalam membandingkan dengan *driving force* yang berupa geometri lereng. Sehingga pembentukan model merupakan kombinasi antara teoritical terhadap hasil uji geomechanic sehingga akan menghasilkan hasil analisa yang terkalibrasi. Pemodelan ini hanya membantu dalam mempreksi nilai stabilitas lereng namun untuk detail setiap bagian harus dilakukan analisa stabilitas lereng yang lebih mendetail dengan menggunakan program yang ada.

Tab dibuat sedemikian rupa sehingga mudah dikenali dan mudah diaplikasikan untuk setiap data sehingga penambahan data dapat sederhana dan mudah. Untuk mendapatkan *form* baru tinggal menekan tombol dan secara otomatis form akan muncul form yang ada. Adapun tampilan database yang sudah dibuat adalah seperti gambar 1.



Gambar 1. Tampilan database berbasis *microsoft access*.

Langkah berikutnya adalah membuat *form* yang digunakan sebagai pedoman saat pengambilan data di lapangan pada saat longoran terjadi (gambar 2). Pembuatan *form* dilakukan pada *microsoft access* dengan menambahkan beberapa perintah sehingga data yang di input benar dan secara programan dapat langsung dihubungkan dengan database. Jika suatu form harusnya diisi sebuah angka dan maka form tersebut tidak dapat diisi oleh huruf dan begitu sebaliknya. Hal ini dapat membantu banyak dalam pekerjaan pengelompokan data sehingga akan lebih mudah pada saat analisa. Data yang acak akan membuat analisa tidak dapat dilakukan secara menyeluruh sehingga mempengaruhi perolehan data secara statistik. Dari data-data tersebut dikelompokkan kedalam sebuah menu sehingga dengan menambahkan beberapa perintah maka akan dapat memunculkan sebuah data.

Dari beberapa hal yang dipandang perlu pada pengelompokan data maka terbuat sebuah *form* dalam *microsoft acces* sehingga dapat digunakan sebagai dasar pembuatan model. Informasi yang dimasukkan berupa text dan angka serta foto dan peta dalam bentuk link yang terhubung dengan *server*. Adapun beberapa form yang ada dalam database ini adalah;

1. **ID**: menunjukkan jumlah kejadian yang sudah terjadi dan sudah di input informasi yang berhubungan dengan kejadian longoran. ID akan muncul secara berurutan sehingga ID terakhir menunjukkan jumlah data dan dan ketika menginput langsung masuk ke form berikutnya. Harus diisi angka.
2. **Failure name** : Menyebutkan nama lokasi yang dapat dihubungkan dengan lokasi, blok atau *strip mine*.
3. **Date** : menyebutkan tanggal kejadian
4. **Time** : menyebutkan jam kejadian
5. **Investigator** : menyebutkan nama-nama yang melakukan investigasi atau observasi atau hal lainnya yang berhubungan dengan orang yang melakukan proses pengumpulan data.
6. **Digging started** : merupakan informasi kapan penggalian lereng dilakukan sehingga dapat diperoleh umur dinding dari awal penggalian sampai kejadian longsor terjadi.
7. **RockType** : menjelaskan informasi material yang mengalami longoran. Deskripsi material selengkap-lengkapny sehingga dapat mewakili kondisi yang ada dilapangan.
8. **Failure Type** : menjelaskan pola longoran yang terjadi apakah *plane*, *wedge*, *circular* atau *toppling*.
9. **Life of wall** : menjelaskan umur dinding yang dihitung dari saat penggalian sampai kejadian terjadi.
10. **Slidecenter mE/mN** " menjelaskan esating/ northing dari posisi longoran dimana hal ini menunjukkan lokasi kejadian failure.
11. **Estimasi Tonnage** : Merupakan jumlah material yang mengalami longoran atau berpotensi untuk longsor. Perhitungan dapat menggunakan estimasi ataupun berdasarkan pengukuran survey.
12. **LW/RH Wedge orientation** : merupakan bidang-bidang struktur yang membatas bidang longoran. Pola ini dipakai untuk longoran *wedge* sehingga harus memenuhi kaidahnya berupa sayap kiri dan sayap kanan.
13. **Plane orientatation** : merupakan bidang merupakan bidang-bidang struktur yang dominan atau bidang *bedding* yang menunjukkan perlapisan batuan.

14. **Wall dip direction**: menunjukkan arah pergerakan masa atau longsor.
15. **Slope angle** : menjelaskan besaran sudut bidang longsor.
16. **Highest/Lowest Bench** : menunjukkan elevasi teratas dan terbawah dari longsor yang terjadi.
17. **Max Height** : meupakan ketinggian bidang yang mengalami longsor.
18. **Cohesi – Friction angle** : menjelaskan hasil pengujian material properties yang menunjukkan sifat dasar material.
19. **Contributing Factor** : menjelaskan faktor-faktor diluar geometri ataupun material properties yang mendorong terjadinya longsor. Misal peledakan, erosi dan faktor lainnya.
20. **Impact Stability** : menjelaskan dampak diakibatkan oleh ketidakstabilan lereng misalnya jalan terputus, jalan terblok, saluran terputus dan lainnya.
21. **Recommendation** : menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan segera untuk menangani longsor sehingga dampak berikutnya dapat dikelola.
22. **Structural** : menjelaskan kejadian kondisi struktur geologi yang ada. Hal ini berkaitan erat dengan orientasi struktur terhadap lereng dan rockmass yang ada.
23. Pada kolom document merupakan kolom link other document support disimpan. Other document support dapat berupa peta, foto sketsa dan data-data lainnya.
24. Tombol-tombol yang ada merupakan tombol navigasi untuk langkah selanjutnya sehingga dapat digunakan sebagai arahan untuk langkah berikutnya ketika proses input sudah berakhir.

Berdasarkan pedoman dengan *form* diatas maka konsistensi setiap kejadian longsor akan diperoleh data yang sama walaupun angkanya berbeda dari setiap kejadian. Dengan konsistensi data tersebut maka proses pembuatan model ataupun perhitungan matematis – statistik dapat dilakukan dengan lebih mudah. Data-data tersebut semua harus diisi sehingga ketika proses penggabungan dengan data lainnya diperoleh konsistensi data sehingga perhitungan statistik dan pembentukan model dapat dilakukan. Setelah data diperoleh maka langkah selanjutnya adalah pembuatan model disesuaikan dengan kebutuhan analisa. Konsep pemodelan disesuaikan dengan konsep dasar *Mohr Cuolomb* yang mudah dipahami sehingga proses analisa dapat dilakukan secara cepat dan menghasilkan data akurat.

The image shows a screenshot of a Microsoft Access form titled "Data". The form is for recording landslide data and includes fields for ID, Failure Name, Date, Time, Investigator(s), Digging Started on, Rock Type(s), Failure Mode(s), Life of Wall (Months), Slide Center (mE), Slide Center (mN), Estimated Tonnage, LH Wedge Orientation, RH Wedge Orientation, Plane Orientation, Wall Dip Dir. (deg.), Slope Angle (deg.), Highest Bench Level (m), Lowest Bench Level (m), Max. Height (m), Cohesi (C), Friction, Contributing Factors, Recommendation(s), Impact of Instability, Comments, Document(s), and Structural Domain(s). Navigation buttons like "First Record", "Last Record", "Previous Record", "Next Record", and "Add New Record" are visible at the bottom right. The status bar shows "Record: 14 of 28 of 28" and "Unfiltered Search".

Gambar 2. Pembuatan *form* pada microsoft access sebagai acuan pengambilan data berkonsep komponen stabilitas lereng

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir dari penelitian ini adalah sebuah konsistensi dalam pengambilan data dari setiap kejadian longsor yang pernah terjadi sehingga dari setiap kejadian tersebut dapat dianalisa setiap komponen yang ada. Komponen-komponen tersebut berupa semua informasi yang dapat dikumpulkan dari kejadian longsor secara menyeluruh baik dari sudut pandang geologi yang terdiri dari material dan struktur geologi maupun faktor eksternal lainnya. Dari pembuatan *form* data base tersebut maka konsistensi dapat dijaga sehingga komponen stabilitas lereng dapat dilakukan kajian.

Dua komponen utama *slope stability* adalah sifat geologi dan geometri lereng. Sifat geologi berupa karakteristik sifat mekanik material yang berupa nilai *cohesi* dan sudut geser dalam dan sedangkan faktor struktur geologi merupakan bidang-bidang ketidakmenerusan. Faktor kondisi struktural geologi tidak berkembang di daerah telitian dimana kontrol struktur geologi hampir tidak dijumpai di daerah telitian sehingga dalam pembahasan stabilitas lereng hanya berdasarkan pada kondisi sifat mekanik material berupa nilai kohesi dan sudut geser dalam.

Faktor geometri lereng adalah faktor komponen utama lainnya yang mendukung kestabilan lereng sehingga menjadi catatan tersendiri dalam pengambilan data. Dalam kegiatan penambangan, geometri lereng dapat diatur sedemikian rupa sehingga kegiatan penggalian dapat dilakukan dengan aman dengan mempertahankan sifat mekanik material. Secara konsep kesetimbangan batas diperoleh nilai geometri optimum untuk setiap karakteristik material sehingga dengan mengetahui nilai sifat mekaniknya kita dapat melakukan perhitungan nilai optimum geometri lereng.

Dari pengumpulan data lapangan yang dimasukan dalam sebuah database berbasis *microsoft access* maka ujung akhir dari proses ini adalah identifikasi faktor-faktor pendukung stabilitas lereng. Nilai kestabilan lereng merupakan perbandingan antara gaya pendorong dan gaya penahan dimana gaya penahan berupa sifat mekanik material dan gaya pendorong berupa geometri lereng sehingga komponen yang akan dibandingkan dalam pengolahan hasil pengumpulan data berupa korelasi antara sifat mekanik dan geometri lereng. Pembuatan korelasi ini akan lebih maksimal jika dapat diaplikasikan dalam kepentingan lain yang berguna bagi aplikasi proses desain. Adapun korelasi ini adalah umur dinding tambang.

Dari penjelasan diatas maka final dari pengumpulan data, input dalam data base dan pemodelan dapat dilakukan dengan membuat korelasi antara sifat mekanik dalam hal ini nilai sudut geser dalam, besar dari sudut lereng dan umur lereng. Umur lereng mencerminkan kondisi sifat mekanik dan geometri lereng sehingga dapat digunakan untuk memprediksi umur dinding tambang. Dari semua data yang sudah dikumpulkan dan dimasukan dalam sebuah database berbasis *microsoft access* maka hasil akhir akhirnya berupa model yang dapat dilihat seperti gambar 3.

Dari gambar 3 tersebut dapat diperoleh korelasi anatara umur dinding tambang dalam X axis dengan satuan bulan dan besar kelerengan dalam Y axis dalam satuan derajat. Kedua informasi ini dapat diperoleh berdasarkan kejadian longsor yang pernah terjadi sehingga data ini merupakan data nyata dilapangan yang artinya bukan berasal dari desain. Keuntungan dari desain hal ini adalah menyikapi perubahan antara desain dan aktual dilapangan sehingga data yang dikumpulkan adalah *valid*. Plotting awal adalah melakukan memasukan data besaran sudut geser dalam yang mencerminkan nilai mekanik dari material dimana dalam *chart* terdapat pada titik warna merah. Besar sudut geser dalam dalam relatif sama untuk setiap kondisi material yang berbeda dimana hal ini mencerminkan kondisi geologi yang sama. Konsep penyederhanaan kondisi geologi ini penting dilakukan karena sifat geologi yang heterogen sehingga dengan kesamaan nilai sudut geser dalam ini maka akan banyak membantu dalam proses pemodelan.

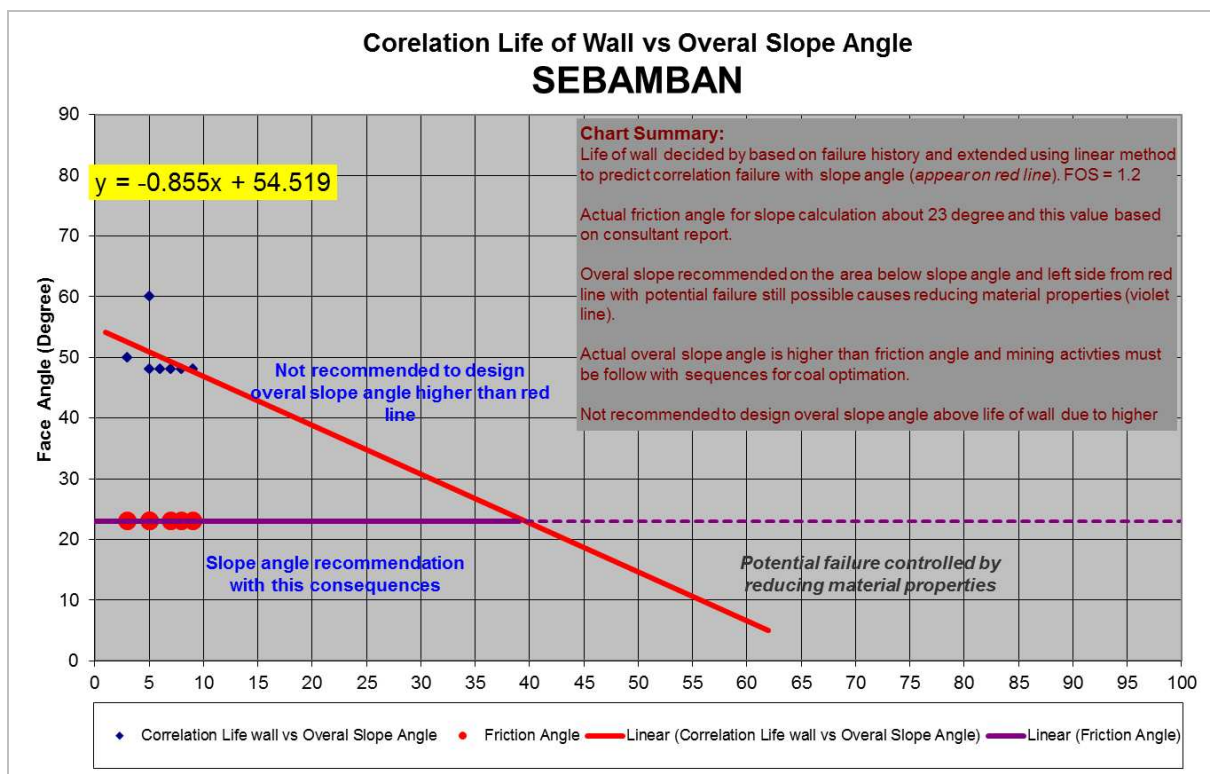
Berikutnya informasi yang muncul adalah besaran sudut lereng, dimana besaran sudut lereng sangat bervariasi tergantung dengan aktual dilapangan sehingga secara logika dengan asumsi nilai sifat mekanik tetap maka setiap kenaikan besar sudut lereng pasti akan diresponse dengan penurunan umur dinding tambang. Nilai sudut dinding tambang dapat dilihat dalam gambar titik dengan warna biru pada model dibawah. Dari titik tersebut dapat di tarik sebuah garis berat yang dapat mencerminkan kondisi aktual dan untuk memprediksi kondisi lainnya. Garis berat ini sangat berguna untuk interpretasi besaran umur dinding pada besaran sudut lereng yang berbeda. Garis berat yang dimaksud berupa garis merah.

Garis berat ini sebagai penghubung korelasi antara besaran sudut lereng dan umur dinding tambang. Hal ini penting dilakukan jika menyesuaikan dengan kondisi *sequence* penambangan. Jika kegiatan penambangan dapat dilakukan dengan cepat maka optimalisasi slope dapat dilakukan namun jika secara *sequence* penambangan pekerjaan penambangan memerlukan waktu yang lama maka optimalisasi slope tidak boleh dilakukan. Kalau optimalisasi dilakukan maka perlu effort dari luar untuk stabilisasi.

Secara umum dari garis berat ini maka dapat diperoleh informasi jika umur dinding tambang dibutuhkan waktu yang lama maka pembentukan lereng harus lebih kecil dibandingkan dengan umur dinding tambang yang pendek. Dari gambar 3 diperoleh umur dinding 30 bulan pada saat 30 derajat kemiringan lereng sehingga jika ada pertanyaan berapa umur dinding tambang ketika kemiringan lereng sekitar 50 derajat maka dengan model

tersebut dapat dijawab dengan 5 bulan. Kondisi lainnya dapat dilakukan dengan melakukan hal serupa sehingga hal-hal seperti ini dapat memprediksi sebuah umur dinding tambang.

Garis ungu adalah mencerminkan nilai sudut geser dalam dimana berdasarkan konsep *Mohr Coulomb* ini nilai ini merupakan garis *repose* yang mempunyai $FoS = 1$ sehingga untuk pit desain secara kasar untuk memperoleh kestabilan secara waktu panjang harus dibuat sudut kelerengan dibawah garis sudut geser dalam. Garis ungu dipotong oleh garis merah yang artinya sisi sebelah kiri menunjukkan nilai kestabilan lereng dimana potensi ketidakstabilan kecil terjadi. Potensi ketidakstabilan di sisi kanan garis merah mungkin terjadi karena degradasi sifat mekanik material. Degradasi ini dapat terjadi akibat perubahan sifat mekanik material sehingga menurunkan nilai *cohesi* dan sudut geser dalam. Pembuatan sudut kelerengan tambang diatas garis merah tidak direkomendasikan karena potensi ketidakstabilan lereng yang besar sehingga umur dinding tambang tidak dapat diprediksi dan nilai ini jauh diatas sudut geser dalam yang mencerminkan kondisi aktual material. Model yang dibangun sangat membantu banyak dalam perencanaan sudut kelerengan dan desain *sequence* penambangan sehingga optimalisasi kegaitana penambangan dapat dilakukan.



Gambar 3. Hasil pemrosesan database sehingga muncul model sebagai parameter geomekanik.

5. KESIMPULAN

Pengumpulan data dari setiap kejadian longsor sangat penting dilakukan sehingga perbaikan suatu hal yang menjadi faktor penyebab ketidakstabilan lereng dapat dipelajari. Dengan mempelajari ini maka perbaikan dimasa mendatang dapat dipelajari. Untuk menggali sebuah data dari setiap kejadian diperlukan sebuah arahan dan pedoman yang sistematis dan jelas sehingga mudah dipahami dan diaplikasikan.

Pembuatan database dan *form* menjadi salah satu tolak ukur terhadap ketajaman dalam pengumpulan data lapangan dan konsistensi data sehingga data dari setiap kejadian dapat dibandingkan satu dengan lainnya. Dengan melakukan korelasi ini maka proses kejadian dapat digunakan untuk pembentukan model analisa stabilitas lereng. Pembentukan model menggunakan konsep kesetimbangan batas yang membandingkan antara *driving force* dan *resisting force*. Konsep ini adalah adalah membandingkan antara geometri lereng dan nilai sifat mekanik material. Dengan pemodelan yang dibuat maka dapat mem bantu dalam pedoman pembuatan desain dinding tambang ataupun pengaturan *sequence* penambangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dr.Erik Eberhardt, 2003 "*Rock Slope Stability Analysis – Utilization of Advanced Numerical Techniques*" , Geological Engineering UBC – Vancouver, Canada.
Hoek E, Carlos Carranza-Torres, Brent Corkum, 2002, *Hoek-Brown Failure Criterion*, Vancouver, Canada.
Hoek E & JW Bray, 1981. *Rock Slope Engineering*, Third Edition Institution of Mining and Metallurgy.