

ANALISIS NILAI DISPLACEMENT PADA TEROWONGAN DI PT. Z DESA MANGKUALAM, KECAMATAN CIMANGGU, KABUPATEN PANDEGLANG, PROVINSI BANTEN

Muhammad Saiful Haq*¹, Partama Misdyanta², Novandri Kusuma W.³

^{1,2}Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Jl. Babarsari No 1. Depok, Sleman, Yogyakarta.

Telp: (0274) 485390, 486986 Fax: (0274) 487249

³Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, ITNY

e-mail: *¹saifulhaq669@gmail.com, ²partama@gmail.com, ³novandri.kusuma@itny.ac.id

Abstrak

PT. Z terletak di ujung Barat Daya Pulau Jawa, di sebelah Timur Taman Nasional Ujung Kulon yang secara administrasi berada di wilayah Desa Mangku Alam-Padasuka Kecamatan Cimanggu Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Pada dasarnya struktur geologi merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi ambruk di dalam lubang bukaan tambang, karena dalam hal ini struktur geologi berupa kekar merupakan bidang-bidang lemah yang menjadi pemicu utama terjadinya ambruk saat operasi penambangan. Ditemui di decline Cikoneng ada beberapa lokasi yang mengalami retakan pada dinding (shotcrete) dan di beberapa lokasi ditemukan batuan yang menggantung serta tonjolan pada dinding terowongan. Nilai displacement pada 20 titik yang di lakukan pengamatan berada di kisaran 0,06 mm/hari – 0,37 mm/hari.

Grafik hasil monitoring pada kondisi tertentu menunjukkan perubahan yang signifikan yang diakibatkan dari gangguan pada proses pengambilan data monitoring ada beberapa faktor yang harus di analisis lebih dalam dengan melakukan monitoring yang menyeluruh memperhatikan kondisi di sekitar pengambilan data monitoring tersebut. Terdapat 3 titik dimana total displacement melebihi kriteria dan harus di lakukan perbaikan pada penyangga di 3 titik tersebut.

Kata Kunci: displacement , Kriteria, terowongan

Abstract

PT. Z is located at the southwest tip of Java Island, east of Ujung Kulon National Park which is administratively located in the area of Mangku Alam-Padasuka Village, Cimanggu District, Pandeglang Regency, Banten Province. Basically the geological structure is one of the factors that greatly affects the collapse in the mine opening, because in this case the geological structure in the form of joints is the weak areas that are the main trigger for the collapse during mining operations. It was found in the decline of Cikoneng that there were several locations that had cracks in the walls (shotcrete) and in some locations hanging rocks and protrusions on the tunnel walls were found. Displacement values at 20 points observed were in the range of 0.06 mm/day – 0.37 mm/day.

The graph of monitoring results under certain conditions shows significant changes caused by disturbances in the monitoring data collection process. There are several factors that must be analyzed more deeply by conducting thorough monitoring taking into account the conditions surrounding the monitoring data collection. There are 3 points where the total displacement exceeds the criteria and repairs must be made to the supports at these 3 points.

Keywords: displacement, criteria, tunnel

1. PENDAHULUAN

Penggalian pembuatan lubang bukaan mengakibatkan kestabilan daerah tersebut akan mengalami gangguan seperti longsor atau ambrukan. Besarnya tingkat kestabilan dari daerah ini dipengaruhi oleh kondisi geologi, yaitu sifat fisik dan sifat mekanik massa batuan serta struktur geologi seperti sesar (patahan), kekar dan lipatan, kondisi air tanah juga mempengaruhi kondisi kestabilan pada daerah yang dibuat lubang bukaan. Struktur geologi mengalami deformasi, sehingga mengakibatkan displacement (perpindahan) massa batuan. Kondisi batuan yang sangat buruk (*very poor rock*) akan menjadi permasalahan. Pemilihan lubang bukaan yang aman dan stabil perlu dilakukan, keberhasilan dalam proses penambangan ditentukan oleh kondisi kerja yang aman di tunjang dengan kebutuhan penyanggan yang sesuai. Lubang bukaan yang tidak aman dapat menimbulkan ambrukan yang memberikan gangguan terhadap kegiatan penambangan yaitu menimbulkan kehilangan nyawa manusia, menyebabkan kerugian hilang dan rusaknya peralatan yang dimiliki perusahaan, terganggunya produksi serta kerugian waktu dan biaya bagi perusahaan.

Pada dasarnya struktur geologi merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi ambrukan di dalam lubang bukaan tambang, karena dalam hal ini struktur geologi berupa kekar merupakan bidang-bidang lemah yang menjadi pemicu utama terjadinya ambrukan saat operasi penambangan. Pengaruh dari struktur geologi pada suatu lubang bukaan sangat diperlukan pengukuran secara langsung terhadap kedudukan struktur (kekar) kondisi, orientasi kekar, kajian geoteknik terhadap kestabilan lubang bukaan, dan sistem penyangga yang akan digunakan, salah satu perlakuan yang dapat dilakukan adalah analisis displacement untuk mengetahui besar perpindahan batuan yang akan terjadi untuk memperkirakan kebutuhan penyanggan.

2. METODE PENELITIAN

Dalam kegiatan penelitian, tahapan metodologi penelitian diperlukan agar pengambilan dan pengolahan data lebih efisien dan terarah. Adapun tahapan penelitian yang digunakan yaitu sebagai berikut :

1. Studi literatur

Melakukan studi literatur sebagai dasar pemahaman teori pada penelitian ini dengan mencari bahan-bahan pustaka dari :

- a. Buku mekanika batuan ITB Made Astawa Rai, Suseno Kramadibrata, Ridho Kresna Watimena.
- b. Penelitian yang pernah dilakukan oleh perusahaan
- c. Jurnal Analysis Of The Stability And Adequacy Level Temporary Support Using Natm Methods On The Excavation Of Railway Tunnel, Wardana, N. K., Saptono Singgih., 2018.,

2. Menentukan Front Penelitian Dengan Data Sekunder Dari Perusahaan

- a. Observasi dan pengamatan secara tidak langsung dilapangan serta mencari data – data pendukung dari data yang di berikan oleh perusahaan.
- b. Menentukan titik dan batas lokasi pengamatan agar penelitian tidak meluas, tidak keluar dari permasalahan yang ada, serta data yang diambil dapat dimanfaatkan secara efektif dari data sekunder perusahaan .

3. Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini melalui data sekunder dari perusahaan, adalah sebagai berikut : a. Data Sekunder :

1. Dimensi Lubang Bukaan.
2. Data monitoring yang dilakukan oleh PT. Z.

3. Peta Lokasi Penelitian
4. Kuat Tekan Batuan
5. Massa batuan
6. Data Geologi (Batuan, stratigrafi, dan struktur geologi).

4. Pengolahan Data

Pengolahan data yang telah diambil dilakukan sebagai berikut:

- a. Penentuan klasifikasi massa batuan.
- b. Melakukan pengolahan data-data yang diperoleh sebagai acuan dalam analisis displacement.
- c. Menganalisis displacement sesuai dengan kondisi lapangan pada titik pengamatan yang di dapat dari data sekunder PT. Z
- d. Merekomendasi perbaikan pada titik dimana terdapat ketidak stabilan penyanggan yang disebabkan oleh displacement batuan (berdasarkan hasil data monitoring lapangan PT. Z)

2.1 Lubang Bukaian Tambang Bawah Tanah

Besaran konvergen dari masing-masing terowongan juga dibandingkan dengan beberapa indeks empiris untuk menentukan tingkat kestabilan terowongan. Beberapa indeks empiris yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1 - Tabel 3.2. Kriteria ketidakstabilan berdasarkan laju konvergen menurut Cording (1974) dan Zhenxiang (1984) lebih cocok untuk diaplikasikan pada terowongan yang menembus massa batuan keras.

Tabel 1. Parameter kestabilan lubang bukaian menurut Cording (1974)

No	Laju konvergen (mm/hari)	Kriteria Kestabilan
1	0,001	Stabil
2	0,001–0,5	Relatif stabil
3	≥ 1	Tidak stabil

Parameter menurut Cording (1974) tidak menyertakan data tentang kondisi massa batuan, jenis penyangga yang dipakai dan tempat melakukan pemantauan. Berdasarkan hasil pengamatan disebutkan bahwa dinding lubang bukaian bawah tanah dikategorikan stabil jika mengalami perpindahan dengan kecepatan 0.001 mm/hari

Tabel 2. Parameter kestabilan lubang bukaian menurut Zhenxiang (1984)

No	Laju konvergen (mm/hari)	Kriteria Kestabilan
1	≤ 0,2	Stabil
2	0,2–3	Relatif stabil
3	≥ 3	Tidak stabil

Pengukuran dengan konvergenmeter adalah mengukur jarak antara dua titik yang ada di dinding terowongan. Jika jarak antara dua titik mula mula besarnya L_0 dan setelah waktu ke-t, ke dua titik tersebut diukur kembali, didapat jarak L, maka perpindahan relatif atau konvergen dari titik 1 dan 2 pada waktu ke-t adalah:

$$AL = L_0 - L_t \tag{1}$$

Keterangan :

AL = konvergen dari dua titik pantau, pada waktu ke-t, mm

L0 = jarak dua titik pantau mula mula, mm

L = jarak dua titik pantau setelah waktu ke-t, mm

Dari perhitungan konvergen akan menghasilkan dua kemungkinan yaitu: Nilai AL bertanda positif, artinya dinding dan atap terowongan yang diukur makin mengecil, karena jarak akhir (L) semakin pendek. Kemudian nilai AL bertanda negatif, artinya dinding dan atap terowongan yang diukur makin membesar, karena jarak akhir (Lt) semakin panjang. Tiga parameter perpindahan yang dapat digunakan sebagai kriteria kemantapan lubang bukaan adalah :

1. Besar Perpindahan

Kondisi batuan mengalami ketidakstabilan apabila perpindahan yang teramati lebih besar dibandingkan perpindahan yang diperkirakan dari teori elastik. Berdasarkan pengamatan di 13 lubang bukaan bawah tanah besar, Cording mengemukakan bahwa perpindahan dan loosening sepanjang bidang lemah mulai terjadi ketika perpindahan yang teramati tiga kali lebih besar dari perpindahan elastiknya. Jika perpindahan tersebut melebihi perhitungan perpindahan elastik sebesar lima sampai sepuluh kali, maka prosedur penggalian dan penyanggaan harus dimodifikasi untuk menghindari pergerakan yang lebih besar. Dengan mengetahui nilai modulus deformasi massa batuan (Em) maka dapat dihitung regangan vertikal (εv) yang terjadi akibat tegangan vertikal (σv) dengan persamaan :

$$\epsilon_v = \sigma_v / E_m \tag{2}$$

Em = deformasi batuan, MPa σv = tegangan vertikal, MPa εv = regangan vertikal

Akibat adanya tegangan vertikal maka regangan yang diperoleh dari persamaan di atas adalah regangan arah vertikal. Sementara dari hasil pengukuran konvergenmeter diperoleh perpindahan dalam arah horizontal (εH). Untuk itu regangan arah vertikal harus dikonversikan ke arah horizontal dengan dikalikan dengan poisson ratio (ν).

$$\epsilon_H = \epsilon_v \times \nu$$

(3) ν = poisson ratio

εv = regangan vertikal

Hubungan tegangan-regangan dengan asumsi jarak awal adalah horizontal (lebar bukaan / B), sehingga dapat dihitung perpindahan yang terjadi akibat adanya tegangan pada lokasi pemantauan berdasarkan teori elastik. Sedangkan untuk batas maksimal regangan menurut Cording (1974) perpindahan mencapai 5 kali dari perpindahan elastisnya. Persamaan dapat dilihat pada persamaan 4.

$$\delta = \epsilon_H \times B$$

(4) δ = Perpindahan elastis (m)

εH = Regangan arah horizontal

B = Lebar lubang bukaan (m)

2. Kecepatan Perpindahan

Dalam menentukan kriteria kestabilan berdasarkan kecepatan perpindahan, Cording tidak menyertakan data tentang kondisi massa batuan. Jenis penyangga yang dipakai dan tempat pemantauan yang dilakukan. Berdasarkan hasil pengamatan disebutkan bahwa dinding lubang bukaan bawah tanah dikategorikan stabil jika kecepatan perpindahannya 0,001 mm/hari. Kecepatan perpindahan 0,05 mm/hari sudah tergolong besar dan membahayakan untuk ruang penggalian yang besar (misal ruang pembangkit tenaga listrik bawah tanah). Jika dinding lubang bukaan mengalami kecepatan perpindahan melebihi 1 mm/hari maka penyangga harus ditambah karena sudah sangat membahayakan.

Kemudian Zhenxiang melakukan hal serupa dengan mengadakan pengamatan kecepatan perpindahan pada terowongan di Xiaken dan Lingqian (Cina). Kedua terowongan tersebut mempunyai lebar sekitar 6 m dengan tebal overburden 20 m sampai 24 m, dan massa batuan pembentuk lubang bukaan mempunyai nilai Q yang berkisar 0,067 - 0,208 (massa batuan masuk dalam kategori sangat buruk sekali sampai sangat buruk). Penyanggaan setelah penggalian dilakukan dengan memberi lapisan shotcrete setebal 5 cm pada dinding lubang, kemudian dikombinasi dengan memasang baut batuan panjang 2 m setiap spasi 1 m. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa dinding lubang dikategorikan stabil jika mengalail perpindahan dengan kecepatan 0,2 mm/hari. Perpindahan dinding dengan kecepatan 3 mm/hari dikategorikan belum cukup aman, kecepatan perpindahan sebesar itu perlu diperkecil dengan menambahkan sistim penyangga yang ada (dalam kasus terowongan Xiaken dan Lingqian dilakukan dengan menambah jumlah baut batuan). Bila kecepatan perpindahan turun hingga mencapai 1 mm/hari, merupakan pertanda bahwa dinding lubang sedang mencapai tahap awal untuk menuju kondisi stabil. Bila kecepatan perpindahan mencapai 10 mm/hari dinding lubang dikategorikan berbahaya. Perhitungan kecepatan perpindahan ditulis dengan persamaan:

$$v = \frac{|\ln - l_{n-1}|}{|t_n - t_{n-1}|}$$

- v = laju konvergensi (mm/hari)
 \ln = angka pengukuran perpindahan (mm)
 l_{n-1} = angka pengukuran perpindahan sebelumnya (mm)
 t_n = waktu pengukuran perpindahan (jam)
 t_{n-1} = waktu pengukuran perpindahan sebelumnya (jam)
 24 = faktor pengali; 24 jam/hari

3. Kecepatan Konvergensi

Ghosh dan Ghose menggunakan kecepatan konvergensi (*convergency velocity*) sebagai indikator stabilitas lubang bukaan di tambang bawah tanah, dengan menyatakan hubungan antara kecepatan kritis dan kecepatan konvergensi maksimum dengan Rock Mass Rating sebagai berikut ;

$$v_r = 2,25B \left(\frac{\gamma}{1000}\right)^{0,66} \left(\frac{100-R}{1000}\right)^6 \quad (6)$$

$$v_{rmax} = 3,3B^{0,55} \left(\frac{\gamma}{1000}\right)^{0,36} \left(\frac{100-R}{1000}\right)^{3,3} \quad (7)$$

Keterangan:

- v_r = kecepatan kritis, mm/hari
 v_{rmax} = kecepatan konvergensi maksimum, mm/hari
 B = lebar lubang bukaan, m
 γ = bobot isi kering, kg/m³
 R = Rock Mass Rating

Kecepatan kritis dapat dianggap sebagai peringatan pertama ketidakmampuan lubang bukaan, apabila kecepatan konvergensi mencapai nilai di atas nilai kritis maka atap perlu disangga untuk mencegah atap runtuh. Jika kecepatan konvergensi lebih kecil daripada nilai kecepatan kritis maka atap dapat dianggap dalam kondisi aman. Jadi kecepatan kritis adalah batas bawah dimana ketidakmampuan mulai terjadi, sedangkan batas atasnya adalah kecepatan maksimum yang jika kecepatan konvergensi telah mencapai batas ini maka atap akan segera runtuh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Klaisifikasi Massa Batuan

Pada lubang bukaan decline akses CKN XC2 – XC5, klasifikasi massa batuan adalah kelas IV (poor) dengan nilai RMR berkisar dari 30 – 35. Hal ini menjelaskan bahwa kekuatan massa batuan pada lubang bukaan decline akses CKN XC2 – XC5 adalah rendah. Berikut adalah karakteristik dan klasifikasi massa batuan decline akses CKN XC2 – XC5

Tabel 3. Nilai (RMR) Klasifikasi Massa Batuan

Klasifikasi Massa Batuan	
RMR	
Nilai RMR	Klasifikasi
31	Kelas IV (Poor)

3.2 Data Monitoring

Pada pengukuran yang di dapatkan di lapangan dari data sekunder hasil monitoring dari bulan juli sampai dengan bulan agustus tahun 2017. Salah satu titik pada decline akses CKN XC2 – XC5 PT. Z CH 0.00m hasilnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengukuran Konvergen CH 0.00m

NO	Monitoring	Convergence (mm)	Displacement Komulatif(mm)
1	7/25/17 8:40	5173,49	0,00
2	7/26/17 10:15	5173,455	0,03
3	7/27/17 10:05	5173,43	0,06
4	7/28/17 10:15	5173,38	0,11
5	7/29/17 11:00	5173,41	0,08
6	7/30/17 10:00	5173,46	0,03
7	7/31/17 9:00	5173,44	0,05
8	8/1/17 9:00	5173,405	0,09
9	8/2/17 9:00	5173,395	0,09
10	8/3/17 9:10	5173,44	0,05
11	8/4/17 9:10	5173,44	0,05
12	8/5/17 9:10	5173,44	0,05
13	8/6/17 9:10	5173,44	0,05
14	8/7/17 9:10	5173,44	0,05
15	8/8/17 9:10	5173,44	0,05

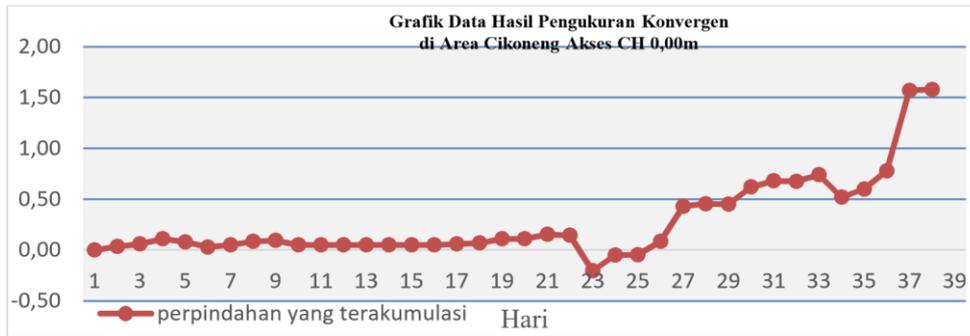
16	8/9/17 9:10	5173,44	0,05
17	8/10/17 9:10	5173,43	0,06
18	8/11/17 9:10	5173,42	0,07
19	8/12/17 9:10	5173,38	0,11
20	8/13/17 9:10	5173,38	0,11
21	8/14/17 9:10	5173,335	0,15
22	8/15/17 9:10	5173,345	0,14
23	8/16/17 9:10	5173,695	-0,20
24	8/17/17 9:10	5173,54	-0,05
25	8/18/17 9:10	5173,535	-0,05
26	8/19/17 9:10	5173,405	0,09
27	8/21/17 9:10	5173,06	0,43
28	8/22/17 9:10	5173,035	0,45
29	8/23/17 9:10	5173,04	0,45
30	8/24/17 9:10	5172,87	0,62
31	8/25/17 9:10	5172,81	0,68
32	8/26/17 9:10	5172,815	0,68
33	8/29/17 9:10	5172,75	0,74
34	8/30/17 9:10	5172,97	0,52
35	8/31/17 9:10	5172,89	0,60
36	9/2/17 9:10	5172,71	0,78
37	9/4/17 9:10	5171,92	1,57
38	9/5/17 9:10	5171,91	1,58

(Sumber : Satker Geoteknik Departemen Quality Control PT. Z)

Data awal monitoring di ambil dari sebagian pembacaan data monitoring pada bulan Juli sampai September 2017, bukan berawal dari awal pembacaan pertamakali di lakukan monitoring.

3.3 Pengukuran Konvergen

Data pengukuran konvergen secara komulatif di area Cikoneng Akses CH 00.0m

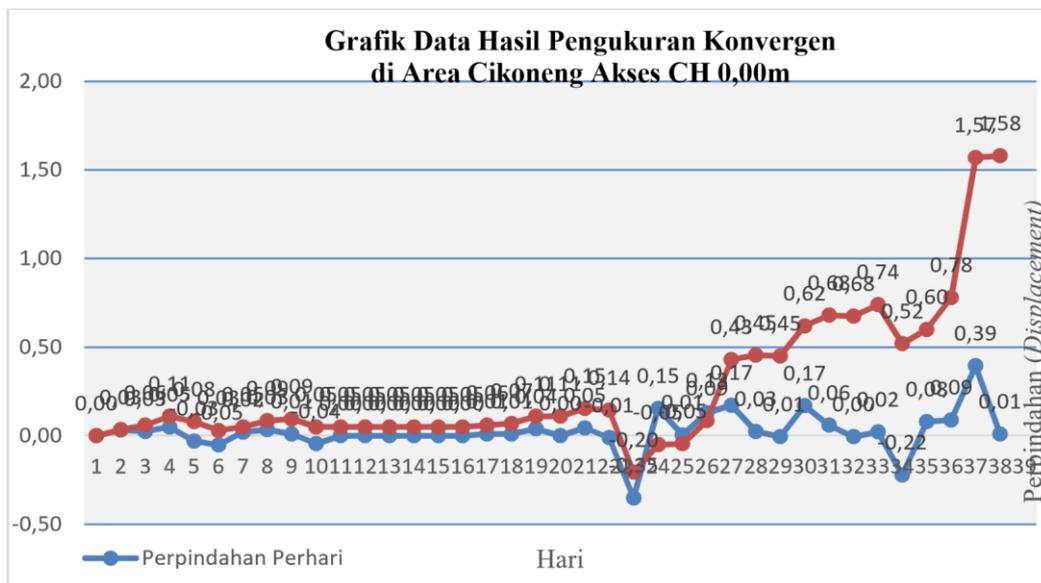


Gambar 1. Displacement Komulatif Bulan Juli – September 2017

Grafik diatas adalah data dimana besar perpindahan yang di komulatifkan dari hari pertama di lakukan pengamatan sampai akhir dilakukan pengamatan selama 3 bulan.

3.4 Analisis Monitoring Monitoring Besar Perpindahan

Pada hasil pengukuran konvergen pada decline akses CKN XC2 – XC5 CH.0.00m didapatkan grafik besar perpindahan perhari dan perpindahan yang terakumulasi.



Gambar 2. Besar Perpindahan

Perpindahan komulatif terbesar tercatat pada tanggal 4 September 2017 sebesar 0,79 mm pada decline akses CKN XC2 – XC5 CH.0.00m. pada grafik tersebut terjadi perubahan yang signifikan, hal itu bisa terjadi di karenakan adanya beberapa faktor yang harus di teliti lebih lanjut dengan data yang maksimal dan secara aktual.

3.5 Analisis Monitoring Kecepatan Perpindahan

$$v = \frac{ln - l_{n-1}}{tn - t_{n-1}}$$

- v = laju konvergensi (mm/hari)
- ln = angka pengukuran perpindahan (mm)

- In-1 = angka pengukuran perpindahan sebelumnya (mm)
- tn = waktu pengukuran perpindahan (jam)
- n-1 = waktu pengukuran perpindahan sebelumnya (jam)
- 24 = faktor pengali; 24 jam/hari

Dari rumus kecepatan berikut di dapatkan besar perpindahan perhari seperti pada tabel berikut ;

Tabel 5. Kecepatan Perpindahan Perhari

NO	Monitoring	Rata - rata jam per hari	Convergence (mm)	Displacement Komulatif (mm)	Displacement Perhari
1	7/25/17 8:40	1789,22	5173,49	0,00	0,00
2	7/26/17 10:15	1789,27	5173,455	0,03	0,03
3	7/27/17 10:05	1789,31	5173,43	0,06	0,03
4	7/28/17 10:15	1789,35	5173,38	0,11	0,05
5	7/29/17 11:00	1789,39	5173,41	0,08	-0,03
6	7/30/17 10:00	1789,43	5173,46	0,03	-0,05
7	7/31/17 9:00	1789,47	5173,44	0,05	0,02
8	8/1/17 9:00	1789,52	5173,405	0,09	0,03
9	8/2/17 9:00	1789,56	5173,395	0,09	0,01
10	8/3/17 9:10	1789,60	5173,44	0,05	-0,04
11	8/4/17 9:10	1789,64	5173,44	0,05	0,00
12	8/5/17 9:10	1789,68	5173,44	0,05	0,00
13	8/6/17 9:10	1789,72	5173,44	0,05	0,00
14	8/7/17 9:10	1789,77	5173,44	0,05	0,00
15	8/8/17 9:10	1789,81	5173,44	0,05	0,00
16	8/9/17 9:10	1789,85	5173,44	0,05	0,00
17	8/10/17 9:10	1789,89	5173,43	0,06	0,01
18	8/11/17 9:10	1789,93	5173,42	0,07	0,01
19	8/12/17 9:10	1789,97	5173,38	0,11	0,04
20	8/13/17 9:10	1790,02	5173,38	0,11	0,00
21	8/14/17 9:10	1790,06	5173,335	0,15	0,05
22	8/15/17 9:10	1790,10	5173,345	0,14	-0,01
23	8/16/17 9:10	1790,14	5173,695	-0,20	-0,35
24	8/17/17 9:10	1790,18	5173,54	-0,05	0,15

25	8/18/17 9:10	1790,22	5173,535	-0,05	0,01
26	8/19/17 9:10	1790,27	5173,405	0,09	0,13
27	8/21/17 9:10	1790,35	5173,06	0,43	0,17
28	8/22/17 9:10	1790,39	5173,035	0,45	0,03
29	8/23/17 9:10	1790,43	5173,04	0,45	-0,01
30	8/24/17 9:10	1790,47	5172,87	0,62	0,17
31	8/25/17 9:10	1790,52	5172,81	0,68	0,06
32	8/26/17 9:10	1790,56	5172,815	0,68	0,00
33	8/29/17 9:10	1790,68	5172,75	0,74	0,02
34	8/30/17 9:10	1790,72	5172,97	0,52	-0,22
35	8/31/17 9:10	1790,77	5172,89	0,60	0,08
36	9/2/17 9:10	1790,85	5172,71	0,78	0,09
37	9/4/17 9:10	1790,93	5171,92	1,57	0,39
38	9/5/17 9:10	1790,97	5171,91	1,58	0,01

Kecepatan perpindahan perhari terbesar tercatat pada tanggal 4 September 2017 sebesar 0,39 mm/hari pada decline akses CKN XC2 – XC5 CH.0.00m. nilai perpindahan pada bulan juli – September 2017 adalah 0,02 mm/hari didapatkan dari rata rata hasil dari nilai kecepatan perpindahan pada decline akses CKN XC2 – XC5 CH.0.00m pada bulan juli – September 2017.

3.7 Analisis Numerik Besar Perpindahan Maksimum

Tabel 6. Parameter Batuan

sigt	-0,002	Mpa
sigc	0,082	Mpa
sigcm	1,674	Mpa
Em	839,14	Mpa

(Sumber : report data roclab)

Diketahui data parameter batuan diatas dengan mengetahui nilai modulus deformasi massa batuan (E_m) maka dapat dihitung regangan vertikal (ϵ_v) yang terjadi akibat tegangan vertikal (σ_v) dengan persamaan:

$$\begin{aligned}\epsilon_v &= \sigma_v / E_m \\ &= 1,674/839,14 \\ &= 0,0019949\end{aligned}$$

Hubungan tegangan-regangan dengan asumsi jarak awal adalah horizontal (lebar bukaan), sehingga dapat dihitung perpindahan yang terjadi akibat adanya tegangan pada lokasi pemantauan berdasarkan teori elastic (hukum hooke).

Hukum Hooke adalah hukum atau ketentuan mengenai gaya dalam bidang ilmu fisika yang terjadi karena sifat elastisitas dari sebuah pir atau pegas. Besarnya gaya Hooke ini secara proporsional akan berbanding lurus dengan jarak pergerakan pegas dari posisi normalnya, atau lewat rumus matematis dapat digambarkan sebagai berikut: $F = -kx$ di mana

F adalah gaya (dalam unit newton)

k adalah konstanta pegas (dalam newton per meter) x adalah jarak pergerakan pegas dari posisi normalnya (dalam unit meter). Sedangkan untuk batas maksimal regangan adalah apabila perpindahan mencapai 5 kali dari perpindahan elastisnya

$$\begin{aligned} \delta &= \epsilon H \times B \\ &= 0,000492 \times 4,51\text{m} \\ &= 0,00225 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{max}} &= \delta \times 5 \\ &= 0,00225 \times 5 \\ &= 0,011 \text{ m} \\ &= 11,254 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 7. Analisis Numerik Perpindahan Maksimum

no	lokasi	lebar terowongan	tinggi dinding	$\delta = \epsilon H \times B$ (m)	$\delta = \epsilon H \times B$ (mm)	$\delta_{\text{max}} = \delta \times 5$ (m)	δ_{max} (mm)
1	Ch.0.00	4,51	5,51	0,002249	2,249249	0,011246246	11,24624616
2	Ch.31.00	5,66	5	0,002823	2,822783	0,014113914	14,11391425
3	Ch.36.00	4,33	3,6	0,002159	2,159479	0,010797394	10,79739376
4	Ch.49.00	3,91	4,7	0,00195	1,950014	0,009750072	9,750071502
5	Ch.51.00	4,2	3,9	0,002095	2,094645	0,010473223	10,47322259
6	Ch.55.00	5,3	4	0,002643	2,643242	0,013216209	13,21620945
7	Ch.68.00	4,6	5	0,002294	2,294134	0,011470672	11,47067236
8	Ch.74.00	4	5,3	0,001995	1,9949	0,009974498	9,9744977
9	Ch.80.00	4,3	5,6	0,002145	2,144517	0,010722585	10,72258503
10	Ch.104.50	3,7	5,3	0,001845	1,845282	0,00922641	9,226410373
11	Ch.121.00	4,9	5,3	0,002444	2,443752	0,01221876	12,21875968
12	Ch.131.00	3,8	4,7	0,001895	1,895155	0,009475773	9,475772815
13	Ch.137.00	3,9	4,3	0,001945	1,945027	0,009725135	9,725135258
14	Ch.144.00	3,9	4,3	0,001945	1,945027	0,009725135	9,725135258
15	Ch.149.00	5	4,8	0,002494	2,493624	0,012468122	12,46812213
16	Ch.154.00	5	4,8	0,002494	2,493624	0,012468122	12,46812213
17	Ch.164.70	4,74	5,3	0,002364	2,363956	0,01181978	11,81977977
18	Ch.174.70	4,4	4,6	0,002194	2,194389	0,010971947	10,97194747
19	Ch.184.70	4,1	5,1	0,002045	2,044772	0,01022386	10,22386014

3.8 Analisis Displacement Lubang Buka

Berikut adalah hasil analisis displacement dari 20 titik yang di lakukan pengamatan :

Tabel 8. Analisis displacement pada 20 titik pengamatan

NO	Area Pengukuran	Titik Pengukuran	Laju Perpindahan Rata-Rata (mm/hari) 7/25/2017 - 9/5/2017	Total Perpindahan (mm)	Keterangan
1	CIKONENG	Ch.0.00	0,06	0,27	Stabil
2		Ch.31.00	0,06	0,9	Stabil
3		Ch.36.00	0,06	-0,22	Stabil
4		Ch.49.00	0,08	1,16	Stabil
5		Ch.51.00	0,09	1,31	Stabil
6		Ch.55.00	0,22	2,1	Stabil
7		Ch.68.00	0,15	1,61	Stabil
8		Ch.74.00	0,23	2,76	Stabil
9		Ch.80.00	0,32	3,2	Kurang Stabil
10		Ch.104.50	0,06	0,66	Pin Sebelah Kanan Rusak
11		Ch.121.00	0,15	2,27	Stabil
12		Ch.131.00	0,11	1,23	Stabil
13		Ch.137.00	0,11	1,62	Stabil
14		Ch.144.00	0,13	2,14	Stabil
15		Ch.149.00	0,17	3,12	Stabil
16		Ch.154.00	0,27	3,34	Stabil
17		Ch.164.70	0,22	1,22	Stabil
18		Ch.174.70	0,27	1,73	Stabil
19		Ch.184.70	0,37	1,97	Kurang Stabil

Pada tabel diatas ada 3 titik dimana total displacement melebihi kriteria yang di tentukan yaitu pada Ch.80.00, Ch.184.70, direkomendasikan untuk di perlukan perbaikan penyanggan lanjut pada decline akes CIKONENG XC2 – XC5. Pada titik Ch.104.50 terjadi ketidak pastian pengukuran dikarenakan pin pada sebelah kanan rusak. Kondisi geologi pada daerah cikoneng adalah salah satu faktor yang menyebabkan ketidak stabilan pada beberapa titik pengamatan yang berada di wilayah formasi honje : breksi gunung api, tuff, lava andesit-basalt, kayu kesikan Peta Geologi Area Z dan Lokasi Lubang Bor .

3.9 Evaluasi Hubungan Antara Analisis Monitoring Dengan Analisis Numerik

Hubungan antara perhitungan monitoring dengan perhitungan numerik di evaluasi untuk menambah kepercayaan data sehingga data analisis tersebut dapat meningkatkan kepercayaan untuk menentukan hasil rekomendasi yang maksimal dan akurat melalui analisis tersebut. Berikut adalah tabel evaluasi hubungan antara analisis monitoring dengan analisis numerik

Tabel 9. Evaluasi Hubungan Antara Analisis Monitoring Dengan Analisis Numerik

NO	Area Pengukuran	Titik Pengukuran	Laju Perpindahan Rata-Rata (mm/hari) 7/25/2017-9/5/2017	Total Perpindahan (mm)	$\delta = \epsilon H \times B$ (mm)	δ_{max} (mm)
1	CIKONENG	Ch.0.00	0,06	0,27	2,249249	11,24624616
2		Ch.31.00	0,06	0,9	2,822783	14,11391425
3		Ch.36.00	0,06	-0,22	2,159479	10,79739376
4		Ch.49.00	0,08	1,16	1,950014	9,750071502
5		Ch.51.00	0,09	1,31	2,094645	10,47322259
6		Ch.55.00	0,22	2,1	2,643242	13,21620945
7		Ch.68.00	0,15	1,61	2,294134	11,47067236
8		Ch.74.00	0,23	2,76	1,9949	9,9744977
9		Ch.80.00	0,32	3,2	2,144517	10,72258503
10		Ch.104.50	0,06	0,66	1,845282	9,226410373
11		Ch.121.00	0,15	2,27	2,443752	12,21875968
12		Ch.131.00	0,11	1,23	1,895155	9,475772815
13		Ch.137.00	0,11	1,62	1,945027	9,725135258
14		Ch.144.00	0,13	2,14	1,945027	9,725135258
15		Ch.149.00	0,17	3,12	2,493624	12,46812213
16		Ch.154.00	0,27	3,34	2,493624	12,46812213
17		Ch.164.70	0,22	1,22	2,363956	11,81977977
18		Ch.174.70	0,27	1,73	2,194389	10,97194747
19		Ch.184.70	0,37		2,044772	10,22386014

Dari hasil tabel tersebut terdapat 5 titik yang melebihi perhitungan analisis numerik yaitu pada Ch.74.00, Ch.80.00, Ch.144.00, Ch.149.00, Ch.154.00. dari 19 titik tersebut belum ada yang melebihi perpindahan maksimum pada analisis numerik yang di lakukan.

3.10 Rekomendasi Terhadap Lubang Bukaannya Kurang Stabil Pada Analisis Displacement Yang Dilakukan

Apabila displacement yang terjadi semakin tinggi dan dikategorikan tidak stabil akan berpotensi mengganggu kegiatan produksi maka dapat direkomendasikan untuk meng-upgrade/ menaikkan kualitas ground support, seperti pergantian ground support dan di sesuaikan spasi rockbolnya sesuai dengan kondisi batuan pada daerah tersebut atau melakukan rehabilitasi ulang terhadap terowongan. Tetapi untuk merehabilitasi terowongan biasanya di lakukan ketika terowongan itu runtuh dan di buka kembali sesuai dengan ukuran aslinya.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di Bab III bisa di simpulkan sebagai berikut :

1. Dari 20 titik yang di lakukan pengamatan, perilaku batuan yang mengalami perilaku terhadapnya, akibat pembukaan lubang bukaan mengalami perpindahan/displacement. Ada beberapa titik dimana titik tersebut melebihi kriteria melebihi batas displacement (perpindahan) pada kestabilan penyanggan.
2. Nilai displacement pada 20 titik yang di lakukan pengamatan berada di kisaran 0,06 mm/hari – 0,37 mm/hari.
3. Terdapat 3 titik dimana total displacement melebihi kriteria yang di tentukan yaitu pada Ch.80.00 sebesar 0,32 mm/hari , Ch.184.70 sebesar 0,37 mm/hari oleh karena itu direkomendasikan untuk di perlukan perbaikan penyanggan lanjut pada decline akes CIKONENG XC2 – XC5. Pada titik Ch.104.50 terjadi ketidak tepatan pengukuran dikarenakan pin pada sebelah kanan rusak.

5. SARAN

Saran yang perlu diperhatikan untuk penelitian ini adalah :

1. Kegiatan pemantauan konvergen pada lubang bukaan sebaiknya selalu dilakukan agar dapat mengendalikan stabilitas struktur bukaan dengan mengetahui deformasi yang terjadi berdasarkan karakteristik perpindahan.
2. Rekomendasi perbaikan sistem penyanggaan pada beberapa titik yang tidak stabil melebihi kriteria dapat menjadi referensi bagi perusahaan dalam menganalisis kestabilan lubang bukaan namun butuh diteliti lebih lanjut pada karakteristik material yang berbeda pada setiap titik.
3. Bagi pembaca bisa melakukan penelitian dengan material dan propertis batuan yang berbeda pada setiap titik pengamatan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Bapak Dr. Ir. H. Ircham, MT, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

Bapak Dr. Ir. Setyo Pambudi, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Mineral Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

Bapak Bayurohman Pangacella Putra, ST., M.T , selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Cording J. Edward, Mahar W. James, and Brierley S. Gray., Observations for Shallow Chamber in Rock. Proceedings of The International Symposium Field Measurements in Rock Mechanics. Volume II. Zurich, 4-6 April 1977. AA. Balkema, Rotterdam, halaman 485-508 (1974).
- Wardana, N. K., Saptono Singgih., 2018, Analysis Of The Stability And Adequacy Level Temporary Support Using NATM Methods On The Excavation Of Railway Tunnel Icemine.
- Zhenxiang, X. A., Tunnel Design Method Using Field Measurement Data. Proceedings of ISRM Symposium Design and Performance of Underground Excavation. Cambridge UK, 3-6 September, 1984. British Geotechnical Society, London. pages 221-229.2019, Data Geoteknik, Departemen Quality Control, PT Z.