

KUAT TARIK ANGKER KANTILEVER DENGAN METODE PENDEKATAN JRC (STUDI KASUS JALAN KANTILEVER KM. 461+480 TAPAKTUAN)

Jumaidi¹, Munirwansyah², Sofyan M. Saleh³

¹⁾ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,
email: medymontes@gmail.com

^{2,3)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,
email: nir_geotechnical@unsyiah.ac.id², sofyan.saleh@unsyiah.ac.id³

Abstract: *The Tapaktuan-Bakongan is the national road access to the South-West part of Aceh. Topographically shows that the road consist of canyon and a very steep cliff, which will be impossible to build more infracstructure using either blasting or cut and fill method with heavy equipment. Referring to the situation, the study about anchor tensile strength, which is used in construction of road access expansion using cantilever method is conducted. The research methode is begin by collecting the real data which are Standard Penetration Test data (SPT) SNI 4153-2018 and tensile graund anchor proving test (Bristish Satndard 8081:1981) and geological data taken from SPT drilling data. Furthermore, the data involved N-SPT, Joint Roughness Coefficient (JRC), shear stress will be analyzed and yield loading test value. Finally, from the loading test value, the reseacher will evaluate the stability of tensile capacity and safety factor (SF) of ground anchor. From the data analysis obtained that rock mass of STA 1+ 280 or KM. 461 +480 geologically contain unrigid and very strong limestone with N-SPT value greater than 50 where the rock condition is solid concrete and could be crushed using blasting method. Five samples are taken from the 10 meters driling for the laboratory test and obtain the minimum compressive strength is 51,10 MPa and maximum is 103,89 MPa with JRC from 2 to 20. In addition, the rock quality designation (RQD) calculation yield the average stone quality is 60,8% which means the rock has medium quality. Ground anchor failure if the proving test over 80% UTS(ultimate tensile strength) i.e. the load increment reaches 92,55% UTS or 54 MPa. Therefore, the proving test maximum capacity for ground anchor is 54 Mpa and safety factor is 1,85 which are suitable to geological condition research area.*

Keywords : *cantilever, ground anchor, joint roughness, proving test.*

Abstrak: Ruas jalan Tapaktuan – Bakongan merupakan ruas jalan nasional lintas Barat – Selatan Aceh. Kondisi topografi ruas jalan terdiri dari tebing yang terjal dan lereng yang curam sehingga tidak memungkinkan dilaksanakan pelaksanaan kontruksi pembangunan/peningkatan dengan metode blasting (penggunaan bahan peledak) maupun metode cut and fill yang menggunakan alat-alat berat. Dari permasalahan tersebut dilakukan sebuah kajian mengenai kuat tarik angker yang digunakan pada pelaksanaan pembangunan pelebaran badan jalan dengan menggunakan metode kantilever untuk daerah dengan kondisi topograsi tebing yang terjal dan lereng yang curam. Metode yang diterapkan pada penelitian ini diawali dengan pengumpulan data riil yang meliputi data Standard Penetration Test (SPT) SNI 4153-2008 dan uji tarik proving test ground anchor (British Standard 8081:1981) dan data geologi yang dihasilkan dari data pengeboran SPT. Selanjutnya dari data-data yang diperoleh dilakukan analisis data yang meliputi analisis nilai N-SPT, Joint Roughnes Coefficient (JRC), gaya geser, yang menghasilkan angka loading test. Dari data hasil loading test dapat dievaluasi stabilitas kapasitas tarik dan safety factor (SF). Dari data analisis didapatkan bahwasanya kondisi geologi batuan di STA 1+ 280 atau KM. 461 + 480 terdiri dari batu gamping tidak lapuk dan sangat keras dan dapat dipecahkan dengan peledakan dengan nilai N-SPT lebih besar dari 50 dimana kondisi batuan sangat padat. Dari hasil pengeboran sepanjang 10 meter diambil lima sampel untuk di uji laboratorium dan diperoleh nilai compressive strength minimal 51,10 MPa dan maksimum 103,89 MPa dengan nilai JRC 2-20. Selain daripada itu hasil perhitungan rock

quality designation (RQD) menunjukkan kualitas batuan pada lokasi kajian rata-rata 60,8% yang berarti kualitas batumannya adalah sedang. Ground anchor putus pada saat uji tarik proving test diatas pembebanan 80% UTS yaitu pembebanan sampai 92,55% UTS (ultimate tensile strength) atau sebesar 54 MPa. Dengan demikian kapasitas maksimum hasil uji tarik proving test ground anchor yaitu sebesar 54 MPa dengan faktor keamanan 1,85 sesuai dengan kondisi geologi daerah kajian.

Kata kunci : kantilever, ground anchor, joint roughness, proving test.

Keadaan geologis ruas jalan nasional lintas barat selatan Provinsi Aceh yang menghubungkan Provinsi Aceh dan Provinsi Sumatera Utara adalah salah satu jalur terpadat dengan keadaan jalan yang sempit dimana pada kedua sisi jalan terdapat tebing yang terjal dan lereng yang curam. Tebing dan lereng pada kedua sisi jalan tersebut kini memiliki struktur batuan *multiple body system*. Dengan kombinasi profil tanah lempung yang beragam cukup berpotensi untuk terjadinya longsor pada musim hujan. Untuk kelancaran dan kenyamanan transportasi masyarakat pada daerah-daerah dengan kondisi geologis yang telah disebutkan sebelumnya maka dibuat sebuah kajian tentang kapasitas *ground anchor* pada jalan kantilever sebagai alternatif konstruksi pelebaran.

Kajian ini dilakukan pada ruas jalan batas kota Tapaktuan – Bakongan yang menurut pengamatan memiliki kondisi paling kritis yaitu pada STA: 1+280 atau pada Km. 461+480. Lokasi jalan tersebut berada pada Gunung Batu Hitam, Tapaktuan – Aceh Selatan dengan lebar badan jalan yang ada hanya 3,5 m – 6 m terletak di pinggir tebing yang terjal mencapai tinggi ± 30 m dengan kemiringan tebing $\pm 20^\circ$ serta jurang yang dalam mencapai kedalaman ± 20 m. Dengan adanya kajian ini diharapkan dapat menjadi referensi didalam pembangunan kantilever

pada ruas-ruas jalan yang sempit dengan kondisi geologis tebing yang terjal dan lereng yang curam. Untuk itu perlu adanya analisis kuat tarik *ground anchor* sehingga dapat diketahui pengaruh karakteristik dan kualitas batuan terhadap pembangunan ground anchor kantilever serta kapasitas *ground anchor* yang dibangun.

KAJIAN KEPUSTAKAAN

Standard Penetration Test (SPT)

Penelitian terhadap kekuatan material dilapangan diantaranya dapat ditentukan dengan nilai N-SPT. Standar tentang cara uji penetrasi lapangan dengan N-SPT di Indonesia terdapat pada SNI 4153-2008, yang merupakan revisi dari SNI 03-4153-1996), yang mengacu pada ASTM D 1586-84 “*Standard penetration test and split barrel sampling of soils*”.

Nilai N-SPT rata-rata akan menentukan jenis tanah, yaitu sebagai berikut:

$\bar{N} \geq 50$ = Tanah Keras (Bebatuan)

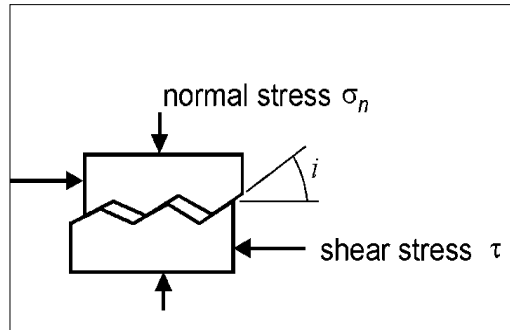
$15 \leq \bar{N} < 50$ = Tanah Sedang

$\bar{N} < 15$ = Tanah Lunak

Kuat geser batuan diskontinyu

Patton (1996) menggambarkan pengaruh permukaan dalam sebuah batu cadas terhadap sudut gesekan dasar dengan melakukan sebuah eksperimen dimana dia melakukan test

kekuatan pada “saw-tooth” (lereng gunung) spesimen seperti yang terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi mobilisasi kekuatan geser batuan
Sumber : Patton (1996)

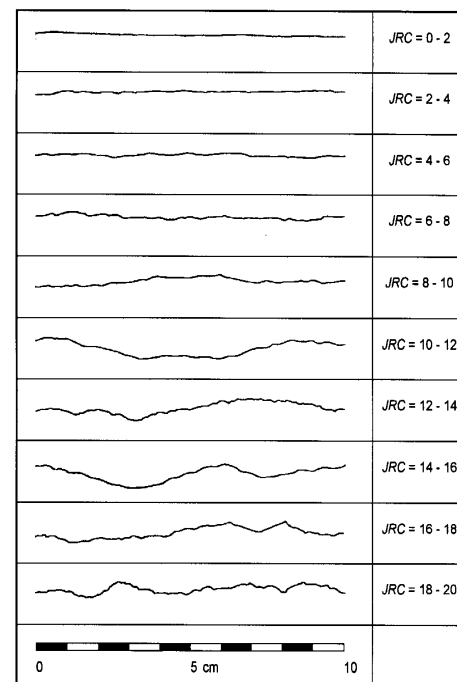
Kondisi kuat geser batuan dapat diidentifikasi melalui kondisi diskontinuitas batuan yaitu nilai joint roughness coefficient batuan dan dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$\tau = \sigma_n \tan \left(\phi_b + JRC \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right) \quad (1)$$

dimana τ adalah kuat geser, σ_n adalah shear stress, ϕ_b adalah sudut geser material, JRC adalah nilai estimasi JRC dan JCS adalah nilai kekuatan tekanan lapisan batuan.

Joint roughness coefficient (JRC)

Joint roughness coefficient (JRC) adalah angka yang dapat diestimasi dengan membandingkan munculnya sebuah permukaan yang tidak bersatu dengan standar profil yang diterbitkan oleh Barton dan kawan-kawan. Salah satu yang sangat berguna dari kumpulan profil yang diperkenalkan oleh Barton dan Choubey (1977) ditunjukkan dalam Gambar 2.

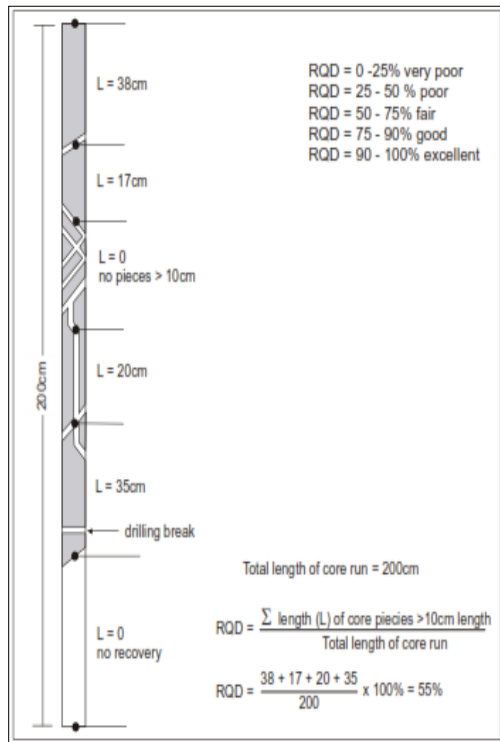


Gambar 2. Nilai perkiraan JRC
Sumber : Barton dan Choubey (1977)

Pada peristiwa keruntuhan suatu lereng batuan berarti telah terjadi pergeseran pada bidang runtuh (*line slip*) atau bidang runtuh *slip failure* seperti di perlihatkan pada Gambar 1 dimana kuat geser runtuh batuan pada pengukuran tergantung pada nilai JRC dalam mengimbangi gaya tarik angker kantilever dan grafik estimasi nilai *joint wall compressive strength* (JCS).

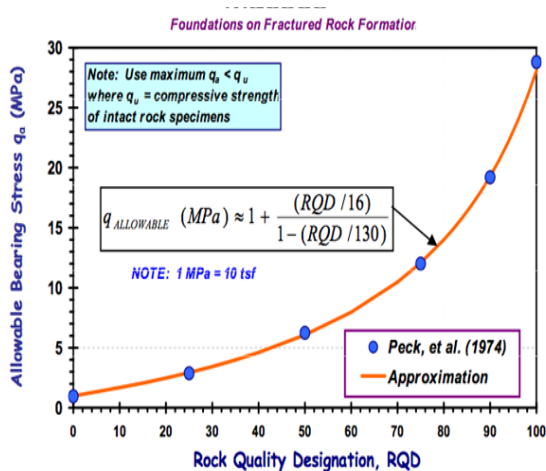
Rock quality designation (RQD)

Menurut Deere (1989) *rock quality designation* (RQD) adalah persentase pembentukan inti pengeboran yang dimodifikasi dimana seluruh bagian dugaan inti pengeboran sepanjang 100 mm (4 in.) dijumlahkan dan dibagi dengan panjang lubang inti pengeboran. Prosedur yang benar untuk mengukur RQD diilustrasikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Metode estimasi nilai RQD
Sumber : Deere (1989)

Nilai-nilai pertimbangan untuk mendapatkan nilai kuat tarik angker pada saat terjadi kuat geser batuan ketika angker mengalami gaya tarik (*pull out*), sangat ditentukan dari kondisi *rock quality design* (RQD) dilapangan seperti dapat dipelajari dalam Gambar 3 dan 4 serta Tabel 1.



Gambar 4. Hubungan RQD dengan kuat tekan izin batuan
Sumber : Singh (2011)

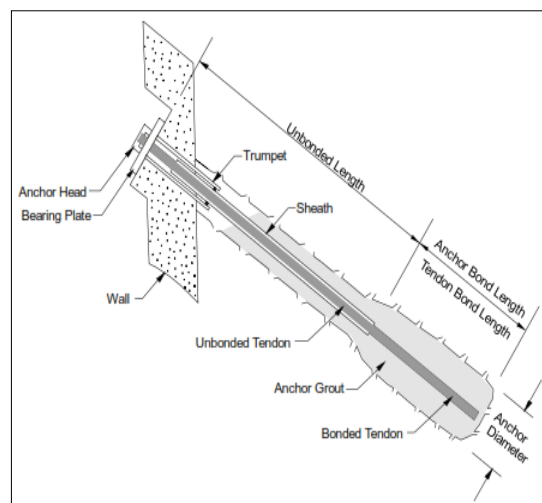
Tabel 1. Hubungan nilai RQD dengan kuat tekan izin batuan

RQD	q_a Ton/ft ²	q_a MPa
100	300	29
90	200	19
75	120	12
50	65	6.25
25	30	3
0	10	0.96

Sumber : Murthy (2003)

Proving test ground anchor

Menurut P.S. Sabatini, dkk (1999), uji tarik *ground anchor* melibatkan sebuah siklus beban tunggal dan beban yang menggantung pada beban uji. *Ground anchor* merupakan elemen struktural yang dipasang didalam tanah atau batuan yang digunakan untuk mengirimkan sebuah beban tarik yang diterapkan kedalam tanah atau batuan. Komponen dasar dari *ground anchor* terdiri dari angker (*head anchor*), panjang tarikan bebas (*free length anchor*) dan panjang ikatan (*bond length anchor*). Komponen-komponen tersebut dan komponen-komponen lainnya dari *ground anchor* ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Komponen-komponen *ground anchor*
Sumber : P.S. Sabatini dkk (1999)

Faktor Keamanan

Menurut Hausmann (1990), faktor keamanan yang direkomendasikan untuk tendon baja diperoleh dari desain tegangan dan beban untuk angker tetap (*permanent*) dan angker sementara (*temporary*).

Faktor keamanan yang diukur adalah uji pembebanan yang dipisahkan oleh beban yang bekerja. Hal ini menyatakan bahwa uji pembebanan harus paling sedikit 1.5 dan 1.25 kali desain lapangan beban pada angker untuk angker permanen dan angker sementara. Faktor keamanan tersebut harus diberlakukan pada semua komponen pada angker dimana karakteristik kekuatan dan mekanis sudah tersedia. Faktor keamanan ini diharapkan dapat menghubungkan desain dengan pembebanan tetap akhir.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Data-data yang akan dijadikan sebagai variabel pendukung kajian diperoleh melalui survey langsung lapangan yang merupakan data primer dalam kajian ini dan rekap laporan data lapangan yang diperoleh melalui PPK-12 (Pejabat Pembuat Komitmen) ruas jalan Tapaktuan – Bakongan Aceh Selatan yang merupakan data sekunder. Rekap laporan data yang diperoleh melalui PPK-12 meliputi data *Standard Penetration Test* (SPT), data hasil analisa geologi, dan data *proving test ground anchor*.

Pengolahan Data dan Tabulasi Data

Rumusan kuat tarik angker kantilever dihasilkan berdasarkan data hasil survei

eksisting lapangan dan tabulasi hasil perhitungan data-data sekunder. Adapun tahapan pengolahan dan tabulasi data terdiri dari:

1. Survei eksisting lapangan

Survei eksisting lapangan adalah pekerjaan awal yang meliputi pemeriksaan dan pematokan batas lahan serta gambar situasi dan pengamatan bentukan *roughnes* pada potongan/permukaan secara visual pada lokasi objek penelitian.

2. Standard penetration test (SPT)

Standard penetration test dilakukan untuk mengetahui jenis lapisan pada lokasi objek penelitian.

3. Data geologi

Data analisa geologi menunjukkan kenampakan jenis batuan di lokasi kajian. Adapun data geologi meliputi *joint roughnes coefficient* (JRC), *joint wall compressive strength* (JCS), dan *rock quality designation* (RQD) yang diperoleh dari hasil uji laboratorium sampel batuan.

4. Proving test ground anchor

Data hasil *proving test* akan digunakan untuk menginvestigasi perilaku dan kemampuan dari angker, kualitas dan kecukupan desain dan angka keamanan (*safety factor*).

5. Faktor keamanan

Dari hasil akhir rumusan perhitungan data-data didapatkan sebuah nilai faktor keamanan (*safety factor*) yang menyatakan kondisi aman pembangunan angker kantilever dilokasi kajian untuk mencegah keruntuhan *ground anchor* itu sendiri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Survei Eksisting Lapangan

Berdasarkan hasil visual dari survei eksisting lapangan didapatkan kenampakan tanah hasil pelapukan batuan dengan ketebalan 1 meter yang berupa batu gamping tidak lapuk dan sangat keras dan dapat dipecahkan dengan peledakan. Adapun gambar visual dari survei eksisting lapangan ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Situasi pengamatan permukaan/potongan batuan

Standard Penetration Test (SPT)

Hasil penyelidikan tanah dengan alat bor mesin diperoleh deskripsi tanah beraspal, lempung bergravel yang berwarna kuning kecoklatan dengan konsistensi keras dan berplastis sedang serta berkadar air rendah. Selain itu juga dijumpai boulder berwarna coklat keabu-abuan yang keras dan tidak berplastis. Dari data SPT yang diperoleh tersebut dapat ditentukan kepadatan relatif lapisan batuan yang sesuai dengan nilai N seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Konversi nilai N-SPT

Nilai N		Keterangan
N	0 – 4	Sangat Lepas
N	4 – 10	Lepas
N	10 – 30	Sedang
N	30 – 50	Padat
N	> 50	Sangat Padat

Data sampel hasil penyelidikan SPT di lokasi kajian diperoleh hasil kepadatan relatif, lapisan batuan dengan nilai N lebih besar dari 50 dimana kondisi batuan sangat padat.

Data Geologi

Kuat geser batuan diskontinyu diperkirakan berdasarkan persamaan 1, dimana nilai JRC diperoleh dari perkiraan visual material pengeboran yang disusun sedemikian rupa didalam *core box* berdasarkan kedalaman pengeboran sebagaimana Gambar 8 dan mencocokkannya dengan nilai perkiraan yang dikeluarkan oleh Barton. Begitu juga dengan nilai JCS yang didapatkan berdasarkan perkiraan terhadap tingkat kekerasan batuan.



Gambar 8. Bagian inti pengeboran yang disusun dalam *core box*

Dari hasil pengeboran sepanjang 10 meter diambil lima sampel untuk diuji di laboratorium untuk diketahui *compressive strength* dan perkiraan nilai JRC sampel batuan sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian laboratorium sampel batuan

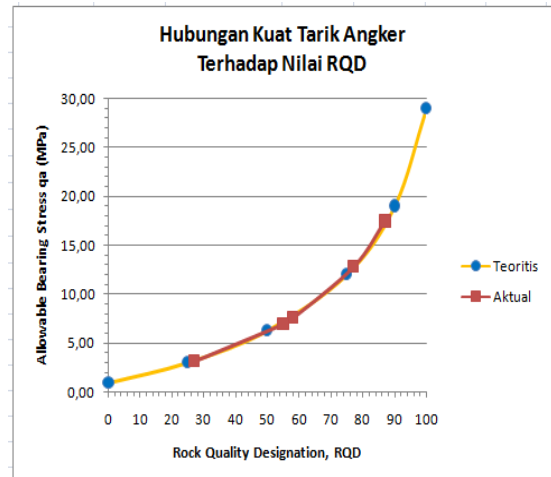
NO	DEPTH		Compressive Strength (MPa)	JRC
	From (m)	To (m)		
1	1,45	1,75	85,62	10
2	3,00	3,20	66,04	6
3	4,53	5,00	51,10	2
4	7,10	7,30	103,89	20
5	8,85	9,00	98,10	16

Nilai kuat tarik anker pada saat terjadi kuat geser batuan ketika anker mengalami gaya tarik sangat ditentukan dari kondisi RQD dilapangan. Hasil perhitungan RQD dari setiap sampel batuan yang diambil pada lokasi kajian berdasarkan persamaan pada Gambar 3 dapat ditabelkan dalam Tabel 4 dan digambarkan dalam Gambar 9.

Tabel 4. Nilai kuat tarik anker terhadap RQD

NO	DEPTH		RQD (%)	Qa (MPa)
	From (m)	To (m)		
1	1,45	1,75	58	7,55
2	3,00	3,20	77	12,80
3	4,53	5,00	87	17,44
4	7,10	7,30	55	6,96
5	8,85	9,00	27	3,13

Dari hasil perhitungan RQD yang terdapat pada Tabel 4 dapat diketahui kualitas batuan dimana *ground anchor* akan direncanakan. Dari data tabulasi tersebut dapat juga diketahui bahwa pada titik lokasi kajian, rata-rata RQD yang diperoleh adalah 60,8% artinya kualitas batuan pada titik kajian adalah sedang.



Gambar 9. Grafik hubungan kuat tarik anker terhadap nilai RQD

Proving test ground anchor

Dalam proses pekerjaan *proving test* mengacu pada peraturan *British Standard* 8081 : 1989. Adapun *ground anchor* pada saat *proving test* digunakan desain sebagai berikut:

1. *Test load* sebesar 150 ton.
2. Diameter *tendon* sebesar 200 mm.
3. *Ground anchor* dengan kemiringan 30° dari horizontal.
4. Kedalaman lubang *tendon* sepanjang 10 m ditambah 1 m untuk *over drilling*.
5. Panjang *fixed length* (*bond length*) sepanjang 5,5 m dan panjang *free length* (*unbonded length*) sepanjang 4,5 m.
6. Diameter *strand* adalah 0,5" dengan jumlah *strand* sebanyak 10 buah untuk satu *tendon*.

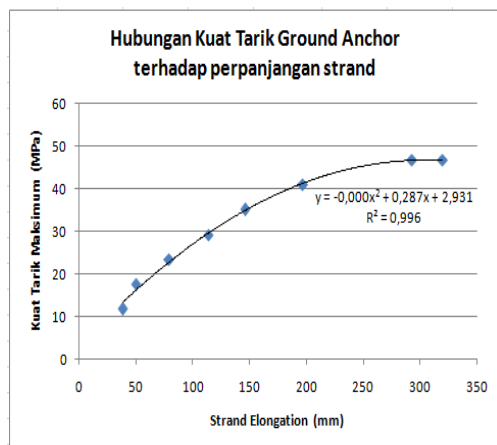
Proses pekerjaan *proving test* dilakukan sebanyak 8 *cycle* dimana untuk *cycle* pertama dilakukan pembebanan sebesar 20% UTS (*Ultimate Tensile Strength*) dan selanjutnya bertambah sebesar 10% setiap kenaikan satu *cycle*-nya, sehingga pada *cycle* ke tujuh dan delapan mencapai 80% UTS. Setiap *cycle*

pengujian dicatat *strand elongation* yang terjadi. Pergerakan *ground anchor* selama dibebani beban maksimum untuk setiap *cycle*-nya dicatat selama 15 menit. Adapun data hasil *proving test ground anchor* pada saat dibebani beban maksimum di lokasi kajian dapat ditunjukkan dalam Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil proving test ground anchor

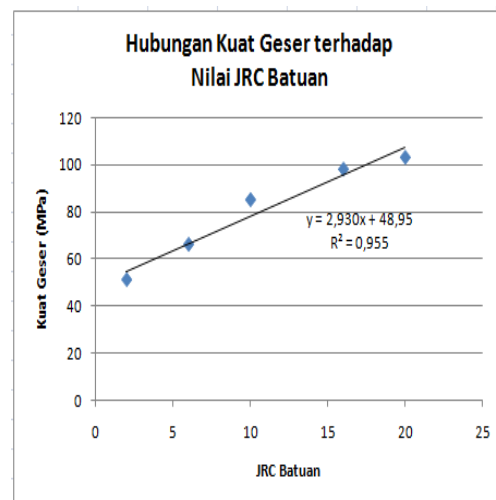
Load Increments (% fpu)		Cycles	Strand Elongation (mm)	Period of Observation (minutes)
(MPa)	(%)			
11,669	20%	Cycle 1	38	15
17,504	30%	Cycle 2	50	15
23,339	40%	Cycle 3	79	15
29,173	50%	Cycle 4	114	15
35,008	60%	Cycle 5	146	15
40,843	70%	Cycle 6	197	15
46,677	80%	Cycle 7	293	15
46,677	80%	Cycle 8	320	15

Karena pada *cycle 8 strand* masih mampu menahan beban dengan total *elongation strand* 320 mm, maka terus dilakukan penambahan beban sampai 54 MPa atau sebesar 92,55% dimana peningkatan beban ini adalah uji tarik maksimum *ground anchor* yang telah melampaui *cycle 8*. Laju perubahan perpanjangan *strand* terhadap kuat tarik *ground anchor* pada saat dilakukan *proving test* ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik hasil proving test ground anchor

Hasil *proving test* ini membuktikan bagaimana kondisi kuat geser batuan dimana *ground anchor* terpasang terhadap kekasaran batuan. Kekasaran suatu batuan sangat ditentukan oleh nilai JRC dari batuan tersebut. Semakin besar nilai JRC dari suatu batuan dimana keretakan batuan semakin kasar maka semakin besar pula kuat geser batuan yang terjadi. Dari Tabel 3 dapat di gambarkan hubungan kuat geser batuan terhadap nilai JRC sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 11. Akibat kekasaran batuan yang besar dapat menyebabkan keruntuhan batuan pada saat *ground anchor* dibebani karena kuat geser yang terjadi saat *ground anchor* dibebani semakin tinggi.



Gambar 11. Grafik hubungan kuat geser terhadap nilai JRC batuan

Faktor keamanan

Faktor keamanan yang diukur adalah uji pembebanan yang dipisahkan oleh beban yang bekerja. Untuk *ground anchor* permanen, faktor keamanan ditentukan dari tegangan yang bekerja pada saat pembebanan 50% fpu dan tegangan *ground anchor* saat dibebani dengan beban maksimum yang menyebabkan

ground anchor gagal. Dari Tabel 5 diperoleh tegangan yang bekerja pada saat pembebanan 50% f_{pu} adalah 29,173 MPa, sehingga faktor keamanan yang diperoleh sebesar 1,85. Nilai faktor keamanan ini berada diatas faktor keamanan yang diukur untuk sebuah *ground anchor* permanen yaitu sebesar 1,5 sehingga dengan nilai faktor keamanan yang diperoleh dapat dinyatakan aman untuk mencegah keruntuhan dari *ground anchor* pada lokasi kajian. Dari kapasitas maksimum hasil uji *ground anchor* yaitu sebesar 54 MPa dengan faktor keamanan 1,85 sesuai dengan kondisi geologi daerah kajian.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

1. Kondisi geologi batuan di STA 1+ 280 atau KM. 461 + 480 terdiri dari batu gamping tidak lapuk dan sangat keras.
2. Kondisi batuan pada lokasi kajian dapat dipecahkan dengan metode *blasting* (peledakan).
3. Dari hasil penyelidikan geologi lokasi kajian diperoleh hasil kepadatan relatif, lapisan batuan dengan nilai N-SPT lebih besar dari 50 dimana kondisi batuan sangat padat.
4. Dari hasil pengeboran sepanjang 10 meter di ambil lima sampel untuk di uji laboratorium dan diperoleh nilai *compressive strength* minimal 51,10 MPa dan maksimum 103,89 MPa dengan nilai

JRC 2 sampai 20.

5. Dari hasil perhitungan RQD dapat diketahui kualitas batuan dimana *ground anchor* akan direncanakan. Pada titik lokasi kajian rata-rata 60,8% yang berarti kualitas batuannya adalah sedang.
6. Pada *cycle* 7 dilakukan pembebanan sebesar 80% UTS (*Ultimate Tensile Strength*) dan dipertahankan untuk melihat perpanjangan *strand* selama 15 menit pembebanan sebesar 80% UTS (*Ultimate Tensile Strength*) ini tetap dilanjutkan pada *cycle* terakhir (*cycle* 8) untuk melihat perpanjangan *strand* akhir.
7. *Ground anchor* putus pada saat uji diatas pembebanan 80% UTS (*Ultimate Tensile Strength*) yaitu pembebanan sampai 92,55% UTS (*Ultimate Tensile Strength*) atau sebesar 54 MPa.
8. Dari kapasitas maksimum hasil uji *ground anchor* yaitu sebesar 54 MPa dengan faktor keamanan 1,85 sesuai dengan kondisi geologi daerah kajian.

Saran

Pada penanganan pelebaran badan jalan pada lokasi dengan tebing terjal dan batuan berkualitas sedang dengan $JRC < 20$, ditujukan untuk mendapatkan lebar jalan yang memenuhi standar Bina Marga yang penanganannya dilakukan dengan metode kantilever. Disarankan juga untuk mengatasi persoalan-persoalan Rockfall yang mengancam keselamatan pengguna jalan, dengan metode penelitian yang berbasis pada kondisi setempat (*site condition*).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1996, Metode pengujian penetrasi dengan SPT Judul di revisi menjadi: Cara uji penetrasi lapangan dengan alat SPT, Puslitbang Sumber Daya Air, Bandung.
- Anonim, 2006, Peraturan Pemerintah No. 34 tahun 2006 tentang Jalan, Sekretariat Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim, 2014, Laporan Akhir Pekerjaan Pembangunan Jalan Kantilever, PPK-12, Banda Aceh.
- Barton, N.R. 1974. A review of the shear strength of filled discontinuities in rock.
- Barton, N.R.. and Choubey, V. 1977. The shear strength of rocks in theory and practice. *Rock Mech.* **10** (1-2), 1-54
- Barton, N.R. and Bandis, S.C 1982. Effects of block size on the shear behaviour of jointed rock. 23rd U.S. symp. on rock mechanics, Berkeley, 739-760
- Hausmann, Manfred R 1990. Engineering Principles of Ground Modification, McGraw-Hill Education, New York.
- Hool, George A., Johnson, Nathan Clarke 1920. Elements of Structural Theory – Definitions. Handbook of Building Construction. McGraw-Hill, New York.
- Munirwansyah, 2012. Mekanika Batuan Dasar. ISBN: 979-99701-0-5. Bandung.
- Murthy, V.N.S 2003. Geotechnical Engineering : principles and practices of soil mechanics and foundation engineering.
- Noor, Djauhari 2009. Pengantar Geologi. Buku Pegangan Mahasiswa Program Studi Teknik Geologi – Universitas Pakuan, Edisi pertama.
- Palmstrom, A 1995. Rmi – a System for Characterizing Rock Mass Strength for Use in Rock Engineering, *J. of Rock Mech. & Tunnelling Tech*, vol 1 no 2.
- Patton, F.D. 1966. Multiple modes of shear failure in rock. *Proc. 1st Congr. Int. Soc. Rock Mech.*, Lisbon **1**, 509-513.
- Sabatini, P.S, Pass, D.G & Bachus, R.C 1999. Geotechnical Engineering Circular No. 4, Ground Anchors and Anchored Systems, Technical Manual.
- Singh, Bhawani and Goel, R.K 2011. Engineering Rock Mass Classification : Tunneling, Foundations, and Landslides.
- SNI 4153 -2008 cara uji penetrasi lapangan dengan N – SPT
- Wiley, Duncan C. and Mah, Christopher W 2004. Rock Slope Engineering, 4th edition, London.