

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Definisi *Limestone*

Limestone atau batu gamping adalah batuan sedimen karbonat yang terbentuk dari sedimentasi hewan dan tumbuhan karang. Kenampakan struktur luar batuan ini berwarna putih kotor, putih keabu-abuan. Untuk *limestone* yang masih muda sering dijumpai struktur fosil hewan atau tumbuhan karang (*koral*) karena proses litifikasi (pembatuan) yang belum sempurna. Meski secara genesa terbentuk dari laut, namun karena proses pergerakan kulit bumi, sering dijumpai endapan *limestone* yang sudah berjarak puluhan kilometer dari pantai. Berat jenis *limestone* insitu (*bank*) berkisar antara 2.2 – 2.4 ton/Bcm, sedangkan berat jenis *loose* berkisar antara 1.5 – 1.8 ton/lcm. Rumus kimia *limestone* adalah CaCO_3 . Adapun siklus pengendapan batu pasir (*limestone*) di daerah penelitian sebagai berikut :

Siklus pengendapan di wilayah penelitian dan sekitarnya, dimulai dari pengendapan batuan sedimen klastik yang termasuk kelompok kembelangan pada zaman Jura hingga Kapur. Bahan-bahan klastik ini diperkirakan berasal dari rombakan batuan sedimen berumur Paleozoikum dan Trias dari daratan Australia yang terletak disebelah selatan. Bahan-bahan klastika yang berukuran halus diendapkan di dalam lingkungan paparan laut dangkal dan yang berukuran kasar, diendapkan dalam lingkungan dekat pantai (Quarless van Ufford, 1996). Adapun penciri dari formasi yang termasuk dalam kelompok Kembelangan pada daerah pelitian antara lain:

1. Batu *Limestone* Karbonatan; TK1-Tk4 (*Tertiary kais* 1-4), Ts (*Tertier Sirga*), Tf (*Tertier Faumai*); ketiga formasi diatas merupakan satuan batuan sedimen

yang kaya akan kandungan karbonatan dan juga *fossil foram* dan *milliolid*. Karakteristik satuan batuan sedimen ini adalah bervariasi, warna gelap-abu-abu, ukuran butir halus-sedang, tekstur batuan tersebut mengandung jenis-jenis fosil foram dan milliolid, dipotong oleh *vein calcite* dan beberapa laminasi. Kadang satuan batuan ini mengalami alterasi (ubahan) menjadi *marble* dan *eksoskarn* jika kontak langsung dengan satuan batuan intrusi yang membawa larutan hydrothermal dan mineralisasi. Ada sebagian satuan batuan ini yang mengandung *ore*, namun hanya setempat di area Grasberg Block Cave (GBC). Letak beberapa formasi ini adalah dari barat ke timur. Ketebalan dari litologi untuk TK \pm 1100 m, Ts \pm 40 m, Tf \pm 300m, satuan batuan dalam beberapa formasi ini terbentuk dan terendapkan pada dangkal (Robinson et al, 1988 dalam Quarless van Ufford, 1996).

2. Batuan sedimen dolomite (TW/Tertier Waripi); pada formasi ini tersusun oleh satuan batuan sedimen yang terdiri dari dolomite, *marble*, *limestone*, batupasir kuarsa, jenis batuan sedimen ini telah mengalami *alterasi hydrothermal* (ubahan) yang kuat, sehingga komposisi kimia yang terkandungpun berubah ($\text{CaCO}_3 - \text{CaMg} - \text{SiO}_2$). Beberapa satuan batuan ini tergolong mengandung *ore* (biji) yang bernilai ekonomis karena banyak kontak langsung dengan larutan hydrothermal yang membawa *ore*. Pada umumnya satuan batuan ini agak susah untuk membedakan tekstur batuan tersebut karena telah teralterasi (terubah) dengan sangat kuat. Letak beberapa formasi ini adalah dari barat ke timur. Ketebalan dari litologi untuk Tw \pm 350 m, satuan batuan dalam beberapa formasi ini terbentuk dan terendapkan pada dangkal (Robinson et al, 1988 dalam Quarless van Ufford, 1996).

3. Serpih Ekmai (Kkeh); Hornfels Biotit – Piroksen banyak terbentuk pada asal anggota serpih formasi Batugamping Ekmai dimana ketebalan dari litologi serpih ini ± 4 m, yang merupakan pengendapan laut dangkal (Suwardi & Margotomo, 1998) lingkungan bathimetri Netrik Marine outer shelf slope dengan umur Kapur Akhir 68 – 65 Ma (referensi data Departemen Geologi PT. FI). Batuan ini tidak dijumpai pada lintasan pemetaan, tetapi berdasarkan data pemboran yang telah dilakukan sebelumnya. Komposisi mineral berdasarkan deskripsi megaskopis terdiri dari mineral Karbonat (CaCO_3); mineral non karbonat Biotit (K, Mg, Fe, Al, K, OH),.
4. Batugamping Ekmai *Limestone* (Kkel) Satuan batugamping Ekmai dengan wilayah penyebaran pada daerah telitian memanjang dari barat ke timur. Ketebalan dari litologi ini ± 100 m, merupakan pengendapan laut dangkal (Robinson et al, 1988 dalam Quarless van Ufford, 1996) di lingkungan *bathimetri neritik Marine Slope* dengan umur Kapur Akhir 75 – 68 Ma (referensi data Departemen Geologi PT. FI). Batuan ini tidak dijumpai pada lintasan pemetaan, tapi berdasarkan data pemboran yang telah dilakukan sebelumnya. Komposisi mineral berdasarkan deskripsi megaskopis terdiri dari mineral Karbonat (CaCO_3) dan Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).
5. Batu pasir kuarsa ekmai (Kkes); satuan batupasir kuarsa ekmai tersebar memanjang dari barat ke timur. Ketebalan dari litologi ini ± 500 m, merupakan pengendapan laut dangkal (Robinson et al, 1998 dalam Quarless van Ufford, 1996). Batu Kapur Akhir (96 – 75 Ma), (referansi data Departemen Geologi PTFI). Komposisi mineral berdasarkan deskripsi megaskopis terdiri dari mineral silika kuarsa (SiO_2), mineral karbonat (CaCO_3). Sedangkan kehadiran Pirit (FeS_2) dan Kalkopirit (CuFeS_2) ditemukan secara setempat (*patchy*) pada tubuh batuan.

6. Cara membedakan *limestone* dengan batuan lain yaitu dilihat secara deskripsi megaskopis dan kimiawi dengan pengujian karbonatan menggunakan larutan HCl, jika batuan tersebut bereaksi dengan HCl maka dapat diindikasikan batuan *limestone* karbonatan, secara fisik *limestone* dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Sumber: *Limestone* Karbonatan TK1-Tk4 (Tertiary kais 1-4) dan Batugamping Ekmai

Gambar 3.1
Limestone

3.2 Shotcrete

Shotcrete adalah aplikasi mesin penyemprot beton yang ditemukan pada tahun 1910 oleh Carl Ethan Akeley (1864-1926). Kemudian berkembang dengan berbagai metode dan aplikasi baru seperti saat ini. *Shotcrete* memiliki banyak spesifikasi dan metode penggunaan, sesuai dengan kebutuhan pekerjaan, lokasi pekerjaan, waktu dan durasi pekerjaan, dan faktor lainnya. (Jeffry Franky Tumatar, 2009).

Shotcrete secara umum adalah campuran antara semen, agregat, air, *fiber* plastik atau baja, dan *additive* ataupun *admixture* yang disemprotkan dengan menggunakan udara bertekanan tinggi. Kata shot/tembak di sini berarti disemprotkan dengan udara bertekanan tinggi sekitar 6000 Psi. Tekanan tinggi diperlukan untuk dapat menyemprotkan beton dengan berbagai macam

campurannya yang sangat liat menggumpal dan keras. Campuran *shotcrete* dirancang untuk segera bereaksi sesaat setelah semua bahan dicampur dalam mesin pengaduk. Menurut SNI 03-6811-2002 tingkatan campuran tambahan untuk *shotcrete* dibuat berdasarkan salah satu dari 2 metode berikut ini:

3.2.1 Metode Dry-Mix Shotcrete

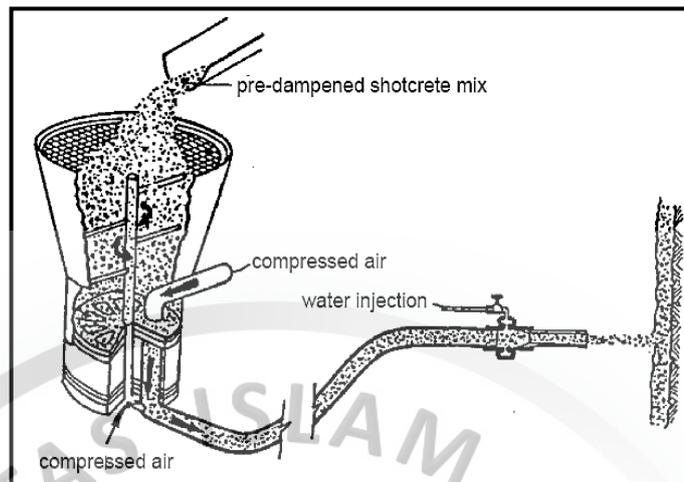
Pada sistem dry-mix atau sering disebut juga guniting campuran yang dimasukkan dalam mesin berupa campuran kering dan tercampur dengan air di ujung selang, sehingga mutu dari beton yang ditembakkan sangat tergantung pada keahlian tenaga yang memegang selang yang mengatur jumlah air. Pada sistem ini sangat mudah dalam perawatan mesin *shotcrete*-nya, karena tidak pernah terjadi *blocking*.

Keuntungan dari *dry mix shotcrete*:

1. Peralatan ringan, produksi dapat dihentikan seketika tanpa menyebabkan kehilangan material.
2. Lebih mudah dibersihkan.
3. Memungkinkan jika kegiatan transportasi yang digunakan cukup panjang atau perbedaan elevasinya cukup tinggi.

Kerugian dari *dry mix shotcrete*:

1. Konsumsi udara bertekanan tinggi.
2. Rebound tinggi, terutama jika menggunakan *fiber*.
3. Debu yang dihasilkan banyak, akibatnya buruk bagi kesehatan.



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.2
Dry Shotcrete



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.3
Foto Dry Shotcrete

3.2.2 Metode Wet-Mix Shotcrete

Pada sistem wet-mix, campuran yang dimasukkan dalam mesin berupa campuran basah, sehingga mutu beton yang ditembakkan lebih seragam. Tapi sistem ini memerlukan perawatan mesin yang tinggi, apalagi bila sampai terjadi 'blocking'.

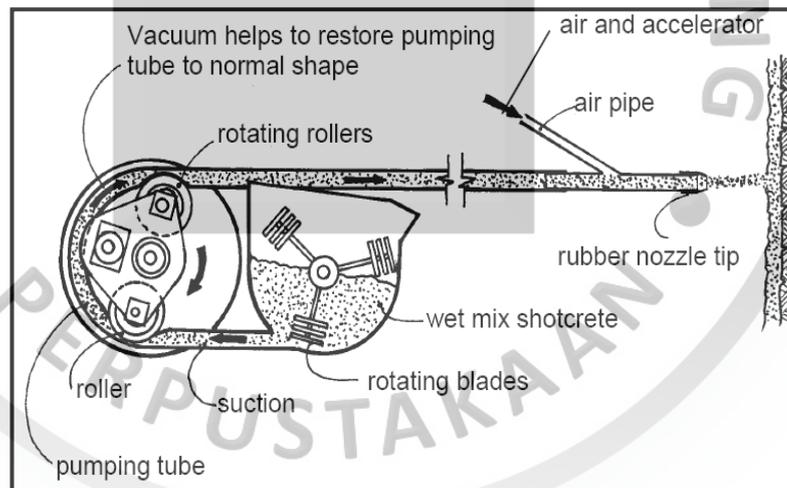
Pada metode *shotcrete*, umumnya digunakan *additive* untuk mempercepat pengeringan (*accelerator*), dengan tujuan mempercepat pengerasan dan mengurangi terjadinya banyaknya bahan yang terpantul dan jatuh (*rebound*).

Keuntungan dari *wet mix shotcrete*:

1. Proporsi campuran lebih mudah dikontrol dengan tepat dan akurat.
2. Kapasitas tinggi.
3. Rebound rendah.
4. Cocok jika menggunakan *plastic fiber*.
5. Debu yang dihasilkan rendah.

Kerugian dari *wet mix shotcrete*:

1. Peralatan yang digunakan berukuran besar dan harganya mahal.
2. Sensitif terhadap material-material campuran.



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.4
Wet Shotcrete



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.5
Foto Wet Shotcrete

3.3 Bahan Dasar Shotcrete

Beton adalah susunan dari 3 bahan, semen, agregat, dan air. Untuk pengembangan properti potensi penerapan, dengan mudah bisa menjadi susunan dari 5 komponen, menghasilkan interaksi yang rumit, terutama dikombinasikan dengan penerapan parameter untuk beton yang di semprot. Oleh karena itu penting dengan beton yang disemprot untuk tidak mengubah terlalu banyak parameter pada saat yang sama selama fase pengujian. Hanya solusi yang tepat secara teknis dan ekonomis yang dapat memuaskan semua orang.

3.3.1 Semen

Semen dalam campuran beton yang disemprotkan bertindak sebagai lem yang mengikat dan melekatkan partikel partikel secara bersamaan melalui kandungan semen. Semen juga adalah pengiriman pertama untuk beton yang di semprotkan. Semen adalah pengaturan hidrolis dan oleh karena itu sebagian bertanggung jawab untuk sifat mekanik dari beton yang ditetapkan. Bagaimanapun, di sini ada persyaratan atas pokok tambahan dan atas penggunaannya dalam

struktur beton. Semen beton yang disemprot harus selalu memulai dan untuk menyusun sangat cepat dan memberikan kekuatan awal yang sangat tinggi. Semen yang tidak bereaksi dengan baik ketika dikombinasikan dengan pengaturan alat akselerator atau pencampuran reaksi lambat dalam penggabungan semen tidak terlalu cocok untuk stabilisasi beton semprot.

3.3.2 Agregat

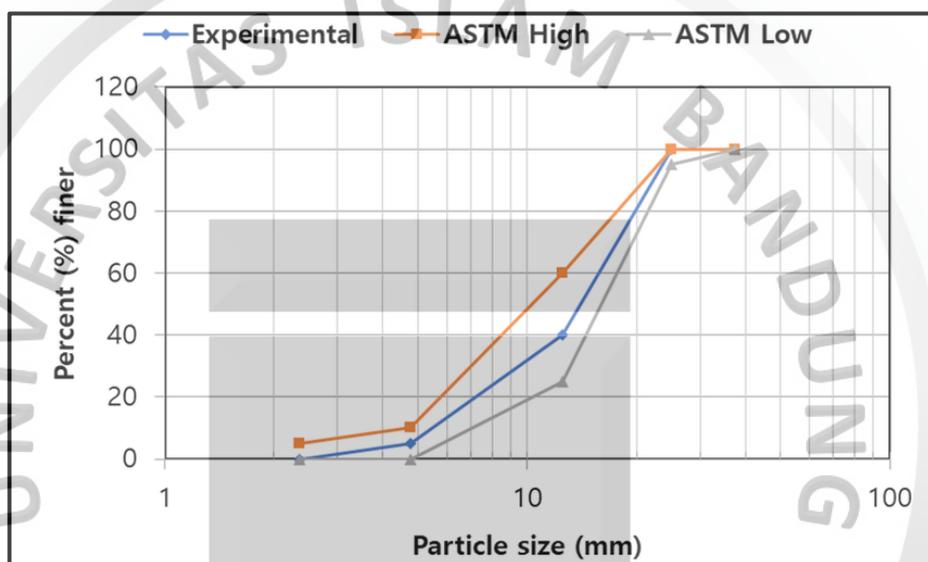
Untuk semua beton khusus, kualitas agregat sangat penting untuk beton segar dan juga untuk produk yang mengeras. Sangat penting bahwa distribusi ukuran butir dan karakteristik lainnya hanya menunjukkan variasi kecil. yang paling penting adalah jumlah dan karakteristik berbeda, yaitu distribusi ukuran butiran dan analisis ukuran butir. Namun, tidak relevan untuk berbicara tentang pilihan agregat, karena biasanya bahan yang tersedia harus digunakan dan resep harus disesuaikan dengannya. Namun demikian, untuk penyemprotan campuran basah, kriteria berikut harus diperhatikan:

1. Diameter maksimum: 8–10 mm. Ini karena keterbatasan dalam memompa peralatan dan untuk menghindari terlalu banyak rebound loss.
2. Saringan butiran juga sangat penting, khususnya bagian bawahnya. Kandungan bahan halus dalam ukuran ayakan 0,125 mm harus minimal 4-5% dan tidak lebih tinggi dari 8–9%.
3. Terlalu sedikit material yang baik menimbulkan segregasi, pelumasan dan resiko buruk tersumbat. Namun, dalam kasus beton serat, kelebihan material halus adalah penting, baik untuk pemompaan dan pemadatan. Kandungan bahan halus yang tinggi akan menghasilkan beton kental.

Karena margin dalam keranjang saringan relatif kecil, mungkin akan lebih mudah untuk menggabungkan dua atau lebih fraksi, mis. 0–2, 2–4 dan 4–8 mm, dengan menyesuaikan proporsi di antara mereka, untuk membuat kurva ayakan

yang sesuai dalam batas kurva ideal. Terlalu sedikit material halus akan dikompensasikan dengan menggunakan lebih banyak semen atau *microsilica*. Terlalu banyak bahan halus terutama dikompensasikan dengan meningkatkan dosis *admixture*s pengurangan air.

Kurva distribusi ukuran butir untuk agregat harus jatuh dalam area bergaris pada gambar dibawah ini (lihat Gambar 3.6).



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.6
Grafik Distribusi Ukuran Agregat

3.3.3 Air

Air merupakan bahan yang sangat penting dalam penggunaan *shotcrete fiber*, karena air berfungsi untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan *shotcrete fiber*. Syarat umum air untuk campuran *shotcrete fiber* harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak *shotcrete* dan menggunakan air dengan tingkat keasaman normal (pH 6 – 8). ASTM D 1293 95 standard *test methods for pH water*.

3.3.4 Bahan Tambahan (Chemical Admixture)

Menurut SK SNI S-18-1990: bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu, dengan tujuan untuk merubah beberapa sifatnya (Tjokrodimuljo, 1996:47).

Jenis bahan tambah menurut standar ASTM. C. 494 (1995: .254) & pedoman beton 1989 SKBI .1.4.53.1989

(Ulasan pedoman beton 1989: 29), terdapat 7 jenis bahan tambah kimia, yaitu (Nugraha & Antoni, 2007:84):

1. Jenis A - mengurangi air (Water Reducer)
2. Jenis B - memperlambat pengikatan (Retarder)
3. Jenis C - mempercepat pengikatan (Accelerator)
4. Jenis D - A+B (Water Reducer & Retarder)
5. Jenis E - A+C (Water Reducer & Accelerator)
6. Jenis F- superplasticizer (Water Reducer & High Range)
7. Jenis G - water reducer & high range & retarder



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.7
Master Glenium Sky 270 & Delvocrete 930 Stabilizer

3.3.5 Fiber

Shotcrete fiber adalah material yang lemah terhadap tarikan. Pada prosesnya peningkatan *shotcrete* dapat diperoleh dengan menggunakan *fiber*. *Fiber* berguna untuk menambah daya kekuatan *shotcrete* terutama terhadap tension strength. Selain itu, dengan *fiber* maka ketahanan *shotcrete* meningkat. Penggunaan *fiber* dalam 1 m³ bervariasi, kurang lebih 6 kg (*plastic fiber*) atau *steel fiber* (40 kg) yang diperlukan per-m³ *shotcrete*. *Shotcrete* yang dicampur dengan *fiber* dapat diaplikasikan pada terowongan, karena dapat menggantikan screen. Tipe *fiber* antara lain *plastic fiber*, *steel fiber*, *glass fiber* dan karbon.

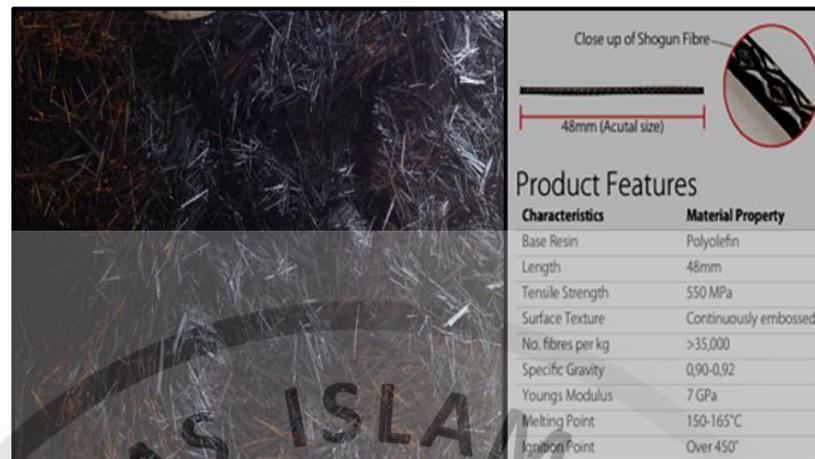
Pengelompokan tipe *shotcrete* jika dilihat dari digunakan atau tidaknya *fiber*, dibedakan menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut:

1. *Fiber Shotcrete*

Fibershotcrete merupakan *shotcrete* yang menggunakan *plastic fiber* sebagai bahan tambahan. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan *shotcrete* dan ketebalan penyemprotan. Pencampuran *plastic fiber* ini dilakukan dalam proses *mixing* dan *batching* di *batch plant* bersamaan dengan material lainnya.

2. *Plain Shotcrete*

Plain shotcrete merupakan *shotcrete* yang dalam proses mixing-nya tidak menggunakan *fiber* sebagai bahan campuran. Dalam proses penyemprotan di lapangan, ketebalan penyemprotan dari *plain shotcrete* biasanya lebih tebal dibandingkan dengan *shotcrete* yang menggunakan campuran *fiber*.



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.8
Fiber Plastic

3.3.6 Mix Design Shotcrete fiber 40 MPa

Untuk melakukan suatu pencampuran *shotcrete* di *Batch plant* adapun Mix Design yang dikeluarkan oleh departemen UG *engineering QAQC* untuk menjadi parameter dalam pencampuran *shotcrete fiber* 40MPa sebagai berikut :

Tabel 3.1
Mix Design Shotcrete 40 MPa

Design Mixing	
Material	Volume: 1m ³
Cement (kg)	550
Sand (kg)	1500
Water (ltr)	230
Fiber (kg)	6
Delvocrete 930	2000
Glenium 270B	5000
AC Ampere	29
W/C	0.44-0.45
Moisture Aggregate	

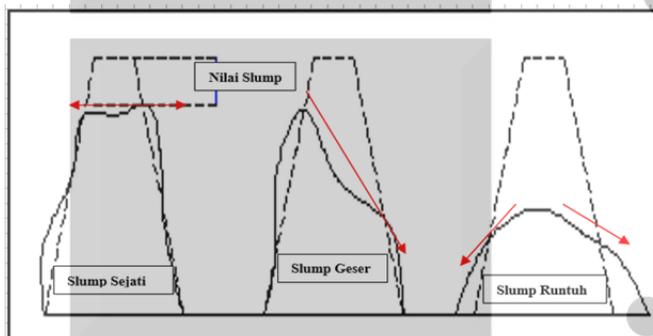
Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

3.4 Pengujian

3.4.1 Pengujian *Slump*

Slump (SNI 03-1972-1990) menunjukkan *consistency* dari *shotcrete* yaitu merupakan sifat *plasticity* dan kemampuan mengalir dalam pipa saat disemprotkan (Lihat Gambar 3.9). Sifat *plasticity* dari campuran *shotcrete* tersebut harus tetap dijaga sampai saat penyemprotan. Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang indentik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis *shotcrete*. Semakin palstis beton semakin mudah pengerjaannya.

Ada tiga jenis *slump* yaitu *slump* sejati, *slump* geser dan *slump* runtuh. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat Gambar di bawah ini:



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar.3.9
Jenis-jenis *Slump*

Untuk mendapatkan hasil *shotcrete* yang baik maka nilai *slump* yang harus dimiliki oleh *shotcrete* di *batch plant* adalah 8 – 9 inchi.

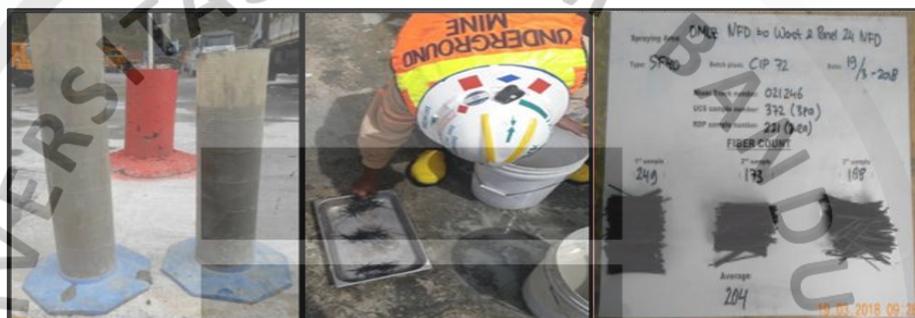


Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3. 10
Pengukuran *Slump Test Batch plant*

3.4.2 Counting Fiber

Pengujian *fiber counting* bertujuan untuk mengetahui jumlah *fiber* yang digunakan dalam 1 m³ campuran *shotcrete*. Penggunaan *fiber* dalam 1 m³ bervariasi, kurang lebih 6 kg (*plastic fibre*) per-m³*shotcrete*. Jumlah *fiber* yang digunakan berdasarkan *mix designs UG engineering QAQC* sebanyak 179 liter untuk 5 kg/m³. Pengujian-pengujian sampai diperoleh kekuatan dan kualitas *shotcrete* yang diinginkan sesuai SOP jumlah air dalam pencampuran bahan *shotcrete*.



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.11
Fiber Counting

Untuk mengetahui jumlah *fiber* dalam 1 m³*shotcrete*, maka perlu dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali dan selanjutnya dicari nilai rata – ratanya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FC = (F1 + F2 + F3) / 3$$

Keterangan:

FC = *Fiber Counting*

F1 = Jumlah *Fiber*

F2 = Jumlah *Fiber*

F3 = Jumlah *Fiber*

3.4.3 Pengujian Agregat Kasar Untuk Beton Cara Uji Butiran Pipih dan Panjang (*Frakinees Index*)

Maksud dari pengujian ini adalah memperoleh prosentase banyaknya butiran yang pipih dan panjang dalam suatu kumpulan agregat, dengan membandingkan antara jumlah berat butiran yang pipih dan panjang dengan jumlah berat total butiran dalam satu atau lebih fraksi agregat dan dapat di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$P = [(W2 / W1)] \times 100$$

Dimana:

P = Prosentase butiran yang pipih dan panjang untuk masing-masing fraksi (%)

W1 = Berat awal benda uji (gram)

W2 = Berat butiran yang pipih dan panjang (gram)

3.4.4 Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angles

$$Keausan = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Keterangan

A = Berat contoh uji semula (gram)

B = Berat contoh uji tertahan saringan No. 12 (gram)

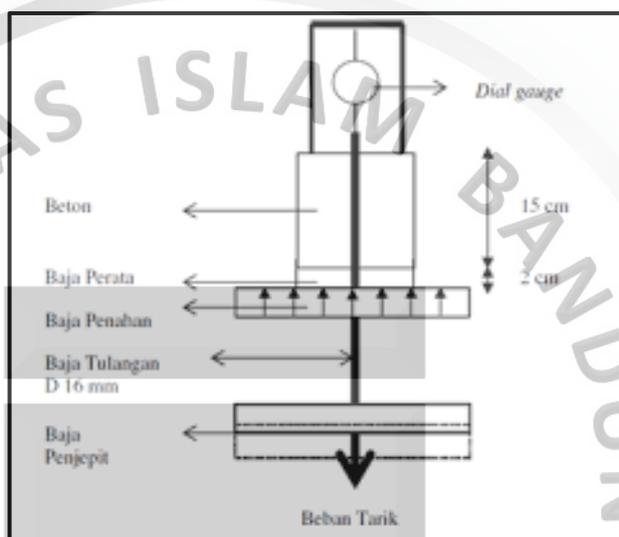
3.4.5 Uji Kuat Tekan Uniaksial (UCS)

Penekanan uniaksial terhadap contoh batuan silinder merupakan uji sifat mekanik yang paling umum digunakan. Uji kuat tekan uniaksial dilakukan untuk menentukan kuat tekan batuan (σ), Modulus Young (E), Nisbah Poisson (ν), dan kurva tegangan-regangan. Contoh batuan berbentuk silinder ditekan atau dibebani sampai runtuh. Perbandingan antara tinggi dan diameter contoh silinder yang umum digunakan adalah 2 sampai 2,5 dengan luas permukaan pembebanan yang datar,

halus dan paralel tegak lurus terhadap sumbu aksis contoh batuan. Dari hasil pengujian akan didapat beberapa data seperti:

1. Kuat Tekan Batuan (σ_c)

Tujuan utama uji kuat tekan uniaksial adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari contoh batuan.

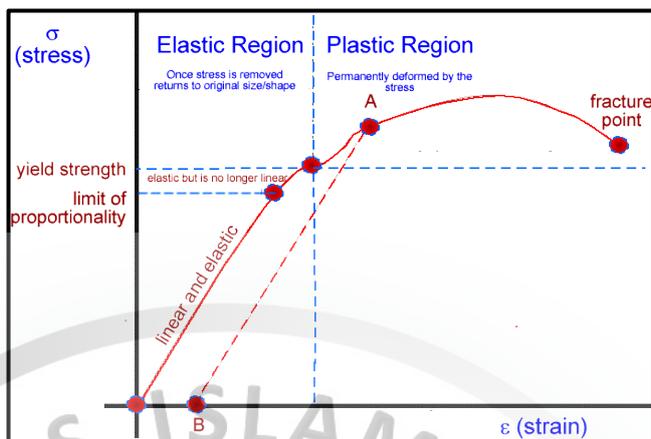


Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.12
Uji Kuat Tekan

2. Modulus Young (E)

Modulus Young atau modulus elastisitas merupakan faktor penting dalam mengevaluasi deformasi batuan pada kondisi pembebanan yang bervariasi. Nilai modulus elastisitas batuan bervariasi dari satu contoh batuan dari satu daerah geologi ke daerah geologi lainnya karena adanya perbedaan dalam hal formasi batuan dan genesa atau mineral pembentuknya. Modulus elastisitas dipengaruhi oleh tipe batuan, porositas, ukuran partikel, dan kandungan air. Modulus elastisitas akan lebih besar nilainya apabila diukur tegak lurus perlapisan daripada diukur sejajar arah perlapisan (Jumikis, 1979).

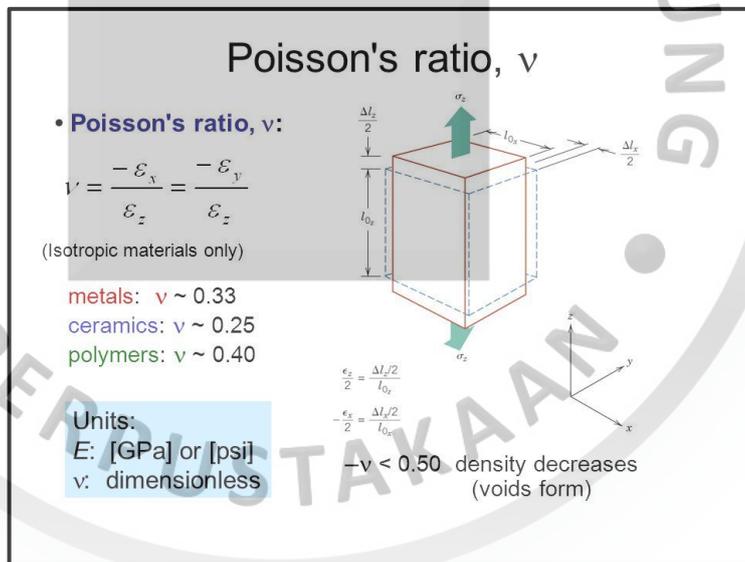


Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.13
Modulus Young

3. Poisson's ratio

Poisson's ratio merupakan suatu perbandingan antara regangan lateral dengan regangan aksial yang dihitung pada 50% tegangan maksimum (σE).



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.14
Poisson's Ratio

3.4.6 Penyerapan Energi (Energy Absorption)

Untuk mengembangkan sistem pengujian penggunaan lapangan portabel untuk melakukan uji panel bulat- bulat ASTM- 1550-05. Sistem uji dapat digunakan di lokasi tambang untuk memperoleh kekuatan ketangguhan *shotcrete* yang diperlukan untuk menentukan persyaratan dukungan untuk pembukaan tambang

bawah tanah, meminimalkan jatuhnya tanah, dan mengurangi insiden jatuh atap tambang. Ketika *shotcrete* digunakan sebagai bagian dari sistem pendukung tanah di pertambangan, penting untuk mengetahui kekuatan *shotcrete* yang ditempatkan. Uji sample RDP dikembangkan untuk mengukur ketahanan terhadap ke gagalannya penyerapan energi dan ketangguhan *shotcrete* diperkuat serat. Retakan tegangan yang dihasilkan oleh RDP mewakili jenis kegagalan yang diamati di terowongan bawah tanah dan penambangan ada dua nilai desain yang di peroleh dari RDP (beban dan energi). Kedua nilai ini digunakan saat mendesain kontrol tanah untuk bukaan bawah tanah. Dalam sistem pembuatan sampel RDP terbagi menjadi dua metode yaitu :

1. Pembuatan sample RDP secara casting itu sampel RDP ini dapat dilakukan langsung di batch plan dengan cara dituang *shotcrete* dari gerobak kedalam cincin- cincin cetakan baja RDP setelah itu diratakan berukuran 75x800 mm (3x31.5 inci). Permukaan atas setiap sample RDP diratakan dengan screed dan toleransi kerataan dalam 5 mm (0.2). Setiap sampel harus diukur antara 70 hingga 80mm (2,75-3,5-in) dengan diameter, dengan faktor koreksi tersedia untuk varians. Dua sampel biasanya dibuat untuk setiap interval pengujian, dan test biasanya dilakukan setelah sampel RDP berumur 28 hari.



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.15
Casting RDP Sample

2. Pembuatan sampel secara *spraying* ini dapat dilakukan di *tunnel* pada saat *Spraying shotcrete* berlangsung di lapangan dengan ukuran sampel panel bundar dibentuk dengan penyemprotkan *shotcrete* ke dalam cincin-cincin cetakan berukuran 75x800mm (3x31.5inci). Permukaan atas setiap sample RDP diratakan dengan *screed* dan toleransi kerataan dalam 5 mm. Setiap sampel harus diukur antara 70 hingga 80mm (2,75-3,5-in) dengan diameter, dengan faktor koreksi tersedia untuk varians. Tiga sampel biasanya dibuat untuk setiap interval pengujian, dan *test* biasanya dilakukan setelah sampel RDP berumur 28 hari.



Sumber: Document PT. Freeport Indonesia

Gambar 3.16

Spraying Shotcrete RDP Sample