

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Teknologi Perbaikan Tanah (Ground Improvement)**

Menurut SNI 8460:2017 perbaikan tanah dilakukan untuk meningkatkan karakteristik tanah secara permanen dan memiliki karakteristik kompresibilitas (penurunan yang disebabkan oleh beban di atasnya), permeabilitas, daya dukung, dan atau ketahanan likuifaksi (perubahan material padat) sesuai yang diharapkan. Perbaikan tanah diperlukan jika ditemukan setidaknya dalam salah satu hal diantara beberapa hal sebagai berikut:

1. Tanah berpotensi likuifaksi.
2. Tanah berpotensi mengalami penyebaran.
3. Terdapat potensi perbedaan *settlement* yang sangat besar.
4. Terdapat potensi *settlement* total yang tidak dapat ditoleransi.

Perbaikan tanah yang akan dilakukan di proyek ini dibedakan menjadi 2 area, yaitu area *settlement* (ST) dan area MSE *Wall*. Metode perbaikan tanah (*ground improvement*) yang digunakan dalam Proyek Pembangunan Bandara Internasional Dhoho Kediri, Jawa Timur ada beberapa jenis, diantaranya yaitu *bored pile* (*soldier pile*, *raised pile*, dan CFG) dan *stone column*. Pada area *settlement* menggunakan *stone column* sedangkan pada area MSE *Wall* menggunakan perbaikan tanah *bored pile* (*soldier pile* dan *raised*) dan perkuatan tanah berupa CFG.

#### **2.1.1 Pekerjaan Timbunan**

Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2018 menyatakan bahwa pekerjaan tanah mencakup penggalian, penimbunan, pembuangan atau penumpukan tanah atau batu atau bahan lain dalam sebuah pekerjaan konstruksi. Sesuai spesifikasi material timbunan dan pemadatan

pada Proyek Bandara Internasional Dhoho Kediri bahwa material yang digunakan dibagi menjadi dua jenis, yaitu timbunan dengan material butir halus (*fine grained material*) dan timbunan dengan material butir kasar (*coarse grained material*).

Penjelasan mengenai material timbunan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Timbunan dengan Material Butir Halus (*Fine Grained Material*)

Timbunan dengan material butir halus (*fine grained material*) merupakan timbunan dengan tinggi timbunan maksimal sekitar 6 meter atau sesuai gambar kerja. Material butir halus menurut SNI-03-6797-2000 atau dikategorikan sebagai CH menurut “*Unified* atau *Casagrande Soil Classification System*” diklasifikasikan A-7-6 yang memiliki nilai plastisitasnya tinggi yaitu minimal 11. Tanah dengan nilai plastisitas yang tinggi hanya dapat digunakan pada dasar timbunan atau pada urugan kembali yang memiliki kekuatan geser tinggi atau tidak memerlukan daya dukung. Pada lapisan langsung di bawah dasar perkerasan setebal 30 cm tidak boleh menggunakan tanah dengan nilai plastisitas yang tinggi. Nilai CBR yang harus dimiliki saat diuji dengan SNI 1744:2012 (contoh tanah yang digunakan dalam CBR laboratorium setelah 4 hari perendaman (*swelling*) saat dipadatkan 100% berat kering maksimum (MDD) dari *Standard Proctor* (SP) sesuai ketentuan SNI 1742:2008) tidak kurang dari 6 % (Spesifikasi Material Timbunan dan Pematatan, Dhoho *Airport* Kediri).

Dalam pemilihan bahan timbunan zona homogen, batas atas dan bawah dari indeks plastisitas atau batas plastis dilakukan agar lempung dengan plastisitas tinggi yang cukup sulit dipadatkan dapat dihindari untuk digunakan sebagai bahan timbunan. Tanah dengan plastisitas rendah tidak dapat digunakan untuk timbunan zona homogen. Untuk spesifikasinya nilai *Liquid Limit* (LL) dan *Indeks Plastis*

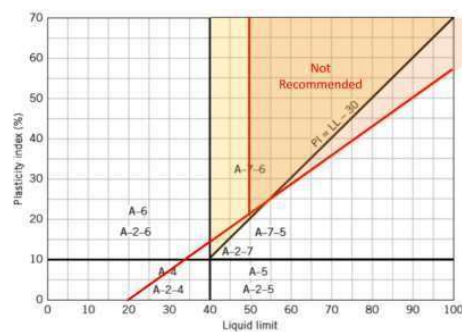
(IP) masing-masing tidak boleh lebih dari 50 dan 25% (Spesifikasi Material Timbunan dan Pemadatan, Dhoho Airport Kediri).

Bahan galian tanah dengan sifat-sifat berikut tidak dapat digunakan sebagai bahan untuk timbunan biasa.

- a. Tanah yang mengandung organik seperti sampah, rumput-rumputan, daun-daunan, akar, dan tanah seperti tanah OL, OH dan Pt dalam sistem USCS.
- b. Tanah yang memiliki nilai kadar air optimum +1% atau tanah yang mempunyai kadar alamiah yang sangat tinggi dan sulit dikeringkan sehingga tidak memenuhi toleransi kadar air pada pemadatan.
- c. Tanah ekspansif yang termasuk dalam klasifikasi *Van Der Merwe* dan memiliki sifat kembang dan susut yang tinggi dan sangat tinggi, serta memiliki sifat kandungan Na-Montmorillonite yang dominan dan/atau Indeks Plastis (IP) lebih dari 55% atau Batas Cair/*Liquid Limit* (LL) lebih besar dari 50.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.1**, **Gambar 2.2** dan pada

**Tabel 2.1** di bawah.

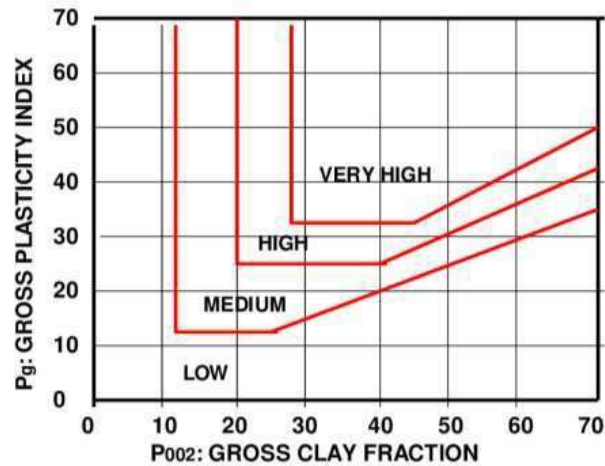


**Gambar 2.1** AASHTO Classification of Silt and Clay Within the Plasticity Chart  
Sumber: Spesifikasi Material Timbunan dan Pemadatan, Dhoho Airport Kediri

**Tabel 2. 1** Kolerasi Tingkat Keaktifan Dengan Potensi Pengembangan

Tingkat Keaktifan	Potensi Pengembangan
< 0,75	Tidak Aktif
0,75 – 1,25	Normal
> 1,25	Aktif

Sumber: Spesifikasi Material Timbunan dan Pematatan, Dhoho Airport Kediri



**Gambar 2. 2** Characterization of Swell Potential from Clay-Size Fraction and Plasticity index

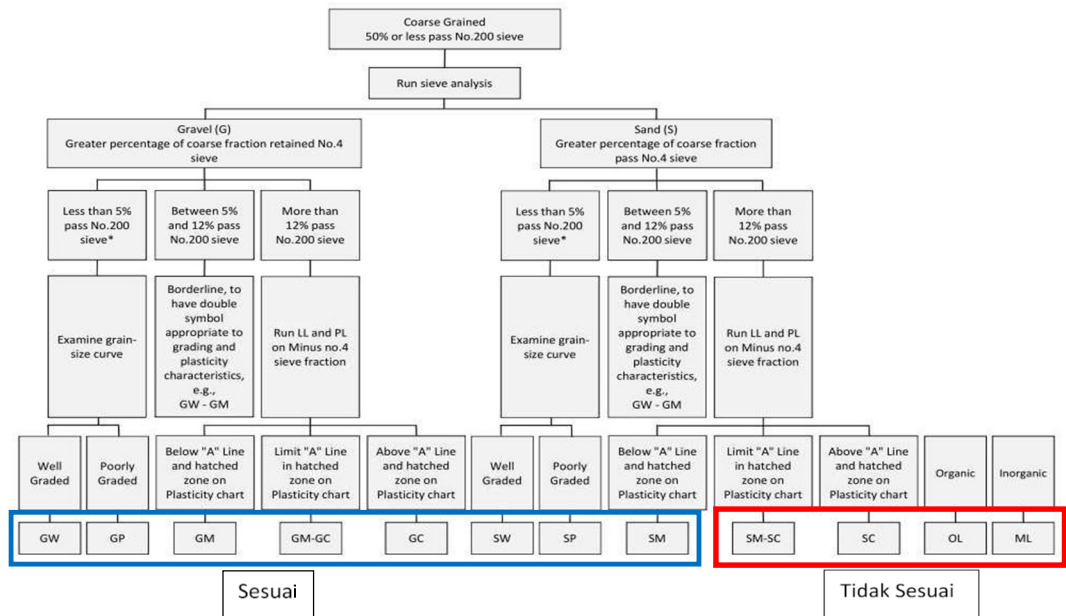
Sumber: Spesifikasi Material Timbunan dan Pematatan, Dhoho Airport Kediri

2. Timbunan dengan Material Butir Kasar (*Coarse Grained Material*)

Timbunan dengan material butir kasar (*Coarse Grained Material*) merupakan timbunan untuk area *culvert* dan *subgrade* tepat di bawah perkerasan *runway*, *taxiway* maupun apron sesuai gambar kerja. Timbunan dengan material butir kasar harus memiliki karakteristik timbunan tertentu sesuai dengan ketentuan yang sudah disetujui dan sesuai dengan penggunaannya. Menurut SNI 1744:2012, nilai CBR yang harus dimiliki paling sedikit adalah 10% setelah 4 hari perendaman (*swelling*) bila dipadatkan sampai 100% kepadatan kering maksimum (MDD) dan *Modified Proctor* (MP) sesuai dengan SNI 1743:2008.

Pasir alam, kerikil, batu pecah, batu urugan, atau campuran yang baik dari bahan tersebut dengan kadar tidak menerus dan Indeks Plastis maksimum 10%, seperti jenis tanah SM, SP, SW, GM, GC, GP, dan GW harus digunakan untuk area

culvert dan subgrade di bawah perkerasan. **Gambar 2.3** menunjukkan diagram dari gradasi timbunan berbutir kasar.



**Gambar 2.3** Unified Soil Classification System (UCSC)

Sumber: Spesifikasi Material Timbunan dan Pemadatan, Dhoho Airport Kediri

Pengujian Atterberg harus dilakukan untuk mengetahui nilai *Plastic Limit* (PL) dan *Liquid Limit* (LL), jika hasil saringan menunjukkan lebih dari 12% lolos saringan No.200.

Timbunan dengan material butir kasar dari hasil *surface miner* (SM) dan *rock excavation* (RE) sebagai berikut:

- a. Materil butir kasar hasil SM dan RE dapat digunakan dengan ukuran batuan maksimum tidak lebih dari setengah lapisan yang dipadatkan. Misalnya, tebal lapisan yang dipadatkan 80 cm maka ukuran maksimum batuan adalah 40 cm.
- b. Material butir kasar dengan campuran maupun tanpa campuran dari hasil SM dan RE yang digunakan adalah material yang lolos saringan No. 200

serta tebal lapisan yang dipadatkan adalah sesuai dengan spesifikasi dari aplikator MSE *Wall (Terre Armee)*.

Dalam pekerjaan timbunan ini terdapat beberapa pengujian yang akan dilakukan baik pengujian di laboratorium maupun pengujian yang dilakukan di lapangan. Penjelasan lebih lanjut mengenai pengujian yang dilakukan akan dijelaskan di bawah ini.

### 1) Pengujian di Laboratorium

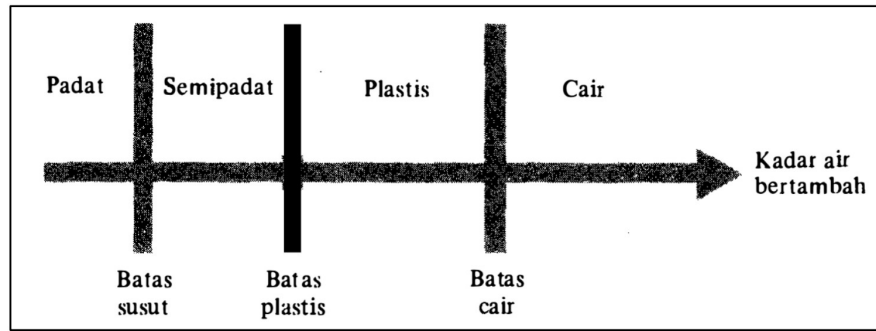
Dalam pekerjaan tanah terdapat pengujian yang dilakukan di laboratorium untuk menentukan spesifikasi atau *indeks properties* dalam bentuk BPT (*Borrow Pit Test*). Pengujian tersebut meliputi:

#### a) Pengujian Kadar Air Tanah Asli (*Water Content*)

Menurut ASTM D 2216 kadar air tanah merupakan perbandingan berat air dalam tanah dengan berat total tanah yang dinyatakan dalam persen dengan menghitung kehilangan berat isi selama proses pengeringan dengan suhu 105<sup>0</sup> C dalam waktu 24 jam. Penentuan kadar air tanah dilakukan pada material *stockpile* (material asli) yang akan digunakan sebagai konstruksi pembangunan. Beberapa jenis material yang dilakukan pengujian kadar air yaitu: *fine grained, coarse grained, rock fill, backfill*.

#### b) Pengujian *Atterberg Limit*

Menurut ASTM D4316, *Atterberg* merupakan batas-batas konsistensi tanah berbutir halus antara lain, batas cair atau *Liquid Limit (LL)*, batas plastis atau *Plastic Limit (PL)*, batas susut atau *Shrinkage Limit (SL)* dan indeks plastisitas atau *Plasticity Index (PI)*. Batas cair atau *Liquid Limit (LL)* adalah kadar air dalam sampel tanah pada perbatasan fase cair dan fase plastis sedangkan batas plastis atau *Plastic Limit* adalah kadar air dalam tanah pada fase antara plastis dan semi padat (**Gambar 2.4**).

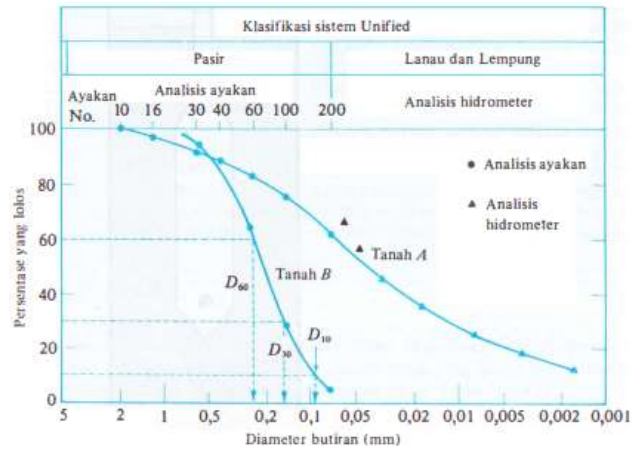


**Gambar 2. 4** Batas-batas Atterberg  
*Sumber: Mekanika Tanah 1 Braja M. Das*

c) Pengujian *Sieve Analysis*

Pengujian *Sieve Analysis* disebut juga metode penyaringan atau penentuan yang mencakup penentuan diameter nominal (ukuran lubang ayakan) partikel kuantitatif distribusi ukuran partikel dalam tanah. Tujuan dari pengujian saringan adalah untuk menentukan ukuran dan susunan butir (gradasi) tanah, serta menentukan distribusi butiran sebagai dasar untuk mengklasifikasikan tanah. Ukuran butir tanah ditentukan dengan menyaring sejumlah tanah melalui serangkaian ayakan. **Gambar 2.5** menyajikan susunan ukuran butiran Analisa Saringan. Susunan lubang-lubang ayakan semakin ke bawah semakin kecil ukuran lubang uji. Distribusi ukuran partikel yang lebih besar dari 75  $\mu\text{m}$  (tertahan pada saringan No. 200) ditentukan dengan pengayakan, sedangkan distribusi ukuran partikel yang lebih kecil dari 75  $\mu\text{m}$  ditentukan dengan proses sedimentasi menggunakan hydrometer. Pemisahan dapat dilakukan pada saringan No. 4 (4,75- $\mu\text{m}$ ), No. 40 (425- $\mu\text{m}$ ), atau No. 200 (75- $\mu\text{m}$ ) sebagai pengganti saringan No. 10. Timbangan yang peka terhadap 0,01 g untuk menimbang bahan yang lolos saringan No. 10 (2,00-mm), dan timbangan yang peka terhadap 0,1% dari massa sampel yang akan ditimbang untuk menimbang bahan yang tertahan

pada saringan no 10. Hal ini mengacu kepada setiap persyaratan dan penjelasan yang tercantum dalam ASTM D 422-63.



**Gambar 2. 5** Kurva Distribusi Ukuran Butiran Analisa Saringan dan Hidrometer

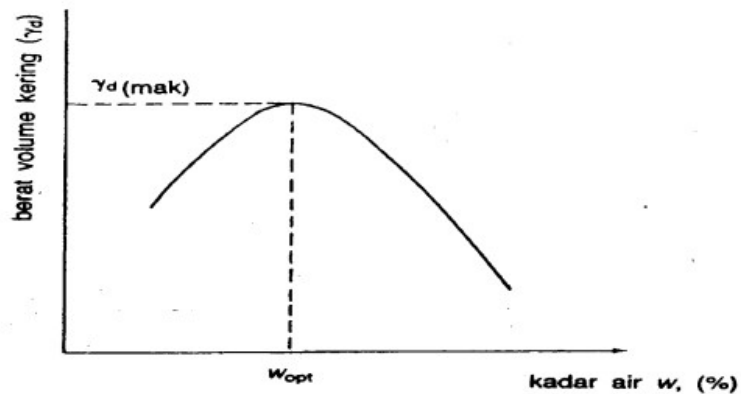
Sumber: *Mekanika Tanah I Braja M. Das*

d) Pengujian *Proctor Test*

Pemadatan tanah (*Proctor test*) adalah proses mengeluarkan udara dari dalam tanah yang menggunakan tenaga dinamik supaya tanah menjadi lebih padat. Pemadatan juga berfungsi untuk mencari hubungan kadar air tanah dengan berat volume tanah.

ZAV (*Zero Air Void*) adalah hubungan antara berat isi kering dengan kadar air bila derajat kejenuhan 100%, yaitu bila pori tanah sama sekali tidak mengandung udara. Kurva hubungan kadar air dan berat isi kering hasil dari proctor test dapat dilihat pada **Gambar 2.6** di bawah. Prosedur dinamik laboratorium yang digunakan adalah uji proctor. Dari uji proctor didapatkan nilai kadar air optimum ( $w_{optimum}$ ), berat isi basah ( $\gamma$ ), dan berat isi kering ( $\gamma_d$ ).





**Gambar 2. 6** Kurva hubungan kadar air dan berat isi kering ( $\gamma_d$ )  
 Sumber: Hardiyatmo, 2012 Pada Jurnal Model Pendekatan Alat Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah di Laboratorium Vol. 17

Menurut ASTM D1557 – 02 *proctor test* merupakan metode pemadatan yang digunakan di laboratorium untuk menentukan hubungan antara kadar air optimum dan berat isi kering maksimum menggunakan alat *mold* diameter 101,6 mm atau 152,4 mm dengan material yang digunakan lolos  $\frac{3}{4}$  inci. Terdapat tiga metode alternatif disediakan. Metode yang digunakan harus seperti yang ditunjukkan dalam spesifikasi bahan sedang diuji. Jika tidak ada metode yang ditentukan, pilihannya adalah berdasarkan bahan gradasi.

**Metode A:**

1. Mold : 4 inci (101,6 mm)
2. Benda uji : lolos no. 4 (4,75 mm)
3. Jumlah layer : lima
4. Tumbukan per layer : 25
5. Kegunaan : tertahan saringan no 4 (4,75 mm) < 20%

**Metode B:**

1. Mold : 4 inci (101,6 mm)

2. Benda uji : lolos no. 3/8 (9,5 mm)
3. Jumlah layer : lima
4. Tumbukan per layer : 25
5. Kegunaan : tertahan saringan no 4 (4,75 mm) > 20%  
dan tertahan saringan no 3/8 (9,53 mm) < 20%

**Metode C:**

1. Mold : 6 inci (152,4 mm)
2. Benda uji : lolos no. 3/4 (19 mm)
3. Jumlah layer : lima
4. Tumbukan per layer : 56
5. Kegunaan : tertahan saringan no 3/8 (9,53 mm) > 20%  
dan tertahan saringan no 3/4 (19 mm) < 30%

Perhitungan untuk menentukan nilai berat isi kering ( $\gamma_{dry}$ ) dengan kadar air optimum ( $w_{optimum}$ ) didapatkan dengan kurva uji pemadatan sampel tanah dengan rumus sebagai berikut:

- a. Berat isi basah ( $\gamma_w$ ) =  $\frac{\text{berat tanah dalam mold}}{\text{volume mold}}$
- b. Berat isi kering ( $\gamma_{dry}$ ) =  $\frac{\gamma_w}{1+w} \times 100$        $w = \text{kadar air (\%)}$

e) Pengujian CBR Laboratorium

Menurut ASTM D1883-94 *California Bearing Ratio* (CBR) laboratorium merupakan pengujian digunakan untuk menentukan nilai CBR contoh material tanah lolos saringan  $\frac{3}{4}$  yang dipadatkan di laboratorium dengan kadar air optimum sesuai pada pengujian *proctor*. Jika ukuran maksimum partikel dari bahan yang akan diuji lebih besar dari  $\frac{3}{4}$  inci (19

mm), gradasi bahan dapat dimodifikasi sehingga material yang digunakan dalam pengujian lolos saringan  $\frac{3}{4}$  inci, sedangkan jumlah fraksi tertahan saringan #4 dan lolos saringan  $\frac{3}{4}$  inci, tetap sama. **Tabel 2.2** menunjukkan analisa saringan yang digunakan dalam pengujian CBR laboratorium.

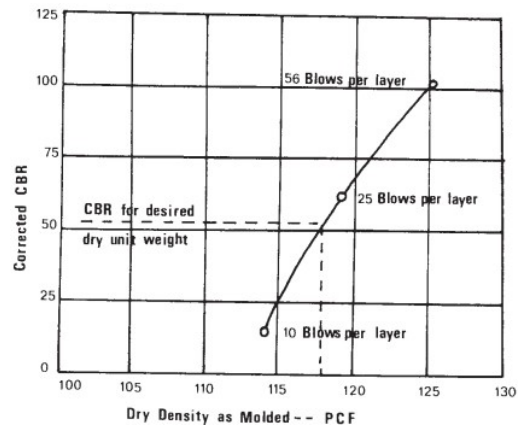
**Tabel 2. 2** Analisa Saringan

No	SIEVE NUMBER	SIEVE SIZE (mm)	MASS RETAINED I	MASS RETAINED II	MASS RETAINED III	MASS RETAINED IV
1	2"	50.80				
2	1 1/2"	37.50				
3	1"	25.40				
4	3/4"	19.00				
5	1/2"	12.50				
6	3/8"	9.50				
7	4	4.75				
8	8	2.36				
9	10	2.00				
10	16	1.18				
11	40	0.30				
12	200	0.075				
Pan		0.000				

Sumber: LMA Konsorsium

Material yang digunakan untuk menentukan nilai CBR dilakukan dengan tiga sampel tanah dengan berat yang sama dan tumbukan persampel berbeda yaitu 10, 25, dan 56 kali tumbukan dengan kadar air optimum sesuai dengan pengujian *proctor*. Setiap benda uji ditentukan nilai beban terkoreksi pada penetrasi 2,54 mm (0,1 inci) dan 5,08 mm (0,2 inci) yang dinyatakan dalam persen dan diperoleh dari persamaan berikut:

$$CBR = \frac{\text{Beban terkoreksi}}{\text{Beban standar}} \times 100\% = \frac{\text{Dial Reading} \times \text{Kalibrasi Alat}}{\text{beban standar (lbs)}} \times 100\%$$



**Gambar 2.7** Kurva Berat Isi Kering dan Koreksi CBR  
 Sumber: ASTM D1883-99

## 2) Pengujian di Lapangan

Setelah dilakukan pengujian di laboratorium kemudian dilakukan pengujian di lapangan dengan acuan spesifikasi atau *indeks properties* dalam bentuk BPT (*Borrow Pit Test*) yang telah ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium. Berdasarkan pengujian laboratorium yang dilakukan didapatkan nilai kadar air optimum ( $w_{\text{optimum}}$ ), berat isi kering ( $\gamma_d$ ), spgr (*specific gravity*) yang akan digunakan sebagai acuan atau tolak ukur pengujian di lapangan. Beberapa pengujian lapangan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

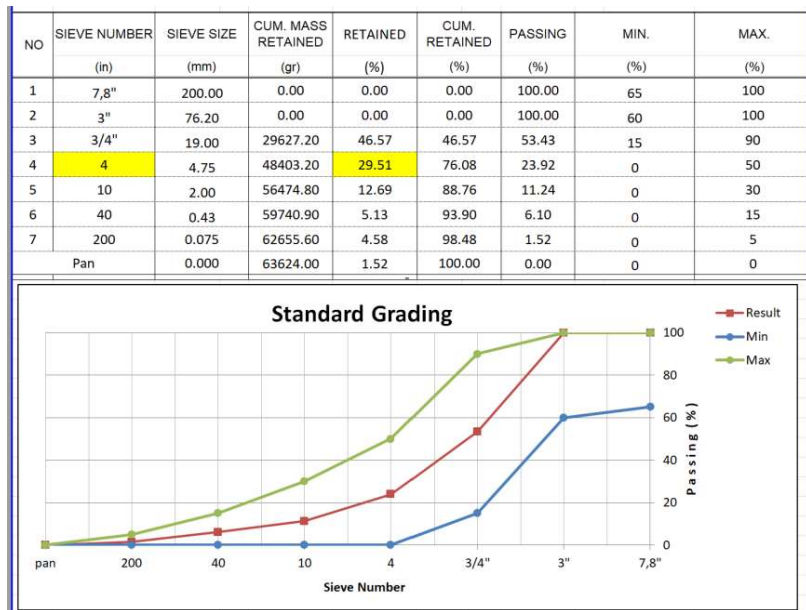
### a. Pengujian DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*)

Menurut ASTM D6951, DCP adalah alat yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah asli yang diperhitungkan dengan cara mengukur kedalaman ujung konus yang masuk ke dalam tanah dasar setelah batang utamanya ditumbuk menggunakan palu geser. Pengujian ini biasanya digunakan untuk menilai sifat material hingga kedalaman 1000 mm (39 in) di bawah permukaan. Hasil dari pengujian DCP akan dikorelasi sehingga didapatkan nilai CBR lapangan untuk tanah asli.

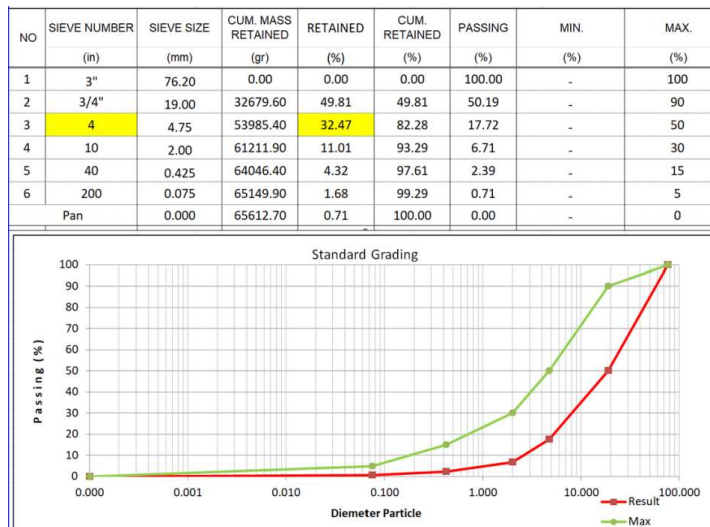
b. Pengujian *Sandcone*

*Sandcone Test* adalah pengujian yang dilakukan untuk menentukan kepadatan lapisan tanah atau perkerasan yang dipadatkan pada material berbutir halus dengan maksimal ukuran butiran sebesar 15 cm dan ketinggian timbunan sebesar 25-30 cm. Menurut ASTM D4718-1.2 *sandcone* koreksi sendiri dapat digunakan untuk menghitung berat satuan dan kadar air tanah fraksi apabila diketahui tanah tersebut mengandung partikel yang berukuran besar.

Pada proyek Bandara Internasional Dhoho Kediri digunakan tes *sandcone* koreksi, *sandcone* koreksi sendiri dilakukan pada tanah campuran tanah-batuan dimana bagian yang dianggap terlalu besar adalah sebagian kecil dari material yang tertahan pada saringan No.4 (4,75 mm). Berdasarkan pengujian tersebut, metode ini dapat diterapkan pada tanah dan campuran tanah-batuan dengan syarat 40% material tertahan pada saringan No.4. **Gambar 2.8** dan **Gambar 2.9** menunjukkan contoh hasil gradasi material yang dapat digunakan untuk pengujian *sandcone*. Metode ini juga dianggap valid untuk material yang memiliki 30% partikel berukuran besar yang tertahan pada saringan  $\frac{3}{4}$  in (19 mm). Dalam ASTM D4718-1.2 dalam pengujian *sandcone* juga dilakukan pengujian kadar air tanah asli, untuk menentukan nilai tersebut menggunakan alat *speedy*.



**Gambar 2. 8** Contoh Gradasi Material *Backfill* MSEW  
*Sumber: LMA Konsorsium*



**Gambar 2. 9** Contoh Gradasi Material LTP  
*Sumber: LMA Konsorsium*

c. Pengujian CBR Lapangan

Menurut ASTM D 4429 CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban terkoreksi yang dibutuhkan dari pembacaan dial yang sudah dikalibrasi untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1”/0,2” dengan beban standar pada penetrasi 0,1”/0,2” tersebut yang dinyatakan

dalam persen. Perbandingan beban penetrasi sesuai standar internasional adalah:

- 1) 0,1 inci penetrasi 1000 psi
- 2) 0,2 inci penetrasi 1500 psi
- 3) 0,3 inci penetrasi 1900 psi
- 4) 0,4 inci penetrasi 2300 psi
- 5) 0,5 inci penetrasi 2600 psi

Beban Penetrasi yang digunakan untuk menghitung nilai CBR adalah penetrasi 0,1 inci dan 0,2 inci dengan membagi beban penetrasi setiap beban dengan  $3 \times 1000 = 3000$  lbs. dan  $3 \times 1500 = 4500$  lbs. Dimana angka tiga tersebut merupakan luas permukaan torak dalam inci. Dalam ASTM D 4429 dipaparkan jika dari hasil pengujian pada penetrasi 0,1” lebih kecil dari penetrasi 0,2” maka dilakukan pengujian ulang dan jika pada pengujian ulang pada penetrasi 0,1” lebih kecil dari penetrasi 0,2” maka digunakan adalah nilai pada penetrasi 0,2”.

Pengujian CBR di lapangan digunakan untuk evaluasi dan desain komponen perkerasan lentur seperti lapisan fondasi dan lapisan fondasi bawah dan tanah dasar dan untuk aplikasi lain (seperti jalan tanpa permukaan) dimana CBR merupakan parameter daya dukung tanah yang diinginkan atau sesuai dengan hasil pengujian CBR di laboratorium digunakan sebagai parameter nilai minimum CBR lapangan. Hal ini tercantum dalam ASTM D4429. Setiap benda uji ditentukan nilai beban terkoreksi pada penetrasi 2,54 mm (0,1 inci) dan 5,08 mm (0,2 inci) yang dinyatakan dalam persen dan diperoleh dari persamaan berikut:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Beban terkoreksi}}{\text{Beban standar}} \times 100\% = \frac{\text{Dial Reading} \times \text{Kalibrasi Alat}}{\text{beban standar (lbs)}} \times 100\%$$

d. Pengujian *Water Replacement*

*Water replacement* merupakan metode pengujian yang mencakup penentuan kepadatan tanah dan batuan pada area yang akan di uji memakai air yang digunakan sebagai pengisi lubang uji dalam menentukan volume lubang uji tersebut. Kata batuan dalam metode pengujian ini ditujukan jika bahan yang diuji biasanya mengandung partikel yang lebih besar dari 3 inci (75 mm). Dalam ASTM D5030 metode pengujian ini digunakan untuk menentukan kepadatan material yang dipadatkan di lapangan dalam konstruksi timbunan tanah, timbunan jalan, dan timbunan struktur. Metode pengujian ini juga dapat digunakan untuk menentukan kepadatan di lapangan dari endapan tanah alami, agregat, campuran tanah, atau bahan serupa lainnya.

Prosedur ini biasanya dilakukan dengan menggunakan cetakan logam melingkar dengan diameter dalam 0,8 m atau lebih. Metode pengujian ini menurut ASTM D5030 umumnya terbatas pada material dalam kondisi tidak jenuh dan tidak direkomendasikan untuk material yang lunak atau gembur (mudah hancur) atau dalam kondisi lembab sehingga air merembes ke dalam lubang galian.

e. Pengujian *Proof Rolling*

Pada KP 14 Tahun 2021 pengujian *Proof Rolling* dilakukan pada permukaan *top subgrade* untuk mengetahui keseragaman pemadatan dengan toleransi penurunan 25 mm. Pengujian *Proof Rolling* menggunakan media truck dengan bobot 20 ton yang berisi material timbunan.



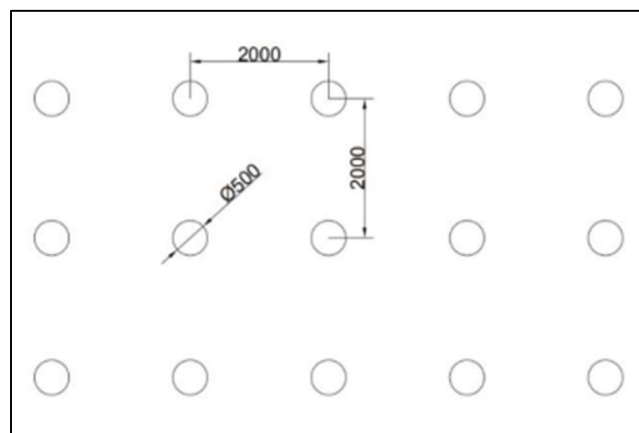
### 2.1.2 Perbaikan Tanah pada Area *Settlement*

Pada Proyek Pembangunan Bandara Internasional Dhoho Kediri ini khususnya pada area *settlement*, metode perbaikan tanah yang digunakan yaitu *stone column*.

#### 1. Fondasi *Stone Column*

Kondisi tanah pada Proyek Bandara Internasional Dhoho Kediri memiliki elevasi yang sangat bervariasi karena terletak pada area perbukitan. Hal ini menyebabkan pekerjaan *cut and fill* dapat ditimbun hingga 30 m. Kondisi tanah dasar pada lokasi proyek ini didominasi oleh lapisan lunak dengan nilai SPT 4-10. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan perencanaan perbaikan tanah dengan metode *stone column*.

Pada SNI 8460-2017 *stone column* adalah salah satu jenis metode perbaikan tanah dimana saat proses pengisian *stone column* dilakukan dengan pipa getar yang pada bagian atasnya terpasang vibrator. Pada bagian bawah pipa terdapat penutup yang dapat terbuka secara otomatis saat pipa dinaikkan dan tertutup saat pipa masuk ke tanah. Pola peletakan *stone column* pada proyek ini berbentuk persegi dengan jarak antar tiang sebesar 2 m dan diameter yang digunakan yaitu 0,5 m (**Gambar 2.10**).



**Gambar 2. 10** Pola Peletakan *Stone Column*

Sumber: Stone Column Construction Method by SV

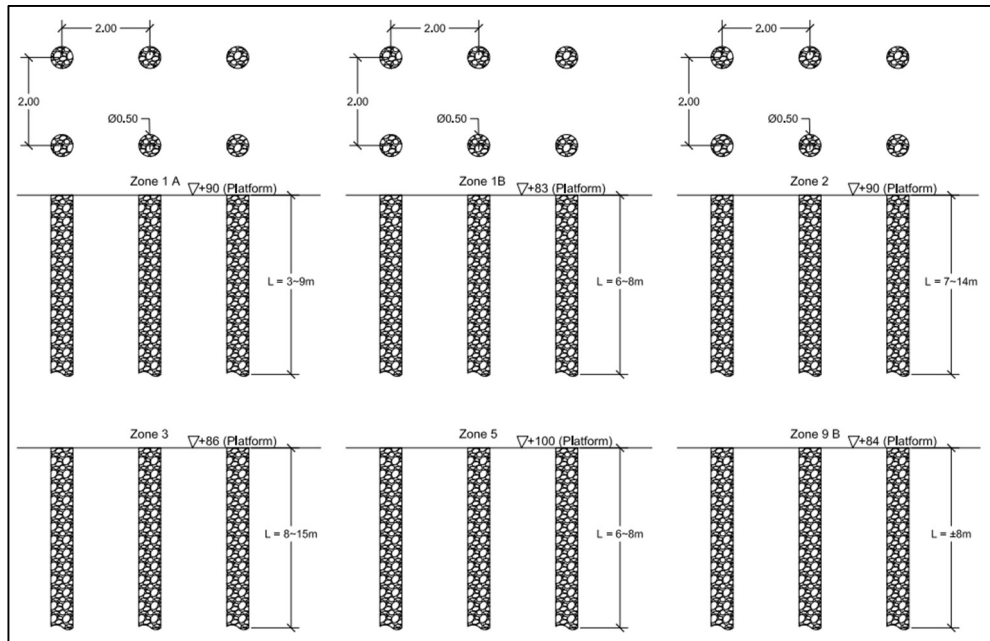
Stone column diisi dengan material yang telah ditentukan sebelumnya. Material pengisi stone column yaitu agregat dengan gradasi yang baik dengan ukuran butiran maksimal yaitu 3" (7,62 cm). Gradasi agregat yang digunakan pada stone column dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Distribusi Ukuran Material Stone Column

Sieve Number	Ukuran Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	
		Batas Bawah	Batas Atas
5"		100	100
3"	76.2	100	100
2"	50.8	67	100
1 ½"	37.5	45	100
1"	25.4	20	85
¾"	19	10	75
½"	12.5	0	60
3/8"	9.5		50
4	4.75		38
8	2.36		30
10	2		27
16	1.18		22
40	0.3		13
200	0.075		3
	0.001		0

Sumber: Stone Column Construction Method by SV

Kedalaman stone column pada setiap area settlement tidak sama antara area settlement yang satu dengan yang lainnya. Kedalaman ini disesuaikan dengan hasil investigasi tanah (SPT) yang telah dilakukan sebelumnya. Pekerjaan stone column ini dilakukan pada lapisan tanah dengan nilai SPT <14 dan pekerjaan ini akan dihentikan jika kondisi tanah pada kedalaman tertentu nilai SPTnya sudah mencapai 14. Variasi kedalaman stone column dapat dilihat pada Gambar 2.11.



**Gambar 2. 11** Kedalaman Stone Column Tiap Area

Sumber: Shop Drawing Stone Column by SV

### 2.1.3 Pengujian Perbaikan Tanah pada Area *Settlement*

Pada *settlement area* pengujian pembebanan yang dilakukan adalah PLT *Plate Loading Test*. *Plate Loading Test* merupakan pengujian pembebanan yang bertujuan untuk menentukan deformasi vertikal dan kekuatan massa tanah dan batuan melalui pencatatan beban dan penurunan pada saat pelat beban diletakkan dipermukaan tanah. Pengujian PLT diuji dengan presentase 1% dari jumlah tiang (SNI 8460:2017).

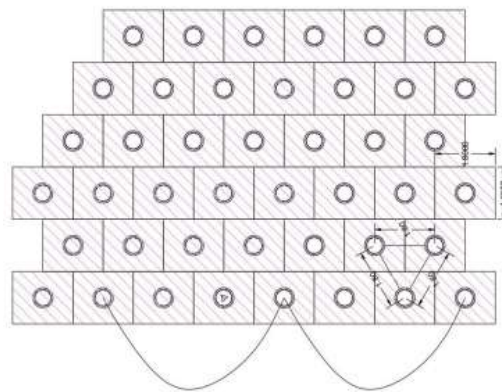
### 2.1.4 Perbaikan Tanah pada Area MSE *Wall*

Pada area MSE *Wall* di Proyek Pembangunan Bandara Internasional Dhoho Kediri metode perbaikan tanah yang digunakan pada dasarnya yaitu *bored pile*. Namun, jenis *bored pile* yang digunakan ada bermacam-macam seperti *soldier pile*, *raised pile*, dan CFG.

## 1. Fondasi *Bored Pile*

Pondasi *bored pile* menjadi salah satu metode perbaikan tanah yang dilakukan pada Proyek Bandara Dhoho Kediri. Pada fondasi *bored pile* sebelum dilakukan pemasangan tulangan dilakukan pengeboran tanah terlebih dahulu, lalu tulangan dimasukkan ke dalam tanah tersebut, dan setelah itu dilakukan pengecoran. Pelaksanaan fondasi *bored pile* sendiri disesuaikan dengan jenis tanah, kondisi lapangan serta metode konstruksi yang terpilih. Pada proyek Bandara Internasional Dhoho Kediri *bored pile* digunakan pada area *under* MSEW dengan diameter 60 cm menggunakan susunan pemasangan segitiga dengan jarak 1,8 m dengan pola 1-0-0-1.

(Gambar 2.12)



**Gambar 2. 12** Pemasangan Fondasi Bored Pile

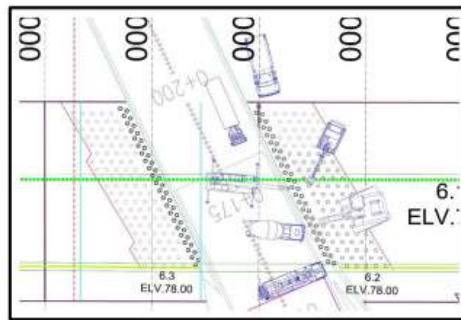
Sumber: WMS MSE Wall Ground Improvement Construction Method of Bored Pile

Jenis pondasi bored pile yang digunakan ada 3 jenis, yaitu:

### a. Fondasi *Soldier Pile*

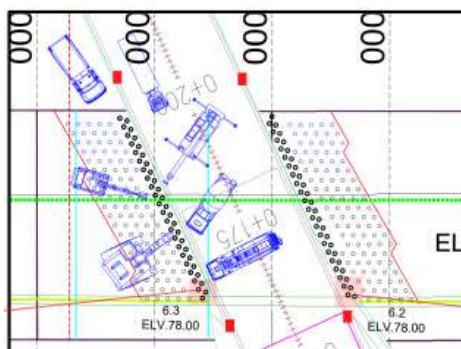
*Soldier pile* tersusun dari rangkaian *bored pile*, *bored pile* ini dibuat dari beton yang kemudian dicor di tempat (*cast in situ*). *Soldier pile* ini berfungsi sebagai penahan gaya lateral dari tanah. Gaya lateral yang ditahan ini berasal dari tekanan tanah atau air, serta bangunan yang ada di sekitar *soldier pile*. Penggunaan *soldier pile* biasanya terdapat pada pembangunan

*basement*, dinding terowongan, dan turap pada sungai. Pada proyek Bandara Internasional Dhoho Kediri *soldier pile* digunakan pada area MSEW Type 6.2 dan Type 6.3 khususnya pada daerah sekitar *box culvert charlie*. Pada proyek ini digunakan *soldier pile* dengan diameter 80 cm dan pola susunan 1-0-0-1 dengan jarak 1,6 m. *soldier pile* sendiri berfungsi sebagai dinding penahan *box culvert charlie* agar tidak mengalami gaya geser akibat gaya lateral yang dihasilkan dari dinding penahan tanah. Pada **Gambar 2.13** dan **Gambar 2.14** dijelaskan rencana posisi alat berat pada MSE *Wall* tipe 6.2 dan 6.3, dimana posisi tersebut menjadi patokan dalam melaksanakan pekerjaan *soldier pile*.



**Gambar 2. 13** Rencana Posisi Alat Berat dan *Soldier Pile* pada MSEW Tipe 6.2

Sumber: WMS MSE Wall Ground Improvement Construction Method of Soldier Pile for Type 6.2 and Type 6.3



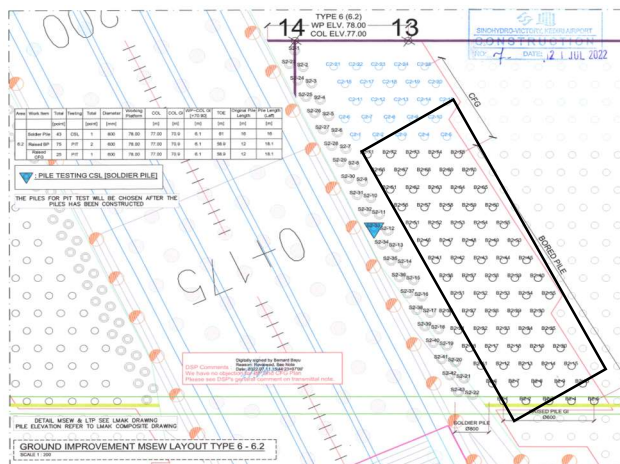
**Gambar 2. 14** Rencana Posisi Alat Berat dan *Soldier Pile* pada MSEW Tipe 6.3

Sumber: WMS MSE Wall Ground Improvement Construction Method of Soldier Pile for Type 6.2 and Type 6.3

*Soldier pile* ini digunakan pada MSEW Tipe 6.2 dan tipe 6.3 dengan total 86 poin dan *cut of level* pada titik ketinggian  $\pm 77,00$  m. Ketinggian *platform* kerja *soldier pile* tipe 6.2 dan tipe 6.3 adalah  $\pm 78,00$  m atau  $\pm 1$  m di atas *cut of level*. Area *soldier pile* tipe 6.2 akan dilakukan ketika tipe 6.2 dan beberapa atau seluruh area timbunan 6.1 telah mencapai ketinggian  $\pm 78,00$  m dan untuk area *soldier pile* tipe 6.3 akan dilakukan saat tipe 6.3 dan lainnya atau seluruh 6.4 area timbunan telah mencapai elevasi  $\pm 78,00$  m. 1 m timbunan di atas *box culvert charlie*, selain sebagai platform kerja, juga dimaksudkan untuk melindungi kontak langsung antara alat berat dan struktur *box culvert charlie*.

**b. Fondasi Raised Pile**

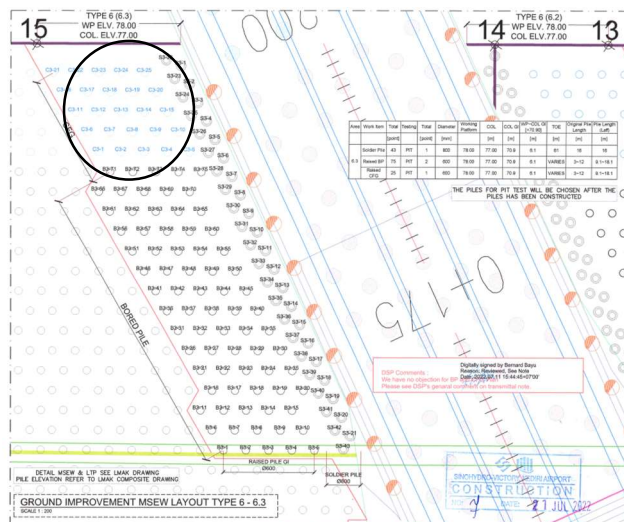
Fungsi dari *raised pile* sendiri sama dengan fungsi dari *bored pile* yaitu sebagai penahan beban aksial MSE *Wall*. Perbedaan dari kedua jenis fondasi ini terletak pada elevasinya, pada *raised pile* elevasinya lebih tinggi. Pada proyek Bandara Internasional Dhoho Kediri *raised pile* digunakan pada area MSEW *Type 6.2* dan *Type 6.3* (**Gambar 2.15**) yang berada pada daerah sekitar *box culvert charlie*. *Raised pile* yang digunakan pada proyek ini memiliki diameter 60 cm yang berfungsi sebagai dinding penahan *box culvert charlie* agar tidak mengalami gaya geser akibat gaya lateral yang dihasilkan dari dinding penahan tanah.



**Gambar 2. 15** Pemasangan Raised Pile pada MSEW Type 6.2  
 Sumber: Shop Drawing Ground Improvement MSEW Type 6.2

**c. Fondasi CFG (Cement Fly Ash Gravel)**

Metode perkuatan tanah lunak selain dengan *bored pile* dapat pula digunakan CFG (*Cement Fly Ash Gravel*), yang membedakan kedua metode perkuatan tanah ini adalah pada *bored pile* terdapat tulangan dan pada CFG tidak terdapat tulangan. Pada proyek Bandara Internasional Dhoho Kediri CFG digunakan pada area *front* MSEW dengan diameter 60 cm dan pemasangannya dapat dilihat pada **Gambar 2.16** dibawah ini.



**Gambar 2. 16** Pemasangan CFG pada MSEW Type 6.2  
 Sumber: Shop Drawing Ground Improvement MSEW Type 6.2

### 2.1.5. Pengujian Perbaikan Tanah pada Area MSE Wall

Pada area MSE Wall pengujian yang dilakukan adalah PIT, CSL, dan PDA. Pada *bored pile* jenis CFG pengujian yang dilakukan adalah PLT. Penjelasan mengenai pengujian PLT telah dijelaskan pada poin 2.1.2. Berikut ini adalah penjelasan mengenai pengujian pembebanan yang dilakukan pada area MSE Wall.

#### 1. PIT (*Pile Integrity Test*)

(*Pile Integrity Tester*) merupakan salah satu metode pengujian integritas tiang pada fondasi dalam yang berfungsi untuk mengetahui kepadatan beton dan mendeteksi kerusakan tiang serta bisa mendeteksi penyebab kerusakan tiang tersebut. Dari pengujian PIT dapat diketahui kedalaman yang mengalami pembekakan atau penyempitan pada tiang fondasi. Sedangkan besarnya penampang yang tersisa dinyatakan dalam BTA, yaitu perbandingan luas penampang sisa dengan luas penampang asli dalam persentase yang terrecord otomatis dalam komputer PIT. Nilai BTA pada tiang fondasi sesuai kategori yang ada pada tabel 2.4 di bawah ini:

**Tabel 2. 4** Kategori BTA

BTA (%)	CATEGORY
100	Undamaged – Pile in good condition
80 – 99	Slight Damage – Pile has minor problem
60 – 79	Damage – Pile has major problem; further analysis and / or repair needs
Below 60	Broken – Pile to be rejected

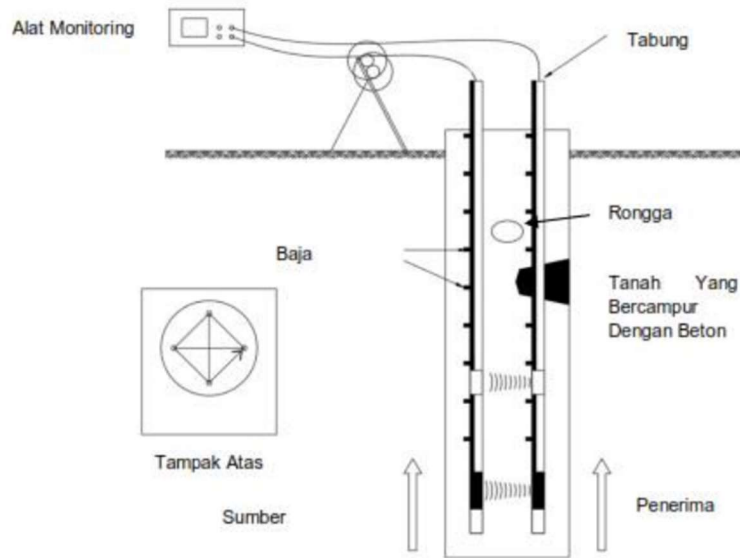
*Sumber: WMS for Pile Integrity Tester (PIT) at MSE Wall*

#### 2. CSL (*Crosshole Sonic Logging*) Test

*Crosshole Sonic Logging Test* merupakan salah satu metode pengujian integritas tiang pada fondasi dalam yang berfungsi untuk mengetahui kepadatan beton dan mendeteksi kerusakan tiangakan tetapi tidak bisa mendeteksi penyebab kerusakan tiang tersebut. Pengujian CSL



menggunakan media pipa akses dan *hydrophone*, dengan jumlah tiang fondasi yang diuji sebesar 1% dari jumlah tiang. (SNI 8460:2017). Skema pengujian dapat dilihat pada (**Gambar 2.17**) dibawah ini.



**Gambar 2. 17** Skema Pengujian CSL  
*Sumber: WMS CSL*

### 3. PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test

Dalam SNI 8460:2017 *Pile Driving Analyzer Test* merupakan salah satu pengujian yang digunakan pada fondasi dalam untuk menentukan daya dukung tiang dan nilai penurunan tiang dengan menggunakan alat berupa monitor tablet yang terhubung dengan sensor *strain transducer*, *accelerometer* dan *hammer* menggunakan kapasitas tertentu. Pengujian PDA menggunakan *monitor tablet* (**Gambar 2.18**) yang terintegrasi dengan sensor strain transducer dan accelerometer serta terhubung dengan hammer, dengan jumlah tiang fondasi yang diuji sebesar 1% dari jumlah tiang.



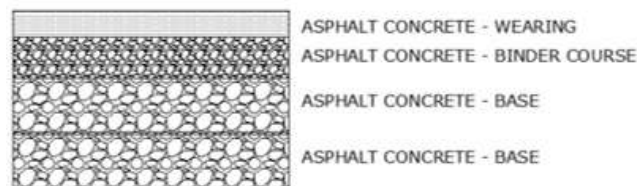
**Gambar 2. 18** Monitor Tablet PDA

*Sumber: General Method Statement for PDA test with Manual Hammer*

## 2.2. Pekerjaan Pengaspalan

### 2.2.1. Lapis Perkerasan pada Area Runway

Menurut spesifikasi Airside Infrastruktur 2021 Wiratman pada lapisan aspal di *runway* terdapat tiga jenis yaitu AC-Base, AC-BC, dan AC-WC (**Gambar 2.19**). Dari ketiga lapisan tersebut terdapat berbagai perbedaan diantaranya, sebagai berikut:



**Gambar 2. 19** Tipikal Struktur Perkerasan Bandar Udara

*Sumber: spesifikasi Airside Infrastruktur 2021 Wiratman*

#### 1. *Asphalt Concrete Base (AC - Base)*

AC Base merupakan lapisan pondasi atas (*base coarse*) yang berada di bawah lapisan aus dan lapisan antara yang berfungsi untuk menahan lapisan di atasnya dan menyebarkan beban ke tanah dasar. Lapisan AC-Base terdiri dari 2 (dua) lapis pada layer pertama perkerasan dengan ketebalan 8,5 cm sedangkan layer ke 2 perkerasan dengan tebal 9 cm, menggunakan penetrasi

aspal 70 yang dicampur dengan agregat kasar berukuran 5-10 cm (tertahan saringan no.4).

## 2. *Asphalt Concrete – Binder Course (AC - BC)*

AC-BC merupakan lapisan antara lapisan pondasi atas (*base coarse*) dengan lapisan aus (*wearing coarse*), lapisan AC-BC sendiri terletak pada lapisan ke-3 dengan ketebalan 7,5 cm. Campuran untuk AC-BC adalah agregat bergradasi gabungan rapat/menerus dengan ukuran 1-2 cm dan 2-3 cm yang di campur dengan aspal PG (*Performance grade*) 76.

## 3. *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC - WC)*

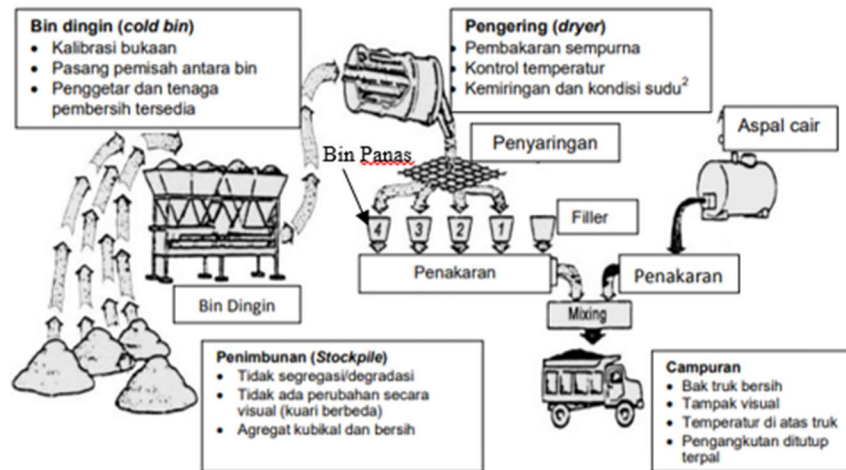
AC-WC merupakan lapisan aus yang terletak paling atas yang berfungsi untuk mengamankan perkerasan dari pengaruh air, menyediakan permukaan yang halus dan kesat. Lapisan AC-WC memiliki ketebalan 6 cm. Campuran AC-WC adalah agregat bergradasi halus dengan ukuran 0-5 mm dan 1-1 cm yang dicampur dengan aspal PG (*Performance grade*) 76.

### 2.2.2. Pengujian Laboratorium Pekerjaan Pengaspalan

#### 1. *Asphalt Mixing Plant (AMP)*

AMP (*Asphalt Mixing Plant*) merupakan tempat untuk pencampuran agregat yang sudah dipanaskan, dikeringkan dan dicampur dengan aspal yang biasanya disebut *hotmix* dengan peralatan mekanik dan elektronik yang siap di hamparkan di lapangan (**Gambar 2.20**). AMP terdiri dari dua tipe yaitu tipe takan atau tipe *batch* dan tipe drum/ menerus atau tipe *continues*. Tipe *batch* merupakan pencampuran material terjadi setiap pembuatan campuran dan dilaksanakan di dalam *mixer*, sedangkan tipe *continues* merupakan pencampuran material terjadi secara terus menerus dan dilaksanakan di dalam

drum dryer (Kementrian PUPR Direktorat Jendral Bina Marga Pd T-03-2005-B).



**Gambar 2. 20** Prosedur Kerja AMP

Sumber: spesifikasi Airside Infrastruktur 2021 Wiratman

Berikut ini adalah penjelasan mengenai komponen-komponen yang terdapat dalam AMP:

a. Bin Dingin (*Cold Bin*)

Bin Dingin (*Cold Bin*) merupakan tempat untuk penampungan agregat dari tiap fraksi yang dilengkapi dengan saringan untuk menyaring agregat sesuai ukuran yang diperlukan untuk campuran *hot mix*. Ukuran agregat halus adalah pada fraksi untuk ukuran 0-0.5 cm dan 0.5-1 cm, ukuran agregat medium adalah pada fraksi untuk ukuran 1-1 cm dan 1-2 cm, dan ukuran agregat kasar adalah pada fraksi untuk ukuran 2-3 cm dan 5-10 cm.

b. Pengering (*Drum Dryer*)

Pengeringan (*Drum Dryer*) merupakan tempat pengeringan agregat dengan suhu 175<sup>0</sup>C yang didalamnya terdapat gas dengan posisi penempatannya miring dan bagian ujung bawah terdapat pembakaran.

c. Saringan Panas (*Hot Screen*)

Saringan Panas (*Hot Screen*) merupakan serangkaian alat yang digunakan untuk memisahkan gradasi agregat sesuai ukuran dalam kondisi panas atau telah melalui proses pembakaran.

d. Bin Panas (*Hot Bin*)

Bin Panas (*Hot Bin*) merupakan tempat penampungan agregat panas yang lolos saringan akan menempati sesuai fraksi masing-masing. Ukuran agregat halus adalah pada fraksi untuk ukuran 0-0.5 cm dan 0.5-1 cm, ukuran agregat medium adalah pada fraksi untuk ukuran 1-1 cm dan 1-2 cm, dan ukuran agregat kasar adalah pada fraksi untuk ukuran 2-3 cm dan 5-10 cm.

e. Timbangan Agregat

Timbangan agregat adalah alat yang difungsikan sebagai penimbang agregat sesuai dengan prosentase komposisi yang telah ditentukan secara otomatis atau sesuai dengan JMF (Job Mix Formula).

f. Pencampuran (*Mixer*)

Pencampuran (*Mixer*) adalah tempat untuk pencampuran agregat panas, aspal, dan *filler* yang sudah dipanaskan dengan suhu 150<sup>0</sup>C sesuai dengan komposisi atau JMF. Dalam sekali produksi aspal dapat mencapai 200 ton.

## 2. *Marshall Test*

Menurut RSNI M-01-2003, Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mendapatkan angka stabilitas dan kelelahan (*flow*) dari lapisan aspal beton sebagai bahan pengikat aspal yang bertujuan untuk menganalisa kepadatan aspal yang berbentuk dan mengetahui kadar aspal optimumnya. Untuk menentukan kadar aspal optimum dilakukan variasi rentan kadar aspal

kemudian dilakukan pengujian hingga mendapatkan lima (5) parameter pengujian yaitu *flow*, stabilitas, VIM (*Void in the Mix*), VMA (*Void in the Mineral Agregat*), dan MQ (*Marshall Quotien*). Dari hasil kelima parameter tersebut dapat dilihat pada nilai kadar air berapa yang memenuhi spesifikasi kemudian dijadikan JMF (*Job Mixing Formula*).

Pengujian yang kami lakukan adalah menentukan nilai density laboratorium dan nilai stabilitas pada AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*). Kepadatan (*density*) berfungsi untuk menunjukkan besar kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Nilai *density* dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan yang dicampurkan serta cara pemadatan yang dilakukan. Nilai density laboratorium akan dijadikan pembandingan dari nilai density lapangan sehingga didapatkan prosentase kepadatan pada aspal (**Persamaan 1**).

$$\frac{\text{Density Laboratorium}}{\text{Density Lapangan}} \times 100 \dots\dots\dots \text{Persamaan 1}$$

Stabilitas *marshall* adalah kemampuan campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alir (*flow*) yang dinyatakan dalam kilogram. Stabilitas pada perkerasan ini harus mampu menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan seperti gelombang, alur, ataupun *bleeding*. Untuk menentukan nilai stabilitas dapat dilihat pada (**Persamaan 2**).

$$\text{Stabilitas} = \text{Bacaan dial alat} \times 39,22 \times \text{faktor koreksi} \times 0,454 \dots \text{Persamaan 2}$$

Keterangan:

Faktor koreksi = faktor koreksi berdasarkan volume aspal (berat aspal dalam air – berat aspal SSD) dapat dilihat pada (**Tabel 2.5**).

39,22 = kalibrasi *proving ring*

0,454 = korelasi satuan dari lb ke kg

**Tabel 2. 5** Faktor Koreksi Volume Aspal

Isi	Tebal Benda Uji	Angka Koreksi
200 – 213	25.4	5.56
214 – 225	27	5.00
226 – 237	28.6	4.55
238 – 250	30.2	4.17
251 – 264	31.8	3.85
265 – 276	33.3	3.57
277 – 289	34.9	3.33
290 – 301	35.5	3.03
302 – 316	38.1	2.78
317 – 328	39.7	2.5
329 – 340	41.3	2.27
341 – 353	42.9	2.08
354 – 367	44.4	1.92
368 – 379	46	1.79
380 – 392	47.6	1.67
393 – 405	49.2	1.56
406 – 420	50.8	1.47
421 – 431	52.4	1.39
432 – 443	54	1.32
444 – 456	55.6	1.25
457 – 470	57.2	1.19
471 – 482	58.7	1.14
483 – 495	60.3	1.09
496 – 508	61.9	1.04
509 – 522	63.5	1.00
523 – 535	65.1	0.96
536 – 546	66.7	0.93
547 – 559	68.3	0.89
560 – 573	69.9	0.86
574 – 585	71.4	0.83
586 – 598	73	0.81
599 – 610	74.6	0.78
611 – 625	76.2	0.76

Sumber: RSNi M-01-2003

### 3. *Laboratorium Job Mix Formula (JMF)*

Menurut spesifikasi Airside Infrastruktur 2021 Wiratman. JMF dirancang dengan menggunakan metode Marshall dan harus mengikuti prosedur yang terdapat pada Asphalt Institute MS-2 Mix Design Manual, 7th

Edition 2014. Untuk perkerasan dengan beban pesawat diatas 300.000 lbs (136.077 kg), dipersyaratkan untuk pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS). *Tensile Strength Ratio* (TSR) dari komposisi campuran, merujuk pada ASTM D4867 tidak boleh kurang dari 80% saat dilakukan pengujian dengan tingkat kejenuhan (saturation) 70 - 80% atau jika hasil pengujian menunjukkan hasil kurang dari 80% maka dapat menambahkan *Anti-Strip agent* untuk memastikan bahwa TSR dari komposisi campuran lebih dari 80%.

### 2.2.3. Prime Coat dan Take Coat

#### 1. Prime Coat

Prime coat berfungsi sebagai resap ikat antara lapis pondasi dengan campuran aspal di atasnya. Lapisan prime coat mencegah terlepasnya butiran pondasi agregat sebelum dihampar dengan campuran aspal, mencegah air hujan masuk ke dalam pondasi agregat sebelum dihampar campuran aspal.

Menentukan volume *prime coat* ada dua cara yaitu dengan *paper test* dan stik. Media yang digunakan untuk *paper test* adalah kertas, karton, kardus, bisa juga menggunakan plastik karena menggunakan media timbangan yang diukur dari beratnya sebelum penyemprotan *prime coat* dan sesudah penyemprotan *prime coat* (**Persamaan 3**).

$$\frac{(\text{Berat paper setelah pengujian} - \text{Berat paper awal}) \times \text{Berat jenis prime coat}}{\text{Luas paper}} = \dots\dots\dots \text{l/m}^2$$

.....**Persamaan 3**

Sedangkan untuk media stik adalah kayu yang dicelupkan dan diukur selisih dari ketinggian sebelum penyemprotan *prime coat* dan sesudah penyemprotan *prime coat* (**Persamaan 4**).

$$(\text{Tinggi stik awal} - \text{Tinggi stik setelah pengujian}) \times \text{kalibrasi aspal distributor} = \dots \text{l/m}^2 \dots\dots\dots \text{Persamaan 4}$$



## 2. Tack Coat

Tack coat adalah lapis perekat antara lapisan aspal lama dengan aspal baru yang akan dihampar di atasnya. Spesifikasi tack coat secara umum adalah 0,15 – 0,5 l/m<sup>2</sup>. Lapisan tack coat sendiri memiliki kekentalan yang berbeda dengan prime coat dikarenakan memiliki kadar aspal yang lebih tinggi.

### 2.3. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

Dalam PP No. 50 Tahun 2012 Sistem Management Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah bagian dari sistem manajemen perusahaan secara keseluruhan dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna tertipnya tempat kerja yang aman, efisien, dan produktif. Berdasarkan UU No. 1 Tahun 1970 tujuan utama penerapan K3 antara lain: melindungi setiap sumber produksi dapat digunakan secara aman dan efisien, meningkatkan kesejahteraan, dan produktivitas Nasional. Pelaksanaan K3 ini berdasarkan beberapa peraturan, yaitu:

- a. UU No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.
- b. UU No. 13 tahun 2013 tentang Ketenagakerjaan pasal 86 dan 87.
- c. UU No. 10 tahun 2021 tentang Manajemen Keselamatan Konstruksi.
- d. OHSAS 18001:2007 tentang Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja.

Berdasarkan beberapa undang-undang tersebut maka dalam setiap proyek perlu dilengkapi dengan beberapa hal berikut:

- Induction, pengenalan kepada karyawan atau tamu baru dengan menyampaikan informasi kebijakan K3L dan standar operasional atau prosedur dalam bekerja.
- Pada area pekerjaan diberi rambu-rambu peringatan dan tanggap darurat terhadap kebakaran, bencana, dan hal-hal bahaya lainnya.
- Akses jalan wajib diberi *flag man*, seorang *flag man* bertugas untuk mengatur kelancaran lalu lintas kendaraan pada siang maupun malam hari saat pekerjaan

berlangsung. Selain itu, *flag man* juga bertanggung jawab mengontrol pergerakan kendaraan dan alat berat agar para pekerja aman dan tidak tertabrak kendaraan atau alat berat.

- Pemberian lampu di beberapa titik jalan.
- Pada malam hari truk yang melintas di kawasan proyek harus menyalakan lampu truk (lampu rotari truk).
- Kesehatan pekerja juga harus diperhatikan dan dipersyaratkan cek kesehatan secara berkala,
- Melakukan proteksi dan pemantuan pada lubang tertutup atau terbatas (*Confined Space*), apakah keadaan udara di sekitarnya aman dan tidak mengandung gas beracun.
- Apabila terjadi hujan lebat, semua aktivitas proyek dihentikan karena dapat membahayakan pekerja.
- Untuk mengatasi debu yang berlebihan pada proyek dilakukan penyiraman untuk pengendalian debu.
- Pemasangan penangkal petir di beberapa area proyek.
- Inspeksi pada kendaraan alat berat setiap 1 tahun sekali.
- Semua kendaraan alat berat harus memiliki surat izin kelayakan dengan masa berlaku selama 3 tahun. Sedangkan untuk perawatannya, alat berat dilakukan pemeriksaan rutin setiap tahun.
- Operator harus mempunyai izin dari Disnaker.
- Memperhatikan akses jalan warga di sekitaran proyek atau jalan sebelum adanya proyek.