

BAB III METODE PENELITIAN

A. Metode dan Desain Penelitian

Data SPT dan CPT merupakan data hasil pengukuran di lapangan yang telah dilakukan oleh tim geoteknik Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung dengan menggunakan alat geoteknik yang digunakan untuk proses pengeboran dan sondir pada tanah di daerah penelitian.

Dalam proses pengambilan data CPT, prinsip kerja alat sondir yaitu menekan stang dalam agar konus bergerak 4 cm ke dalam tanah, ketika konus (alat sondir) bergerak sedalam 4 cm, maka gaya yang diperlukan akan diukur (qc) pada manometer. Selain itu, gaya perlawanan/gaya lekat (fs) selama 20 cm pun diukur secara bersamaan dengan gaya tekan konus karena setelah konus masuk sedalam 20 cm, maka silinder pelekat akan dengan sendirinya akan melekat pada konus. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pengambilan yaitu data CPT yaitu alat sondir ini tidak dapat digunakan pada tanah yang keras.

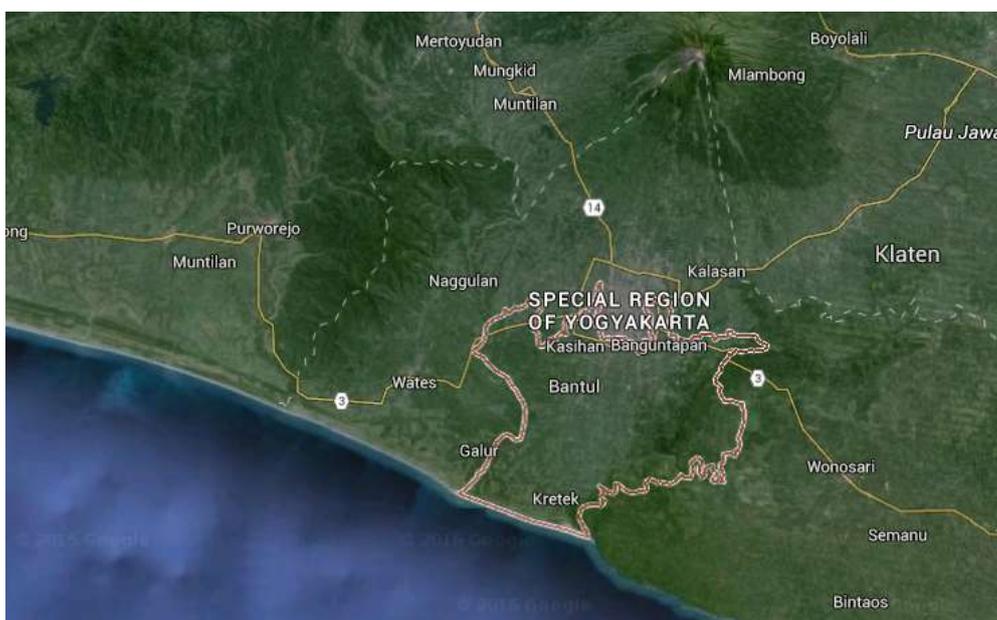
Sedangkan dalam proses pengambilan data SPT, prinsip kerja bor yaitu menumbuk/memukul tabung bor kedalam tanah setiap mencapai kedalaman 15 cm. Kemudian jumlah pukulan diukur setiap kedalaman. Jumlah pukulan ini dinamakan *N value./N-SPT*.

B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di kabupaten Bantul. Yogyakarta. Wilayah Kabupaten Bantul terdiri dari daerah dataran yang terletak pada bagian tengah dan daerah perbukitan yang terletak pada bagian timur dan barat, serta kawasan pantai di sebelah selatan. Kondisi bentang alam tersebut relatif membujur dari utara ke selatan. Secara geografis, Kabupaten Bantul terletak antara 07°44'04" 08°00'27" Lintang Selatan dan 110°12'34" - 110°31'08" Bujur Timur.

Di sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Gunungkidul, di sebelah utara berbatasan dengan Kota Yogyakarta dan Kabupaten Sleman, di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Kulon Progo, dan di sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Indonesia.

Kondisi geologi suatu tempat dapat mempengaruhi ada tidaknya potensi likuifaksi. Kondisi lingkungan geologi di daerah Bantul yaitu berupa jalur patahan Opak aktif, terdiri dari endapan aluvium dan endapan lahar dari Merapi yang terletak pada cekungan Bantul (*Bantul Graben*) yang tersusun oleh breksi vulkanik, andesit, aglomerat, perulangan breksi tufa dan lempung tufaan, batu pasir napalan, batu gamping, dan batu lanau (Daryono, 2010). Berdasarkan kondisi geologi ini, maka dapat memprediksi ada tidaknya potensi likuifaksi di kabupaten Bantul. Gambar 3.1 merupakan peta daerah Bantul.



Gambar 3.1 Peta Daerah Bantul, Yogyakarta (Google Earth)

C. Alur Penelitian

Berikut merupakan beberapa tahapan dalam proses penelitian yang dilakukan oleh peneliti untuk mendapatkan solusi penyelesaian masalah dan untuk mencapai tujuan yaitu sebagai berikut:

1. Studi Literatur

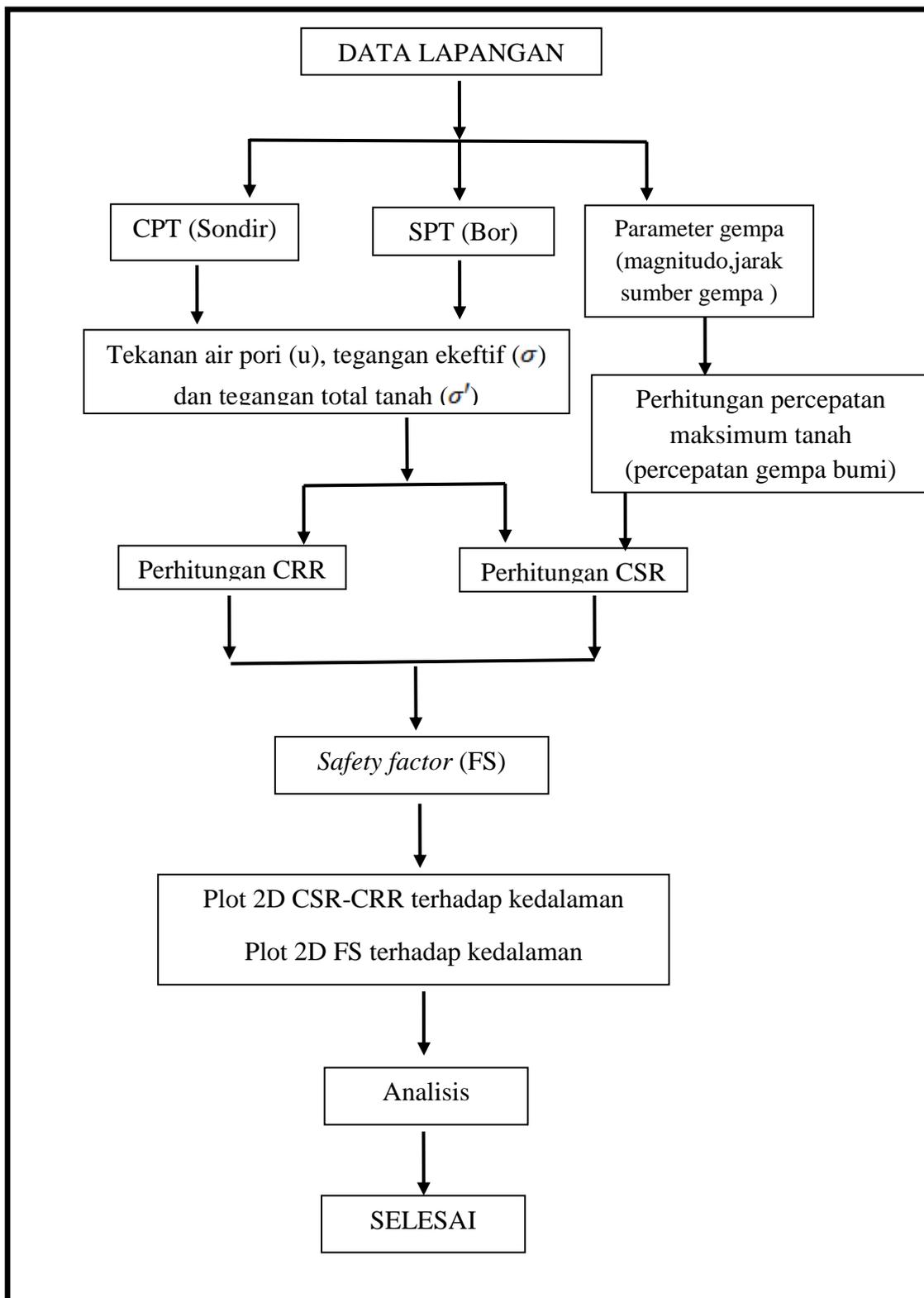
Dalam Studi literatur ini dilakukan untuk mempelajari secara lebih mendalam mengenai metode CPT dan metode SPT berdasarkan referensi yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Referensi tersebut dapat berupa buku, jurnal ilmiah dan artikel.

2. Data lapangan

Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data sekunder, yang artinya data yang digunakan bukan hasil pengambilan secara langsung ke lapangan oleh peneliti, melainkan hasil pengambilan data yang dilakukan oleh tim peneliti geoteknik Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung.

3. Pengolahan data SPT dan data CPT

Gambar 3.2 merupakan diagram alur untuk mengetahui ada tidaknya potensi likuifaksi akibat gempa bumi yang menimpa kabupaten Bantul, Yogyakarta pada 27 Mei 2006, dari data mentah sampai memperoleh grafik 2D potensi likuifaksi.



Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian

D. Teknik Pengambilan Data

1. Alat dan Bahan

Proses pengambilan data SPT dan CPT dilakukan oleh tim peneliti Geoteknologi LIPI Bandung yang dilakukan pada beberapa daerah di Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Dalam proses pengambilan data SPT dan CPT adalah sebagai berikut

a. CPT (*Cone Penetration Test*) atau Pengujian Sondir

Pengujian sondir atau metode CPT (*Cone Penetration Test*) merupakan pengujian secara statis yang menggunakan sebuah kerucut (konus) pada ujung stang yang ditekan langsung ke dalam tanah. Untuk menekan kerucut dan mengukur gaya menggunakan dongkrak mekanik dengan kecepatan yang teratur. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kuat dukung tanah yaitu dengan cara menghitung nilai perlawanan penetrasi konus (q_c) dan perlawanan lekat (f_s). Perlawanan penetrasi konus ini adalah perlawanan tanah terhadap ujung kerucut yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas (qc).

Stang yang digunakan untuk pengambilan sampel terdiri dari stang luar dan stang dalam. Stang luar ini berfungsi untuk memasukan kerucut ke dalam tanah, sedangkan stang dalam berfungsi untuk mengukur perlawanan kerucut terhadap tanah. Ketika stang dalam bergerak dan stang luar diam terjadi pengukuran konus. Sehingga gaya yang diukur merupakan gaya yang terjadi pada kerucut. Keuntungan dari data CPT ini yaitu dapat mengetahui profil atau propertis tanah yang lebih detail dibandingkan data SPT.

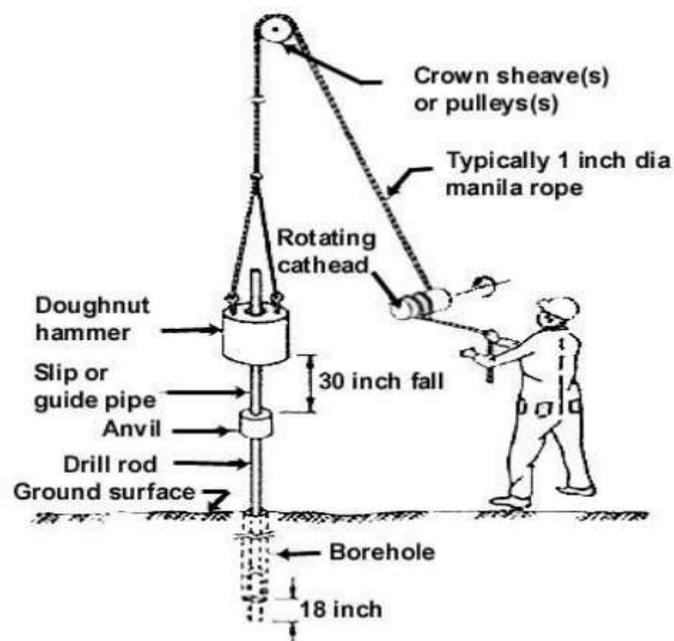
b. SPT (*Standar Penetration Test*) atau Pengujian Bor

SPT (*Standar Penetration Test*) atau pengujian statis yang menggunakan mesin bor untuk mengambil sampel tanah. Pengujian di laboratorium bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat tanah (gradasi butiran, kadar air, modulus geser, berat jenis, struktur tanah).

SPT (*Standar Penetration Test*) pada awalnya adalah proses pengambilan sampel tanah dengan menggunakan tabung. Karena diameter tabung berukuran

kecil sehingga tidak memungkinkan untuk mengambil sampel tanah dalam keadaan asli. Proses pengambilan sampel ini kemudian dikembangkan menjadi beberapa fungsi yaitu selain sebagai pengambilan sampel juga berfungsi sebagai pengukur kekuatan dan kepadatan tanah.

Prinsip kerja alat ini yaitu memasukan tabung pada lubang bor dengan cara dipukul masuk ke tanah ketika tabung sudah masuk ke dalam tanah setiap pada kedalaman 15 cm maka jumlah pukulan dihitung. Jumlah pukulan ini disebut *N value*. Kemudian tabung dikeluarkan dari tabung untuk mengambil sampel tanah. Sampel tanah yang didapatkan kemudian dibawa ke laboratorium untuk diuji keteknikan sampel tanah tersebut. Gambar 3.3 merupakan mekanisme untuk mendapatkan data SPT.



Gambar 3.3 Mekanisme *Standar Penetration Test* (Robertson & Wride, 1998)

Setelah mendapatkan data SPT dan CPT, data tersebut diolah untuk mengetahui ada tidaknya potensi likuifaksi di daerah yang diteliti. Hasil pengolahan data berupa grafik 2D potensi likuifaksi pada kedalaman tertentu setiap daerah yang diteliti.

2. Akuisisi Data

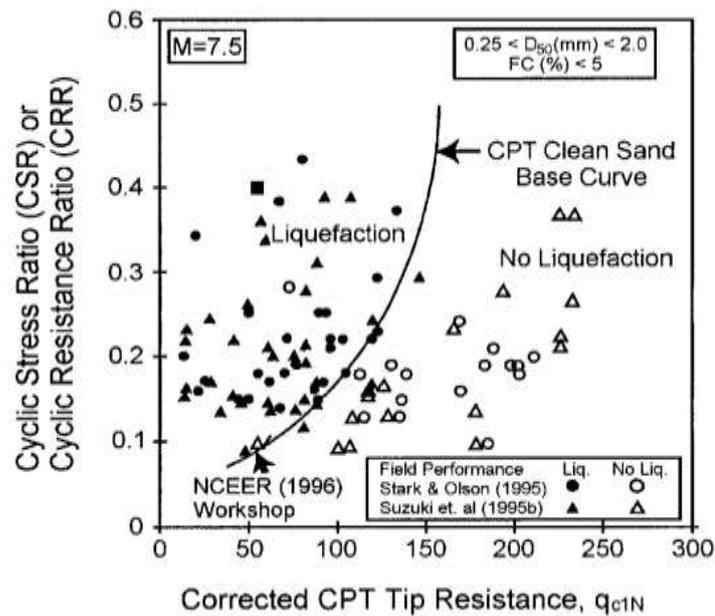
Akuisisi data merupakan proses pengambilan data SPT dan CPT di lokasi penelitian. Untuk pengambilan data SPT, digunakan bor yang berfungsi untuk mengambil sampel tanah dan nilai N-SPT pada kedalaman tertentu. Sedangkan untuk mendapatkan data CPT menggunakan alat sondir yang berfungsi untuk mendapatkan nilai gaya tekan konus (qc) dan gaya perlawanan lekat (fs).

E. Tahapan Pengolahan Data

Data yang dihasilkan dari proses akuisisi data dari uji sondir dan pengeboran berupa nilai gaya tekan konus dan energi penumbuk berupa nilai N-SPT pada beberapa kedalaman di daerah penelitian. Untuk mengetahui potensi likuifaksi pada kedalaman tertentu, maka data SPT yang berupa nilai energi (N-SPT) dan data CPT berupa gaya yang bekerja pada alat sondir (qc) dan (fs), maka diperlukan perhitungan. Dalam pengolahan data SPT, terlebih dahulu menentukan nilai tegangan geser siklik akibat gempa bumi (CSR) dengan menggunakan persamaan 2.19, kemudian menentukan nilai ketahanan tanah terhadap likuifaksi atau CRR dan menentukan nilai faktor keamanan untuk setiap daerah penelitian. Setelah itu membuat grafik 2D hubungan antara kedalaman terhadap CSR/CRR dan kedalaman setiap daerah penelitian terhadap faktor keamanan seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

1. Metode NCEER (*National Center Of Earthquake Engineering Research*), 1996, 1998 (Data CPT)

Data CPT memiliki keuntungan, salah satunya yaitu dapat mengetahui profil atau propertis tanah yang lebih detail dibandingkan data SPT. Gambar 3.3 merupakan kurva rekomendasi dari Robertson dan Wride 1998 yang digunakan oleh NCEER.



Gambar 3.4 Kurva hubungan antara CSR/CRR dengan q_{c1N} (Robertson & Wride, 1998)

Gambar kurva 3.4 menunjukkan daerah yang berpotensi likuifaksi dan daerah yang tidak berpotensi likuifaksi. Pada kurva tersebut khusus untuk tanah *clean sand* dengan nilai *Fine content* (FC) atau faktor keamanan sebesar $\leq 5\%$. Berdasarkan kurva diatas, Robertson & Wride (1998) mengusulkan persamaan 3.1 dan 3.2 untuk mengetahui daerah yang berpotensi likuifaksi.

$$\text{If } (q_{c1N}) < 50 \text{ } CRR_{7.5} = 0.833 [(q_{c1N})_{cs}/1.000] + 0.05 \quad (3.1)$$

$$\text{If } 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160 \text{ } CRR_{7.5} = 93 [(q_{c1N})_{cs}/1.000]^3 + 0.08 \quad (3.2)$$

Dengan $(q_{c1N})_{cs}$ = tahanan ujung ternormalisasi *clean sand* pada tekanan 100 kPa (1 atm). Untuk mendapatkan nilai $(q_{c1N})_{cs}$ maka dapat menggunakan persamaan 3.3.

$$q_{c1N} = C_Q \left(\frac{q_c}{P_a} \right) \quad (3.3)$$

$$C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'} \right)^n \quad (3.4)$$

dengan q_{c1N} = tahanan ujung ternormalisasi

C_Q = faktor normalisasi dengan nilai ≤ 1.7

n = nilai eksponen yang bergantung pada jenis tanah

P_a = tekanan atmosfer ($\pm 1 \text{ kg/cm}^2$), dan

σ' = tegangan efektif

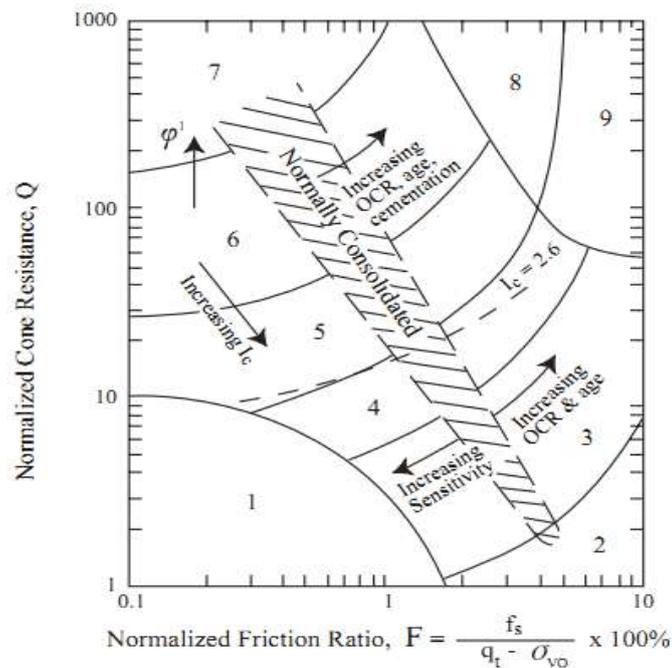
q_c = ketahanan *cone penetration* di lapangan yang diukur pada ujungnya

Dengan nilai n dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah dalam Sucipto, Y. A (2015) usulan Olsen (1997) yang terdapat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Penentuan nilai n berdasarkan jenis tanah (Olsen, 1997)

Soil Type	Exponen Value (n)
Clayey Soil	1
Clean Soil	0.5
Sand Soil	0.5 – 1

Adapun kurva yang dapat dijadikan acuan untuk menentukan jenis tanah yang diusulkan oleh Robertson (1990) yaitu terdapat pada gambar 3.4.



- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Sensitive, fine grained | 6. Sands - clean sand to silty sand |
| 2. Organic soils - peats | 7. Gravelly sand to dense sand |
| 3. Clays - silty clay to clay | 8. Very stiff sand to clayey sand* |
| 4. Silt mixtures - clayey silt to silty clay | 9. Very stiff, fine grained* |
| 5. Sand mixtures - silty sand to sandy silt | |

*Heavily overconsolidated or cemented

Gambar 3.5 Kurva Untuk Menentukan Jenis Tanah (Robertson, 1990)

Untuk mengevaluasi potensi likuifaksi pada suatu daerah, Robertson & Wride mengusulkan persamaan 3.5 yang merupakan persamaan untuk menentukan indeks perilaku tanah. Dengan mengetahui indeks perilaku tanah, maka akan lebih mudah menentukan jenis tanahnya.

$$I_c = [(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2]^{0.5} \quad (3.5)$$

$$Q = [(q_c - \sigma_{vo}) + (P_a / \sigma'_{vo})^n] \quad (3.6)$$

$$F = [f_s / (q_c - \sigma_{vo})] + 100 \% \quad (3.7)$$

dimana: I_c = Indeks perilaku tanah (*Soil Behavior Index*), jika nilai $I_c \geq 2.6$ maka daerah penelitian tidak berpotensi likuifaksi

F = Rasio pergeseran ternormalisasi (*normalized friction ratio*)

Q = Tahanan ujung ternormalisir

f_s = Tahanan selimut

Nilai q_{c1N} dapat dikoreksi terhadap keberadaan kandungan butir halus dengan menggunakan konstanta K_C .

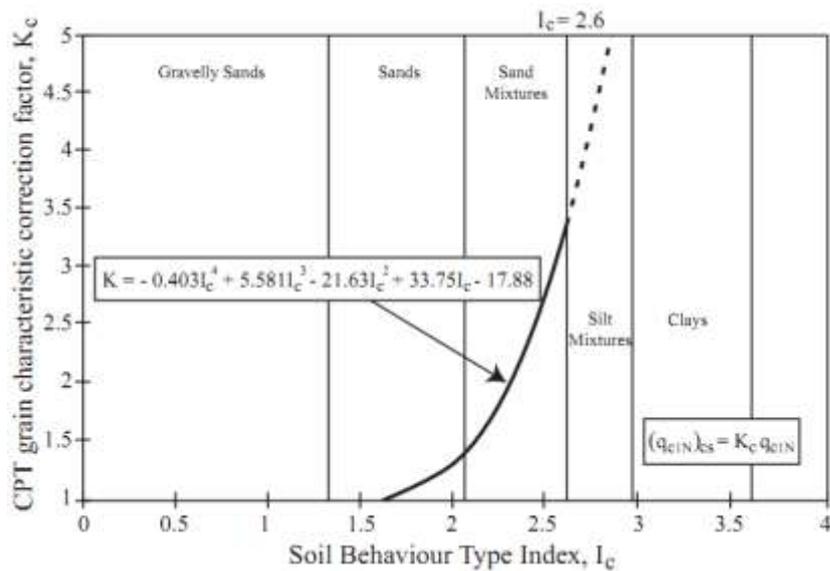
$$q_{c1N} = \frac{(q_{c1N})_{CS}}{K_C} \quad (3.8)$$

Dimana K_C = Faktor koreksi untuk karakteristik ukuran butiran. Untuk menentukan nilai K_C , maka dapat menggunakan persamaan 3.9 dan 3.10 (Robertson & Wride, 1998):

$$\text{for } I_c \leq 1.64 \quad K_C = 1.0 \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} \text{for } I_c > 1.64 \quad K_C = & -0.403 I_c^4 + 5.581 I_c^3 - 21.63 I_c^2 \\ & + 33.75 I_c - 17.88 \end{aligned} \quad (3.10)$$

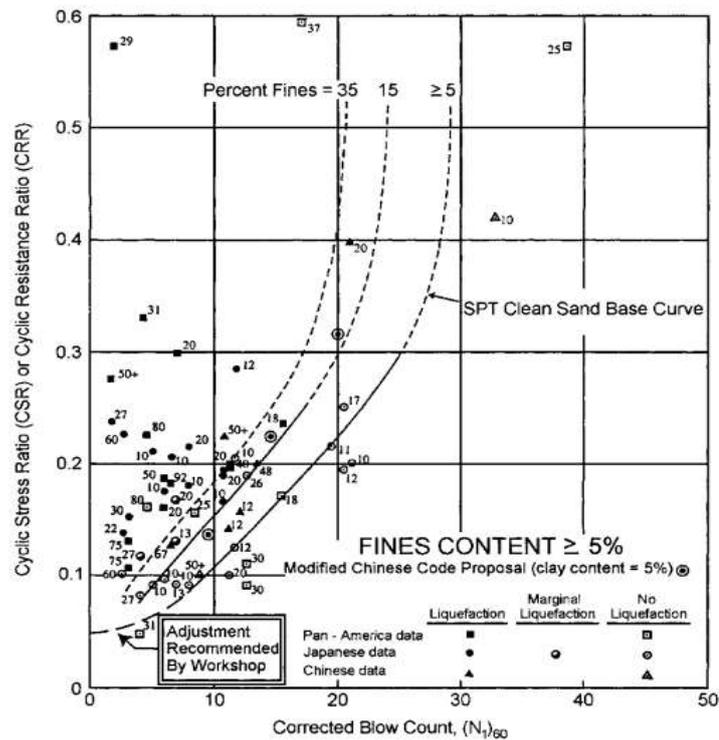
Gambar 3.6 merupakan grafik nilai ukuran butiran terhadap faktor koreksi, dalam kurva tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar terdiri dari tanah berbutir halus dengan nilai $I_c \geq 2.6$, sehingga di daerah tersebut tidak berpotensi terjadinya likuifaksi.



Gambar 3.6 Faktor koreksi karakteristik ukuran butiran tanah
(Roberston & Wride, 1998)

2. Metode NCEER (*National Center Of Earthquake Engineering Research*), 1996, 1998 (Data NSPT)

Untuk mengetahui kriteria adanya potensi likuifaksi dari data NSPT dengan metode NCEER, Seed & Idriss (1982) memodifikasi kurva yang terdapat pada gambar 2.14 pada garis yang memiliki presentasi *fine content* $\leq 5\%$.



Gambar 3.7 Modifikasi kurva CSR terhadap $(N_1)_{60}$ (Seed dkk, 1985)

Persamaan 3.11 merupakan persamaan untuk menentukan nilai CRR yang diusulkan oleh A.F. Rauch (1998).

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 \times (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200} \tag{3.11}$$

Persamaan 3.13 hanya berlaku untuk $(N_1)_{60} \leq 30$. Jika $(N_1)_{60} < 30$ maka daerah yang diteliti berpotensi likuifaksi, jika $(N_1)_{60} \leq 30$ maka daerah yang diteliti dianggap tidak rentan terhadap likuifaksi. Untuk menentukan nilai $(N_1)_{60}$ maka dapat menggunakan persamaan berikut:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S \tag{3.12}$$

Nilai C_N, C_E, C_B, C_R dan C_S dapat ditentukan dari tabel 2.5 koreksi terhadap nilai NSPT yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.2 Koreksi terhadap nilai NSPT (Skempton, 1986)

Faktor	Equipment variable	Term	Correction
Overburden pressure	-	C_N	$(Pa/\sigma'_{vo})^{9.5}$
Overburden pressure	-	C_N	$C_N \leq 1.7$
Energy ratio	Donut hammer	C_E	0.5 – 1.0
Energy ratio	Safety hammer	C_E	0.7 – 1.2
Energy ratio	Automatic-trip donut type hammer	C_E	0.8 – 1.3
Borehole diameter	65-115 mm	C_B	1.0
Borehole diameter	150 mm	C_B	1.05
Borehole diameter	200 mm	C_B	1.15
Rod length	<3 m	C_R	0.75
Rod length	3-4 m	C_R	0.8
Rod length	4-6 m	C_R	0.85
Rod length	6-10 m	C_R	0.95
Rod length	10-30 m	C_R	1.0
Sampling method	Standard sampler	C_S	1.0
Sampling method	Sampler without liners	C_S	1.1 – 1.3

Persamaan 3.13 merupakan persamaan untuk menentukan nilai $(N_1)_{60}$ dikoreksi terhadap *fine content* dan dievaluasi kembali oleh I.M. Idris menjadi $(N_1)_{60cs}$, karena kandungan *fine content* dianggap signifikan terhadap likuifaksi.

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta(N_1)_{60} \quad (3.13)$$

$$\alpha = 0 \text{ for } FC \leq 5 \% \quad (3.14a)$$

$$\alpha = e^{[1.76 - \frac{190}{FC^2}]} \text{ for } 5 \% < FC < 35\% \quad (3.14b)$$

$$\alpha = 5,0 \text{ for } FC \geq 35 \% \quad (3.14c)$$

$$\beta = 1,0 \text{ for } FC \leq 5 \% \quad (3.15a)$$

$$\beta = [0.99 + (FC^{1.5}/1,000)] \text{ for } 5 \% < FC < 35\% \quad (3.15b)$$

$$\beta = 1,2 \text{ for } FC \geq 35 \% \quad (3.15c)$$

Setelah tahapan pengolahan data diatas selesai, maka menentukan nilai faktor keamanan terhadap likuifaksi dengan menggunakan persamaan 2.35 yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.