

KAPASITAS DUKUNG TANAH LANAU MENGGUNAKAN PARAMETER UJI DCP DENGAN MENGADOPSI KORELASI HAMBATAN KONUS CPT DENGAN DCP

Benyamin Bontong*

Abstract

The objective of this research is to find out the bearing capacity formula on silty soil based on DCP parameter, that was adopted from the correlation of the CPT's cone resistance with the DCP value. The research material is silty soil that was taken from Kelurahan Tondo, Kota Palu. The CPT and DCP testing was performed on several variations of densities and water content. The result of the research shows that there is a specific correlation between cone resistance and DCP value that can be approached by formula $q_c = 93.85 DCP^{-1.166}$. Based on that correlation, it was found out the simple approach formula to estimate the ultimate bearing capacity of silty soil in the form of $q_u = 26 DCP^{-1.166}$.

Key words : Cone resistance, DCP value, bearing capacity

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan rumus kapasitas dukung tanah lanau berdasarkan parameter nilai DCP yang diadopsi dari korelasi hambatan konus uji CPT dengan nilai DCP. Material penelitian adalah lanau yang diambil di Kelurahan Tondo, kota Palu. Pengujian CPT dan DCP dilakukan pada beberapa variasi kepadatan dan kadar air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada korelasi spesifik antara hambatan konus dengan nilai DCP yang dapat didekati dengan persamaan $q_c = 93.85 DCP^{-1.166}$. Berdasarkan korelasi tersebut didapatkan rumus pendekatan sederhana untuk mengestimasi kapasitas dukung ultimit tanah lanau dalam bentuk $q_u = 26 DCP^{-1.166}$.

Kata Kunci : Kuat tekan, abu terbang, beton

1. Pendahuluan

Kapasitas dukung tanah merupakan salah satu hal penting dalam perencanaan pondasi. Untuk merencanakan pondasi yang aman dan ekonomis, dibutuhkan data hasil penyelidikan lapisan tanah pendukung pondasi. Ada beberapa metode penyelidikan tanah yang lazim dilakukan antara lain uji penetrasi sondir (CPT), pemboran/sampling untuk uji laboratorium dan uji SPT. Untuk bangunan berskala kecil seperti bangunan perumahan dengan lebar pondasi yang relatif kecil, informasi

mengenai karakteristik lapisan tanah tidak perlu mencakup kedalaman yang besar (kedalaman sekitar dua kali lebar pondasi biasanya dianggap sudah cukup memadai). Untuk kondisi seperti ini, alat tersebut di atas kurang praktis dan relatif mahal. Penelitian ini mengkaji kapasitas dukung tanah lanau dengan menggunakan parameter hasil uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dengan pertimbangan alat ini jauh lebih cepat dan murah dalam penggunaannya (Jones, 2004). Data uji DCP terlebih dahulu dikorelasikan dengan data uji Sondir (CPT), hasilnya

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

dikonversi sebagai parameter kapasitas dukung pondasi. Studi kasus dilakukan pada tanah lanau di Tondo, kota Palu.

2. Tinjauan Pustaka

Dalam mengestimasi kapasitas dukung tanah untuk pondasi dangkal dikenal beberapa metode dimana masing-masing metode memerlukan data parameter tanah. Parameter kuat geser tanah c dan ϕ yang diperoleh melalui penyelidikan di laboratorium, diaplikasikan antara lain pada metode Terzaghi (Das, 1995) yang sangat terkenal itu, dengan formula kapasitas dukung batas sebagai berikut:

untuk pondasi lajur:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B\gamma \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:
 c = kohesi
 γ = berat isi tanah
 B = lebar pondasi
 q = $\square D_f$
 D_f = kedalaman pondasi
 N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas dukung (fungsi sudut geser ϕ)

Selain itu terdapat pula metode perhitungan kapasitas dukung yang menggunakan parameter hasil pengujian langsung dari lapangan antara lain dari hasil uji penetrasi statis yang lazim dikenal dengan uji sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT). Untuk tanah kohesif (lanau dan lempung), kuat geser *undrained* menurut Begemann (Bowles, 1988) mengusulkan formula sebagai berikut:

$$S_u = \frac{q_c - q}{N'_c} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:
 S_u = kuat geser *undrained*

q_c = hambatan konus (dari hasil uji sondir)
 q = tekanan overburden efektif

Begemann dalam Sosrodarsono et.al (1984) mengusulkan persamaan untuk tanah kohesif sebagai berikut:

$$q_c = 14 c_u \dots\dots\dots(3)$$

dimana:
 c_u = kohesi *undrained* dari uji triaksial.

Jacobs (2004) mengusulkan hubungan estimasi awal kuat geser *undrained* sebagai berikut:;

$$c_u = \frac{q_c}{N'_k} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:
 $N'_k = 17 - 18$ untuk tanah terkonsolidasi normal (N.C)
 $= 20$ untuk tanah terkonsolidasi over (O.C)

Secara lebih detail, kuat geser *undrained* dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Jacobs, 2004):

$$c_u = \frac{q_c - q}{N_k} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:
 $N'_k = 15 - 16$ untuk tanah terkonsolidasi normal (N.C)
 $= 18 - 19$ untuk tanah terkonsolidasi over (O.C)

Persamaan (5) ini sama dengan yang diusulkan Begemann (Bowles, 1988).

Untuk menganalisis kapasitas dukung berdasarkan parameter hasil pengujian DCP, dilakukan terlebih dahulu pengujian dengan menggunakan alat penetrasi sondir

bersama-sama dengan pengujian dengan alat DCP pada sampel tanah lanau yang sama. Dari hasil pengujian dibuat korelasi keduanya untuk mendapatkan nilai hambatan konus hasil uji sondir q_c , sebagai fungsi dari nilai hambatan penetrasi DCP ataupun SPR. Hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$q_c = f(DCP) \text{ atau } q_c = f_1(SCR)$$

dimana DCP dan SPR keduanya merupakan parameter hasil uji alat *Dynamic Cone Penetration*, (Jones, 2004) dengan arti masing-masing sebagai berikut:

- DCP menyatakan mudah tidaknya melakukan penetrasi ke dalam tanah, dinyatakan dalam mm/tumbukan (*mm/blow*)
- SPR menyatakan tingkat kesukaran melakukan penetrasi ke dalam tanah, dinyatakan dalam tumbukan/mm (*blow/mm*)
- $SPR = 1/DCP$

Dengan mengetahui korelasi tersebut, hasilnya disubstitusikan ke dalam persamaan-persamaan (1) sampai dengan (5) di atas.

3. Metode Penelitian

3.1 Bahan penelitian

Bahan penelitian adalah tanah lanau yang diambil di kelurahan Tondo, sebelah Timur gedung SMU Negeri 5 Palu. Hasil pengujian sifat fisik dan indeks bahan disajikan pada Tabel 1.

3.2 Perlakuan kadar air

Perlakuan variasi kadar air untuk pengujian dipilih sekitar 4 %, 11%, 18%, 25% dan 32%. Rentang kadar air diambil cukup lebar supaya pengaruh perubahannya nyata (dua variasi di bawah kadar air optimum dan dua variasi di atasnya), dan nilai tengahnya

dipilih kadar air optimum yang didapatkan dari pematatan standar ($w_{opt}=18\%$).

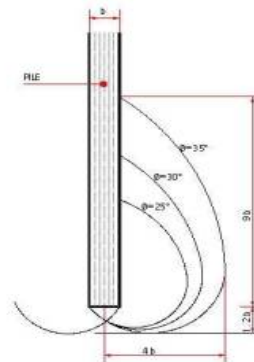
Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Indeks bahan

Parameter	Nilai
Batas cair, <i>LL</i>	43,0 %
Batas Plastis <i>PL</i>	30,0 %
Indeks Plastis, <i>PI</i>	13,0 %
Berat spesifik, <i>GS</i>	2,67
Fraksi butiran halus (<i>lolos # 200</i>)	79,5 %
Simbol Klasifikasi USCS	ML
Kadar air optimum w_{opt} .	18,0 %

Sumber: Bontong, 2009

3.3 Perlakuan kepadatan

Contoh tanah dipadatkan dalam satu cetakan berbentuk kotak yang terbuat dari beton ber dinding tebal. Kotak dibuat dengan ukuran panjang dan lebar masing-masing 40cm dan tinggi 72 cm. Ukuran dipilih sedemikian rupa sehingga pengaruh faktor skala diminimalkan. Menurut Brouwer (2002), uji penetrasi konus dapat dipandang sebagai tiang skala kecil. Untuk suatu tiang, pengaruh keruntuhan mencapai kira-kira 4 kali diameter (lihat gambar 1 berikut).



Gambar 1. Bidang geser runtuh tiang (Brouwer, 2002)

3.4 Alat uji penelitian

Alat uji sondir yang digunakan adalah sondir tipe *Dutch Cone Penetrometer Test (DCPT)*, dengan alat penetrasi konus biasa, mengacu pada standar rujukan SNI 03-2827-1992. Spesifikasi alat sebagai berikut:

- Konus dengan diameter 3,57 cm
- Luas penampang konus 10,0 cm²
- Sudut puncak konus 60°

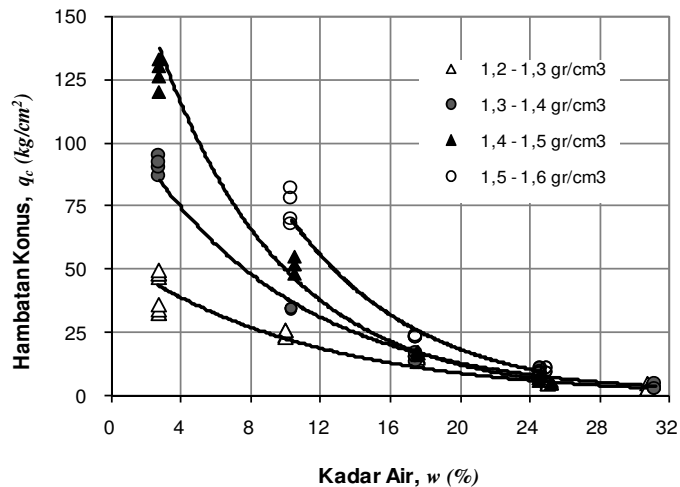
Alat uji DCP yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis yang dikembangkan oleh Transport and Road Research Laboratory (TRL), Crowthorne Berkshire, Inggris (Jones, 2004; Illinois, 2005), buatan MBT (type DCP 274 MBT). dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Massa palu penumbuk (*hammer*) 8 kg
- Tinggi jatuh 575 mm
- Diameter konus 20 mm
- Sudut puncak konus 60°

4. Hasil dan Pembahasan

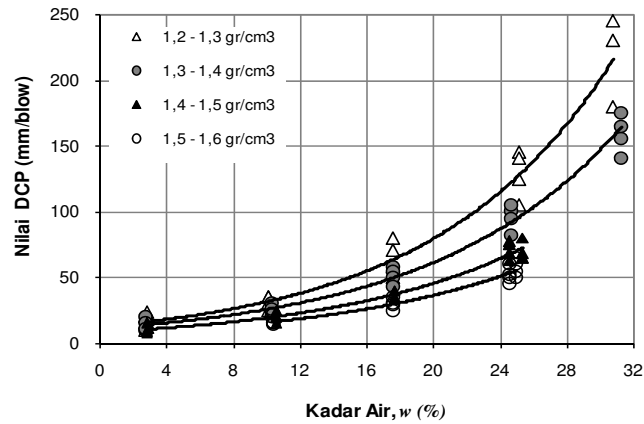
Hasil pengujian penetrasi sondir pada beberapa kondisi kepadatan dan kadar air untuk tanah lanau diperlihatkan dalam bentuk grafik pada gambar yang disajikan berikut ini. Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan antara hambatan konus q_c dengan kadar air w untuk beberapa variasi tingkat kepadatan (γ) tanah.

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar air w , semakin rendah hambatan konus q_c untuk setiap rentang kepadatan kering \square_d . Pada saat kadar air menuju ke posisi semakin kering, maka semakin tinggi kepadatan kering semakin tinggi pula gradien kurva q_c vs w (semakin besar rasio q_c/w). Pada saat kadar air tinggi (pada gambar di atas melebihi 24%), perubahan kadar air maupun kepadatan kering hampir tidak berpengaruh pada perubahan hambatan konus q_c .

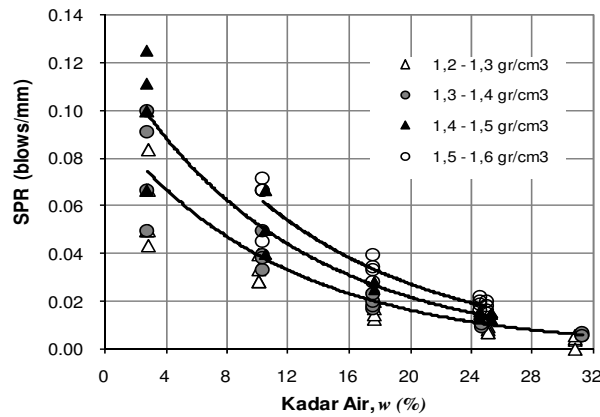


Gambar 2. Grafik hubungan antara hambatan konus vs kadar air untuk beberapa rentang tingkat kepadatan.

Kapasitas Dukung Tanah Lanau Menggunakan Parameter Uji DCP
 Dengan Mengadopsi Korelasi Hambatan Konus CPT dengan DCP
 (Benyamin Bontong)



Gambar 3. Grafik hubungan antara nilai DCP vs kadar air untuk beberapa rentang tingkat kepadatan.



Gambar 4. Grafik hubungan antara hambatan penetrasi dalam Skala SPR vs kadar air untuk beberapa rentang tingkat kepadatan.

Hasil pengujian penetrasi *Dynamic Cone Penetrometer* pada beberapa kondisi kepadatan dan kadar air yang dinyatakan dalam besaran skala DCP diperlihatkan pada gambar 3. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa semakin tinggi kadar air w , semakin tinggi pula nilai

DCP yang berarti semakin mudah melakukan penetrasi ke dalam massa tanah.

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian penetrasi *Dynamic Cone Penetrometer* yang dinyatakan dalam besaran skala SPR. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa semakin

meningkat kadar air w , semakin berkurang nilai SPR yang berarti semakin rendah hambatan penetrasi. Hal ini memperlihatkan kondisi yang berkebalikan dengan skala DCP sebelumnya.

Untuk mengetahui bentuk korelasi antara hambatan konus q_c dengan nilai skala DCP, dibuat kurva hubungan antara q_c vs nilai DCP, sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 5.

Gambar 5 diplot untuk arah vertikal, panah ke atas kadar air berkurang dan untuk arah horisontal, panah kekanan kadar air meningkat. Gambar tersebut memperlihatkan adanya suatu korelasi yang spesifik antara nilai hambatan konus q_c terhadap nilai DCP dimana secara visual korelasi tersebut tidak tergantung pada tingkat kepadatan dan kadar air tanah. Hal ini nyata dari titik-titik data yang saling berimpitan (*overlapping*) di

sana-sini untuk variasi kepadatan kering dan kadar air yang ada. Berdasarkan kondisi tersebut, korelasi dapat diungkapkan dalam satu hubungan spesifik tanpa menyatakan variasi kepadatan dan kadar air sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 6. Korelasi antara hambatan konus q_c dengan nilai skala DCP dapat didekati dengan suatu fungsi perpangkatan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

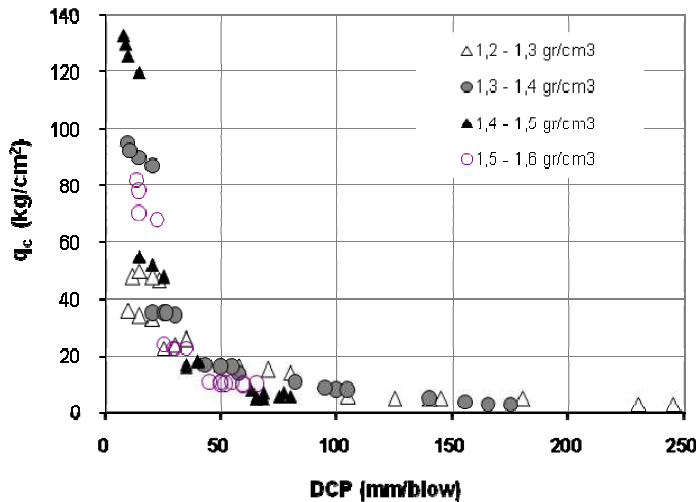
$$y = 93.85x^{-1.166}$$

dimana :

- y = hambatan konus q_c . (kg/cm²)
- x = nilai skala DCP (cm/blow)

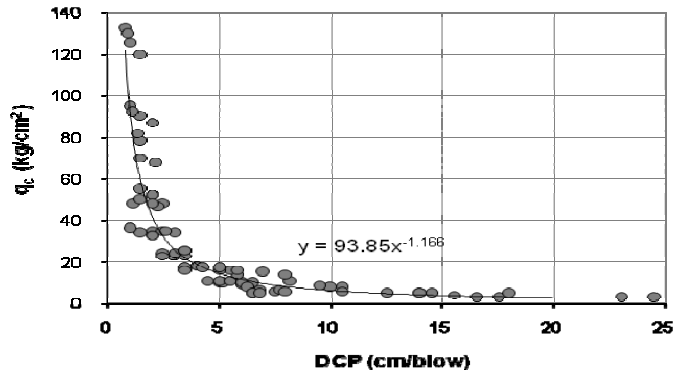
Dengan lebih spesifik dapat ditulis sebagai berikut:

$$q_c = 93.85 DCP^{-1.166} \dots\dots\dots(6)$$

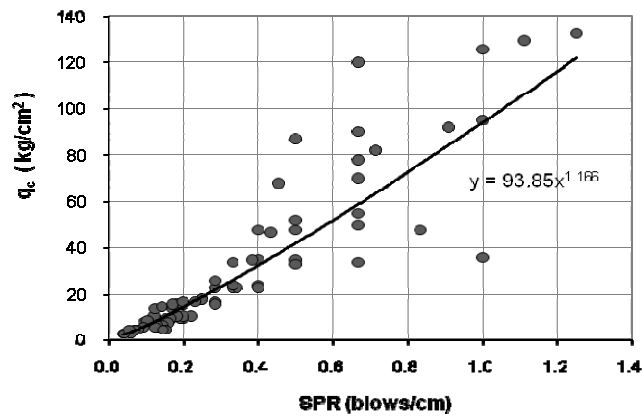


Gambar 5. Grafik hubungan antara hambatan konus q_c terhadap nilai DCP untuk beberapa variasi kepadatan kering.

Kapasitas Dukung Tanah Lanau Menggunakan Parameter Uji DCP
 Dengan Mengadopsi Korelasi Hambatan Korus CPT dengan DCP
 (Benyamin Bontong)



Gambar 6. Grafik korelasi hambatan korus q_c terhadap nilai DCP



Gambar 7. Grafik korelasi hambatan korus q_c dengan nilai SPR.

Korelasi tersebut dapat pula dinyatakan dalam bentuk hubungan antara hambatan korus q_c dengan SPR, yang diperlihatkan pada gambar 7. Hubungan tersebut dapat didekati dengan suatu formula sebagai berikut:

$$y = 93.85 x^{1.166}$$

atau

$$q_c = 93.85 \text{ SPR}^{1.166} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana nilai SPR adalah kebalikan dari nilai DCP, sebagaimana telah didefinisikan sebelumnya bahwa $\text{SPR} = 1 / \text{DCP}$.

Gambar 7 menunjukkan titik-titik data yang menyebar (deviasi besar). Jika dibandingkan antara gambar 6 dengan gambar 7, dapat disimpulkan bahwa gambar 6 menampilkan korelasi yang lebih tegas. Berdasarkan alasan tersebut maka pada tulisan ini korelasi pada gambar 6 dipilih untuk menjadi parameter dalam menghitung

kapasitas dukung tanah, sebagaimana yang dituangkan pada persamaan (6) yaitu:

$$q_c = 93.85 DCP^{-1.166}$$

dimana:

$$q_c \text{ dalam } kg/cm^2$$

$$DCP \text{ dalam } cm/blow$$

Jika persamaan terakhir ini disubstitusikan pada persamaan (5), di dapat:

$$c_u = \frac{93.85 DCP^{-1.166} - q}{N_k}$$

Atau dalam bentuk yang lebih sederhana pada persamaan (4) menjadi:

$$c_u = \frac{93.85 DCP^{-1.166}}{N_k}$$

Jika diambil nilai estimasi rata-rata $N_k = 18$ maka:

$$c_u = \frac{93.85 DCP^{-1.166}}{18} = 5.2 DCP^{-1.166}$$

dimana c_u dalam kg/cm^2 dan nilai DCP dalam $cm/blow$.

Dengan mengacu pada persamaan (1), untuk kondisi *Undrained* (kondisi paling kritis) pada tanah kohesif ($\phi = 0$), rumus pendekatan kapasitas dukung batas dapat ditulis:

$$q_u = c_u N_c$$

atau

$$q_u = (5.2 DCP^{-1.166}) 5.14$$

$$q_u = 26 DCP^{-1.166} \dots\dots\dots(8)$$

dimana q_u dalam kg/cm^2 (kapasitas dukung batas), DCP dalam $cm/blow$.

Persamaan (8) hanya merupakan rumus pendekatan sederhana dan disarankan menggunakan angka keamanan 3 atau 4.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas, maka untuk tanah lanau yang diteliti dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Terdapat korelasi yang spesifik antara nilai hambatan konus q_c terhadap nilai DCP dimana secara visual korelasi tersebut tidak tergantung pada tingkat kepadatan maupun kadar air tanah.
- 2) Korelasi antara hambatan konus q_c dengan nilai DCP dapat didekati dengan persamaan pangkat dalam bentuk $q_c = 93.85 DCP^{-1.166}$.
- 3) Kapasitas dukung batas dalam kondisi *undrained* pada tanah lanau dengan klasifikasi ML dapat diestimasi dengan rumus pendekatan sederhana dalam bentuk $q_u = 26 DCP^{-1.166}$

6. Daftar Pustaka

Bontong B., 2009, *Pengaruh Kepadatan dan Kadar Air terhadap Hambatan Penetrasi Sondir pada Tanah Lanau*, Jurnal Mektek Fak. Teknik Untad, Tahun XI No. 2

Bowles, J.E, 1997, *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill, Fourth Edition.

Brouwer, J.J.M, 2002, *Guide To Cone Penetration Testing On Shore And Near Shore*, Lankelma CPT Ltd., First Edition.

Das, B.M, 1995, *Principles of Foundation Engineering*, PWS-Kent, Third Edition.

Kapasitas Dukung Tanah Lanau Menggunakan Parameter Uji DCP
Dengan Mengadopsi Korelasi Hambatan Konus CPT dengan DCP
(Benyamin Bontong)

- Illinois Department of Transportation,
2005, *Pavement Technology
Advisory, Dynamic Cone
Penetrometer*, Springfield.
- Institution of Civil Engineering, 1989 ,
Penetration Testing ,
Proceedings of the
Geotechnology Conference,
Thomas Telford, London.
- Jacobs P., 2004, *Simplified Description of
the Use and Design Methods for
CPTs in Ground Engineering*,
Fugro Engineering Services Ltd,
Oxfordshire
- Jones C., 2004, *Dynamic Cone
Penetrometer test and Analysis*,
TRL Limited, England
- Sosrodarsono S., dan Nakazawa K., 1984,
*Mekanika Tanah & Teknik
Pondasi*, Pradnya Paramita,
Jakarta