

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dan kajian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah lempung teguh Jakarta merupakan tanah lempung tersementasi. Hal ini terbukti dari hasil pemeriksaan dengan difraksi sinar x yang menunjukkan keberadaan senyawa-senyawa kimiawi yang merupakan komponen kimiawi material semen.
2. Model *cavity expansion* Meksi tidak dapat diaplikasikan untuk mencari parameter kuat geser lempung teguh Jakarta. Dalam penelitian ini model Meksi dikembangkan lebih lanjut untuk mencari parameter c dan ϕ .
3. Lempung teguh tersementasi Jakarta tidak menunjukkan perilaku dilatansi, dengan kata lain sudut dilatansi lempung teguh tersementasi ini sama dengan nol ($\psi = \phi'_{\text{peak}} = \phi'_{\text{ultimate}} = 0$). Hal ini terbukti dari hanya ada satu nilai ϕ_{PMT} yang dihasilkan, dalam arti kata $\phi_{\text{PMT}} = \phi'_{\text{peak}} = \phi'_{\text{ultimate}}$. Juga terlihat dari kurva uji PMT yang hingga mencapai regangan 22-30% semuanya masih berbentuk kurva *strain hardening* dan tidak ada bagian yang mengalami *strain softening* (catatan: sudut dilatansi akan ada pada tanah yang kurva tegangan regangannya menunjukkan *strain softening*). Dari simulasi numerik dengan program elemen hingga juga didapatkan tidak ada efek sudut dilatansi.
4. Pengaruh nilai kekakuan atau modulus deformasi tanah, E , sangat besar dalam usaha menghitung berapa nilai c dan ϕ tanah dari data uji PMT, terbukti dari simulasi numerik yang dilakukan. Penelitian terhadap persamaan-persamaan

teori *cavity expansion* silindris menunjukkan bahwa kunci untuk dapat menurunkan parameter kuat geser c dan ϕ dari data uji PMT adalah melakukan modifikasi dan pengembangan formulasi perubahan kekakuan tanah (persamaan 2.28). Dari penelitian yang dilakukan ditemukan dua pengembangan metoda *cavity expansion* yang memungkinkan nilai kuat geser c dan ϕ diperoleh dari uji PMT.

Pengembangan pertama adalah memformulasikan fungsi indeks kekakuan a sebagai berikut:

- Sebelum tegangan leleh P_y tercapai digunakan persamaan:

$$E_s = E_o \left(\frac{\sigma_{rc}}{P_o} \right)^a \quad \text{dengan } a = 0.5$$

- Pada dan di atas tegangan leleh P_y digunakan persamaan:

$$E_{sy} = E_o \left(\frac{\sigma_{rc}}{P_y} \right)^a \quad \text{dengan } a = a_y = X \ln \varepsilon_r + Y$$

Untuk tanah lempung teguh Jakarta, $X = 0.5$ dan $Y = -1.40$

Pengembangan kedua adalah menormalisasikan fungsi perubahan kekakuan tanah sebagai berikut:

- Sebelum tegangan leleh P_y tercapai digunakan persamaan:

$$E_s = E_o \left(\frac{\sigma_{rc}}{P_o} \right)^{0.5}$$

- Pada dan di atas tegangan leleh P_y digunakan persamaan:

$$E_{sy} = m_y E_o \left(\frac{\sigma_{rc}}{P_y} \right)^{a_{ye}}$$

$$\text{atau} \quad \frac{E_{sy}}{E_{PMT}} = m_y \left(\frac{\sigma_{rc}}{P_y} \right)^{a_{ye}}$$

Formulasi modifikasi fungsi indeks kekakuan (metoda pertama) perlu terlebih dahulu mencari parameter X dan Y dari kumpulan data uji PMT. Parameter X dan Y ini bisa saja bervariasi dari satu jenis tanah ke jenis tanah lainnya. Parameter yang dihasilkan, terutama sudut geser dalam tanah ϕ , cenderung terlalu besar dan diluar kelaziman parameter yang didapatkan dari uji triaxial. Sementara itu formulasi normalisasi fungsi kekakuan (metoda kedua) tidak memerlukan data lain di luar data uji PMT yang sedang dianalisis, sebab parameter m_y dan a_{ye} dapat dihitung langsung dari data uji PMT tersebut. Parameter sudut geser dalam ϕ yang dihasilkan lebih kurang berada dalam cakupan nilai ϕ efektif (drained) uji triaxial. Atas dasar kenyataan di atas, disimpulkan bahwa formulasi normalisasi fungsi kekakuan lebih baik dari formulasi modifikasi fungsi indeks kekakuan.

5. Hipotesa yang dipakai dalam mengembangkan teori *cavity expansion* untuk mendapatkan parameter c dan ϕ dari data uji PMT, yaitu: bahwa pada saat sebelum titik tegangan leleh, P_y , tercapai, kedua parameter kuat geser tanah, c dan ϕ , termobilisasi bersamaan, dan setelah melampaui tegangan leleh, P_y , c tidak lagi bekerja - dalam arti kata c menjadi nol, dan yang bekerja hanya tersisa sudut geser dalam ϕ , terbukti benar. Hal ini sejalan dengan filosofi dalam *critical state soil mechanics* bahwa tanah adalah material partikuler dimana pada saat mendekati keruntuhan tanah akan kehilangan kohesinya dan kekuatan tanah yang tertinggal hanyalah friksi antar butiran tanah.
6. Untuk mendapatkan *matching* kurva uji PMT dengan kurva hasil perhitungan model normalisasi fungsi kekakuan *cavity expansion* yang lebih baik, titik-titik data uji PMT yang agak *erratic* perlu diregresikan sebagai berikut:

- Sebelum mencapai tegangan leleh P_y , digunakan regresi linier:

$$\sigma_{rc} = \lambda \varepsilon_c + \kappa$$

- Pada dan di atas tegangan leleh P_y digunakan regresi hiperbolik:

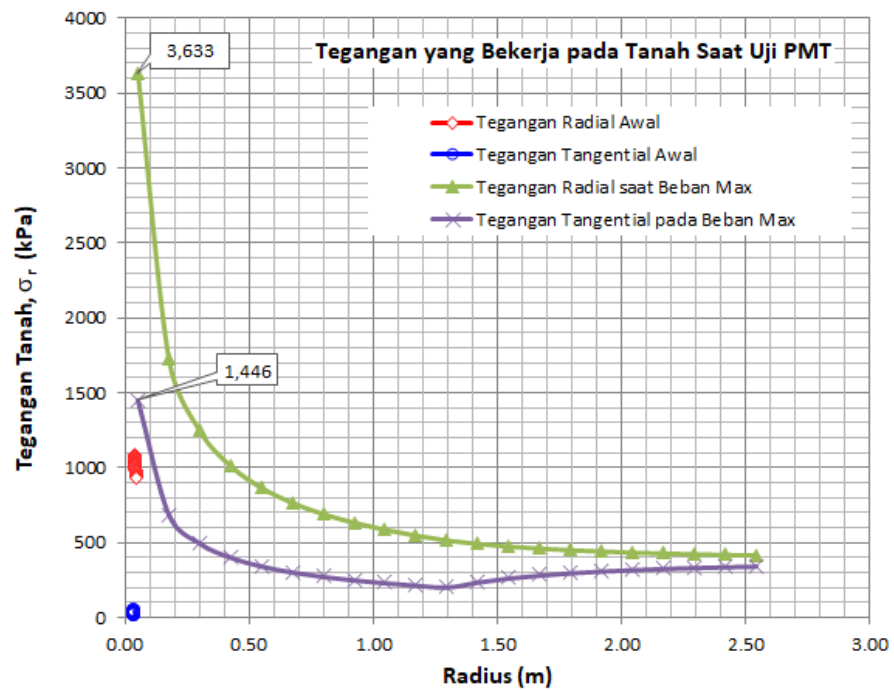
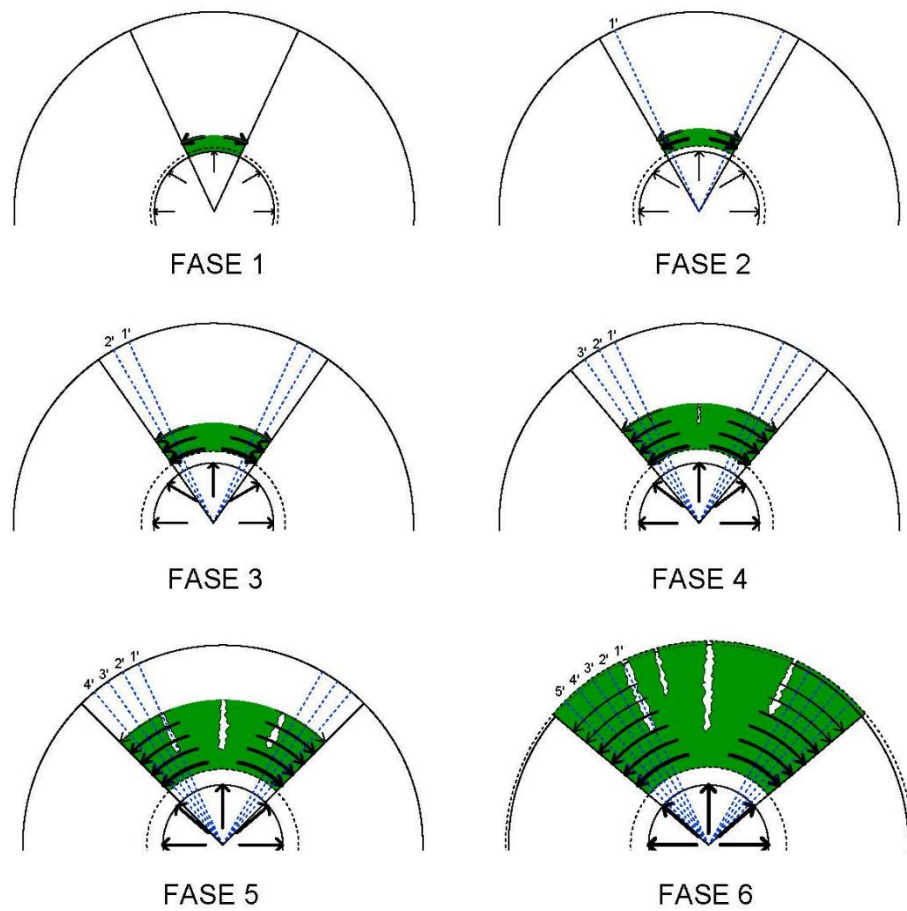
$$\frac{\varepsilon_{rcy}}{\sigma_{rcy}} = \alpha + \beta \varepsilon_{rcy}$$

Semua koefisien regresi tersebut: λ , κ , α dan β dapat dicari dari data uji PMT yang sedang dianalisa.

7. Uji PMT yang dilakukan pada tanah lempung teguh tersementasi Jakarta dapat dikatakan merupakan uji dalam kondisi drained (*drained test*).

Hal ini terlihat dari nilai ϕ_{PMT} yang dihasilkan dimana nilai ϕ_{PMT} masuk dalam wilayah ϕ' uji triaxial CU (Gambar 4.48). Dan juga terbukti dari nilai c_{PMT} dan ϕ_{PMT} dapat dihitung parameter kuat geser undrained, c_u , yang masuk dalam rentang kuat geser undrained yang dihitung dari metoda yang dikembangkan oleh Gibson & Anderson dan Mair & Wood (Gambar 4.45). Disimpulkan bahwa saat uji PMT masih berada di bawah tegangan leleh paling tidak kondisi tanah berada dalam kondisi *partially drain*, di atas tegangan leleh P_y , tanah sudah berada dalam kondisi drained. Hal ini dapat dijelaskan melalui Gambar 5.1.

Pada fase 1 saat tegangan radial (dilambangkan dengan tanda panah dari pusat lingkaran ke arah luar lingkaran) dari PMT masih kecil, tegangan tangential (dilambangkan dengan tanda panah yang sejajar dengan keliling lingkaran) di elemen tanah juga masih kecil, begitu juga dengan regangan tangentialnya, dan tanah cenderung mengalami kompresi tanpa perubahan volume yang akan menimbulkan tegangan air pori, ini berarti saat ini tanah



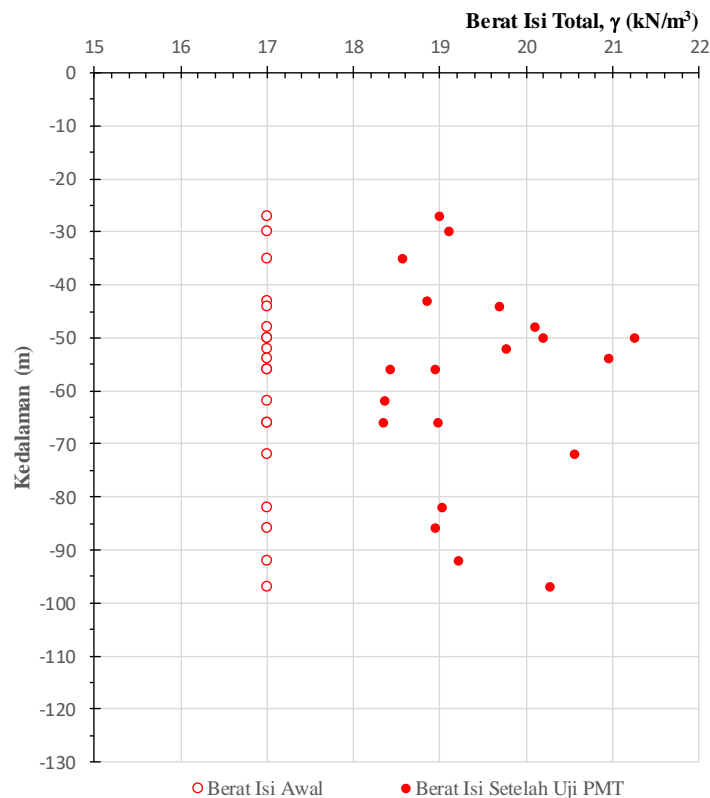
Gambar 5.1 Tegangan dan Regangan Tangential dapat Menimbulkan Rekahan Mikro

lempung akan berada dalam kondisi undrained. Seiring dengan penambahan tegangan dan regangan radial, tegangan dan regangan tangential juga akan bertambah besar, tegangan tangential ini cenderung “memekarkan” tanah dan menimbulkan efek gaya tarik terhadap partikel tanah, dengan demikian dari kondisi terkompresi di awal gaya radial bekerja, secara perlahan tapi pasti (fase 2 hingga 4 di Gambar 5.1) tanah akan mengalami efek geseran (*shearing*) dan bukan lagi kompresi, pada saat ini kondisi tanah paling tidak berada dalam kondisi *partially drained*, dalam arti kata tegangan air pori yang timbul akibat kompresi akan mulai menurun. Pada saat tegangan PMT yang diberikan sudah di atas tegangan leleh tanah, P_y , regangan yang dialami tanah sudah besar dan sifat tanah berubah menjadi *fully drained*, dimana saat itu regangan tangential yang timbul menyebabkan jarak antar partikel tanah semakin menjauh dan juga bisa melampaui kuat tarik tanah sehingga dapat timbul rekahan-rekahan mikro di dalam tanah (fase 5 dan 6 di Gambar 5.1), kedua hal itu akan menyebabkan kohesi tanah menjadi tidak bekerja lagi. Hal ini juga terbukti dari perhitungan berdasarkan pengembangan teori *cavity expansion* yang menunjukkan pada saat tegangan leleh P_y tercapai, tanah lempung kehilangan kohesinya dan yang tersisa hanya sifat friksional tanah.

Perubahan tegangan tangential ini diperlihatkan pada diagram gaya di Gambar 5.1, di awal pembebanan saat tegangan radial yang diberikan membran pressuremeter mulai mendorong dinding lubang bor (digambarkan oleh titik merah kosong dalam diagram, yaitu sebesar $P_o = 893$ kPa) gaya tangential masih nol (titik biru dalam diagram), saat tegangan radial bertambah hingga 3633 kPa, yaitu beban maksimum saat pengujian dilakukan,

tegangan tangential yang terjadi di dinding bor mencapai 1446 kPa. Tegangan radial dan tangential ini menurun terhadap jarak dari titik pembebanan hingga mencapai tegangan horizontal efektif tanah dalam keadaan diam, P_o' atau σ_{ho}' , dititik sejauh lebih kurang 2.6 m dari titik beban diberikan.

Kondisi fully drained ini juga terbukti dari perubahan berat isi tanah, dimana berat isi tanah menjadi lebih tinggi dari kondisi awal sebelum dibebani secara radial, sebagaimana digambarkan dalam Gambar 5.2, yang didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan (2.39). Terjadi peningkatan berat isi, berarti tanah mengalami perubahan volume, dan hal ini sesuai dengan filosofi bahwa tanah berada dalam kondisi drained bilamana tanah mengalami perubahan volume.



Gambar 5.2 Peningkatan Berat Isi Tanah pada Akhir Uji PMT

8. Angka C_{PMT} yang didapatkan lebih besar daripada yang didapatkan dari uji triaxial, juga terlihat bahwa parameter kohesi, c_{PMT} , lempung teguh tersementasi Jakarta meningkat secara linear terhadap kedalaman dengan parameter korelasi R^2 mencapai angka di atas 0.9.

Lempung teguh tersementasi Jakarta ini cenderung bersifat agak regas (*brittle*), terindikasi dari nilai *liquidity index* yang hanya kurang dari 0.3 (Gambar 4.2). Karena diambil dari kedalaman yang besar, disamping contoh tanah pasti terganggu, hingga taraf tertentu juga bisa terjadi retak mikro karena sifat lempung tersementasi yang agak regas ini. Retak mikro ini kadang bisa terlihat dari contoh tanah yang diambil seperti foto di Gambar 5.3 di bawah ini. Tidak dapat dihindari pula contoh tanah akan mengalami relaksasi tegangan (*stress relaxation*) yang cukup besar, hal ini dapat berakibat tanah mengembang dan gaya tarik menarik antar partikel tanah menjadi berkurang dan ini berarti nilai kohesi saat diuji triaxial juga berkurang dari keadaan sebelum diambil dari dalam tanah.



Gambar 5.3 Contoh Lempung Teguh Tersementasi Jakarta

Jadi dapat disimpulkan bahwa besarnya nilai kohesi yang didapatkan adalah akibat efek sementasi pada tanah lempung teguh Jakarta. Efek sementasi ini tidak terlihat dari hasil uji triaxial akibat terjadinya gangguan dan efek relaxasi pada contoh tanah sebagaimana dijelaskan di atas. Lain dengan nilai c' , nilai ϕ' tidak terpengaruh, karena nilai ϕ' adalah nilai yang diperoleh dari geseran (*friction*) antar partikel-partikel tanah.

9. Kekakuan tanah atau modulus deformasi yang didapatkan dari uji pressuremeter, E_m atau E_{PMT} , ekuivalen dengan nilai E_{oed} yang didapatkan dari uji Oedometer.

Dari uji oedometer yang dilakukan dijumpai keberadaan efek anisotropik dalam tanah lempung teguh Jakarta, hal ini terlihat dari perbedaan parameter kekakuan tanah yang berbeda saat dibebani dalam orientasi horisontal dan vertikal. Parameter dalam arah horisontal berkisar 1.8 kali lebih besar (Gambar 4.20). Namun efek anisotropik ini tidak terlihat saat nilai kekakuan yang diturunkan dari uji oedometer konvensional dibandingkan dengan nilai kekakuan arah horisontal yang diturunkan dari data uji PMT (Gambar 4.44). Agaknya masalah anisotropik yang tidak terlalu besar ini sudah tertanggulangi dari kenyataan digunakannya rasio Poisson dalam menurunkan parameter kekakuan PMT. Jadi dapat disimpulkan nilai kekakuan PMT identik dengan nilai kekakuan yang diperoleh dari uji Oedometer konvensional (Catatan: penelitian ini tidak meninjau efek anisotropik kuat geser tanah).

10. Tegangan leleh P_y uji PMT ekuivalen dengan tegangan pra-konsolidasi P_c' oedometer.

Gambar 4.44 menunjukkan bahwa tegangan leleh P_y dapat dikatakan mendekati tegangan pra-konsolidasi P_c' , yang berarti tegangan leleh ini dapat disimpulkan ekuivalen terhadap tegangan pra-konsolidasi. Bila dibandingkan, tegangan pra-konsolidasi dari uji oedometer menghasilkan rasio over-konsolidasi, $OCR = 2.2$, sedangkan dari tegangan leleh PMT dihasilkan $OCR = 3.3$. Perbedaan yang terjadi dapat disebabkan oleh dua hal, hal pertama adalah efek gangguan dan efek relaksasi tegangan contoh tanah sebagaimana dijelaskan sebelumnya, dan hal kedua adalah interpretasi P_c' yang menggunakan cara grafis Casagrande cenderung menimbulkan ketidakpastian nilai P_c' tersebut.

11. Penelitian ini menghasilkan formulasi pengembangan teori *cavity expansion* untuk menghitung parameter kuat geser drained (efektif) c' dan ϕ' dari data uji PMT dan juga mendapatkan parameter kuat geser undrained, c_u . Parameter kuat geser drained dan undrained lempung teguh tersementasi Jakarta yang didapatkan akan sangat bermanfaat untuk melakukan perhitungan-perhitungan kapasitas pondasi dalam, kestabilan galian dalam dan permasalahan goeteknik lainnya, misalnya pembuatan terowongan MRT.
12. Hasil penelitian menunjukkan tanah lempung teguh tersementasi Jakarta memiliki karakteristik kuat geser sebagai berikut:
 - Sudut geser dalam drained: $\phi' = 21^\circ-33^\circ$, dengan nilai rata-rata 25°
 Didapatkan: $\phi' = \phi'_{\text{peak}} = \phi'_{\text{ultimate}} \rightarrow$ Sudut dilatansi $\psi = 0$.
 - Kohesi drained yang meningkat bersama kedalaman yaitu:
 Saat tegangan kerja di bawah tegangan leleh:
 $c' = 145$ kPa di kedalaman 30 m, hingga 475 kPa di kedalaman 100 m.

Saat tegangan kerja sama dengan atau di atas tegangan leleh:

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

- Kohesi undrained yang meningkat bersama kedalaman yaitu:

$$c_u = 200 \text{ kPa di kedalaman 30 m, hingga 700 kPa di kedalaman 100 m.}$$

- Konstanta pressuremeter untuk menghitung kuat geser undrained:

$$N_p = 5.50 \rightarrow C_u = (P_L - P_o) / N_p$$

- Modulus deformasi atau kekakuan yang bervariasi:

$$E_m = 19 - 77 \text{ MPa dengan nilai rata-rata 44 MPa}$$

Catatan:

Untuk menghasilkan nilai c_{PMT} dan ϕ_{PMT} , diperlukan mutu data uji PMT yang menghasilkan kurva uji yang baik, dalam arti kata lubang bor tidak boleh terlalu besar dan tidak boleh terlalu kecil dan kurva yang dihasilkan mencapai fase plastis. Juga diperlukan informasi muka air tanah yang akurat.

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa hal yang dapat disarankan untuk diteliti dan dikaji lebih lanjut, diantaranya:

- Lakukan uji PMT di dalam *calibration chamber* di laboratorium dengan memasang transduser pengukur tegangan air pori, dengan demikian dapat lebih dipelajari dan dibuktikan apakah uji PMT pada tanah lempung secara umum bersifat drained ataukah undrained.
- Lakukan uji PMT di lapangan dengan menggunakan alat uji PMT yang dilengkapi dengan pengukur tegangan air pori. Alat uji PMT yang dimaksud adalah Camkometer, dengan demikian juga bisa diteliti apakah uji PMT pada

tanah lempung teguh Jakarta bersifat partially drained menuju drained seperti disimpulkan di atas.

- Lakukan penelitian pada tanah lempung lunak untuk mencari apakah formulasi yang dihasilkan dalam penelitian ini juga dapat menghasilkan parameter kuat geser tanah lempung lunak dengan menggunakan data uji PMT.

DAFTAR PUSTAKA

- Agan, C. (2011), "Investigation of Berading Capacity Changes of Different Clays by Using the Menard Pressuremeter", *International Journal of the Pyhsical Sciences*, Vol. 6(23), p. 5454-5461.
- Amar., S., Clarke, B.G., Gambin, M.P., and ORR, T.L.L. (1991), "The Application of Pressuremeter Test Results to Foundation Design in Europe, Part 1, Predrilled Pressuremeters / Self-boring Pressuremeters", *European Regional Techical Committee No. 4 – Pessuremeters*, A.A. Balkema, Rotterdalm, Brookfield.
- Apageo Segelm (2016), *Pressuremeter Training*, online - diakses 28 Juni 2016, (<http://www.apageo.com>)
- ASTM D4719-00 (2000), "Standard Test Method for Prebored Pressuremeter Testing in Soils", ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.
- Atkinson, J.H. (1993), *An Introduction to The Mechanics of Soils and Foundations Through Critical State Sil Mechanics*, McGraw-Hill International, UK.
- Baguelin, F., Jezequel, J.F., Lemee, E., and Le Mehaute, A. (1972), "Expansion of Cylindrical Probes in Cohesive Soils", *JSMFE, ASCE*, Vol. 98; SM11. Proc. Paper 9377, p1129-1142.
- Baguelin, F., Jezequel, J.F., and Shields, D.H. (1978), *The Pressuremeter and Foundation Engineering*, Trans Tech Publication, Switzerland.
- Baligh, M.M. (1976), "Cavity Expansion in Sands with Curved Envelopes", *JSMFE, ASCE: Poc. Paper 12536*, p.1131-1146.
- Boumedi, J.Y., Baud, J.P. and Radiquet, B. (2009), "LNG Tanks at Damietta on Drilled Shafts Designed and Tested Using Meard PMT", *Foundation Design with Menard Pressuremeter Test*, French Contributions to International Foundation Conggress & Equipment, Expo '09, p. 35-42; also in ASCE Geotechnical Special Publication no. 186, p.103-110.
- Briaud, J.L., Pacal, A.J, dan Shively, A.W. (1984), "Power Line Foundation Design Using the Pressuremeter", *Proceeding of First Indternational Conference on Case Histories in Geotechnical Egnineering*, p.279-283, Missouri, USA.
- Briaud, J.L. (1992), *The Pressuremeter*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Briaud, J.L. (1997), "SALLOP: Simple Approach for Lateral Loads on Piles", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, p.958-964.
- Briaud, J.L. (2013), *Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils*, John Wiley & Sons, New Jersey, USA.
- Bruzzi, D. et al (1986), "Self-boring Pressuremeter in Po River Sand", in *The Pressuremeter and its Marine Applications*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Special Publication STP 950, 1986.
- Bullock, P.J. (2004), *Insitu Rock Modulus Apparatus*, Report on Contract No. BC-354-RPWO No. 13, submitted to Florida Department of Transportation, 23 August 2004.

- Bustamante, M., Gambin, M., and Gianceselli, L. (2009), "Pile Design at failure Using the Menard Pressuremeter: an Up-Date", *Foundation Design with Menard Pressuremeter Test*, French Contributions to International Foundation Congress & Equipment, Expo '09, p. 11-18; also in ASCE Geotechnical Special Publication no. 186, p.127-134.
- Cambridge in situ (2016), *An Introduction to Pressuremeters*, online - diakses 28 Juni 2016, (<https://www.cambridge-insitu.com/products/pressuremeters/introduction-pressuremeters>)
- Clarke, B.G. (1995), *Pressuremeters in Geotechnical Design*, Blackie Academic and Professional, London.
- Clayton, R.I., Simons, N.E., and Matthews, M.C. (1982), *Site Investigation A Handbook for Engineers*, Granada Publishing, London
- Datye, K.R. and Nagraju, S.S. (1977), "Reinforce Granular Columns – A New Design Approach", *Proceeding of IX ICSMFE*, Tokyo, Special Session No. 10.
- Duncan, J.M. and Chang, C.Y. (1970), "Non-Linear Analysis of Stress and Strain in Soils", *Jour. Soil Mech. And Foundations Division, Proc. ASCE*.
- Fahey, M. and Randolph, M.F. (1984), "Effect of Disturbance on Parameters Derived from Self-boring Pressuremeter Tests in Sand", *Geotechnique*, March 1984, 34 (1) p. 81-87.
- Ferreira, R.S. and Robertson, P.K. (1991), "Interpretation of Undrained Self-boring Pressuremeter Test Results Incorporating Unloading", *Canadian Geotechnical Journal*, Oct. 1991.
- Gambin, M. (1980), "A Review of the Menard Pressuremeter over the Last Twenty Years in Europe", *Sol Soils*, No. 32, Paris.
- Gambin, M. (1995), "Reasons for the Success of Menard Pressuremeter", *Proceedings of Fourth International Symposium on Pressuremeters*, May 17-19, 1995, Sherbrooke, Quebec, Canada.
- Gambin, M. and Frank, R. (2009), "Direct Design Rules for Piles using Menard Pressuremeter Test", *Foundation Design with Menard Pressuremeter Test*, French Contributions to International Foundation Congress & Equipment, Expo '09, p. 3-10; also in ASCE Geotechnical Special Publication no. 186, p.111-118.
- Ghionna, v., et al. (1981), "Performance of Self-boring Pressuremeter Tests in Cohesive Deposits", *Report FHWA/RD-81/173/1981*, MIT, Boston.
- Gibson, R.E., and Anderson, W.F. (1961), "In Situ Measurement of Soil Properties with the Pressuremeter", *Civil Engineering and Public Works Review*, Vol 56, p615-618.
- Gouw, Tjie-Liong (1984), *Studi Pressuremeter Ménard dan Oyo serta Aplikasinya Dalam Daya Dukung*, Kapita Selekt, Departemen Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.
- Gouw, Tjie-Liong (1994), "Sudah Standarkah Standar Penetration Test Kita?", *Proceedings of A Short Course on Soil Investigation and Its Interpretation - The Problems and Their Effect to Design and The Problems Solving*, Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI), Jakarta, 6-8 Juni, 1994.

- Hamidi, B., Debats, J.M., Nikraz, H., and Varaksin, S. (2013), "Offshore Ground Improvement Records", *Australian Geomechanics Journal*, Vo. 48 No. 4 Dec 2013, p.111-122.
- Hughes, J.M.O, Worth, C.P., and Windler, D. (1977), "Pressuremeter tests in Sands", *Geotechnique*, Vol 27 (4): p. 455-477.
- In Situ Engineering (2016), *Pressuremeter Testing page for In Situ Engineering*, online – diakses 28 Juni 2016 (http://www.insituengineering.com/pm_hp_inst.html)
- Jamiolkoski, M. and Lancellotta, R. (198x), "Remarks on the Use of Self-boring Pressuremeter in Three Italian Clays", *Proceeding of*
- Jakartapedia (2016), *Peta Geologi Jakarta*, online - diakses 30 Juni 2016, (http://jakartapedia.bpadjakarta.net/index.php/Geologi_DKI_Jakarta)
- Jefferies, M.G. (1988), "Determination of Horizontal Geostatic Stress in Clay with Self Bored Pressuremeter", *Canadian Geotechnical Journal*, Vol 25, p. 559-573.
- Kumara, B. (2016), *Laporan Penyelidikan Tanah Menara Jakarta*, Kemayoran, diskusi pribadi.
- Lea, F.M. (2017), "Cement Building Material", *Encyclopedia Britannica*, online - diakses 18 Mei 2017 (<https://www.britannica.com/technology/cement-building-material>)
- Ladanyi, B. (1961), "Etude Theorique at Experimentale de l'expansion dans un Sol Pulverulent d'une cavite Presentant une Symetrie Spherique ou Cylindrique", *Annaes de Travaux Publics de Belgique; Buxelles No. 2 et 4*.
- Lutz, M. (2013), *Learning Python*, 5th Ed., O'Reilly Meid, Inc, CA.
- Mair, R.J. and Wood, D.M. (1987), *Pressuremeter Testing Methods and Interpretation*, Butterworths, London.
- Marsland, A. and Randolph, M.F. (1977), "Comparisons of the Results from Pressuremeter Tests and Large in Situ Plate Tests in London Clay", *Geotechnique*, June 1977 27(2), p.217-243.
- Mecsi, J. (2013), *Geotechnical Engineering Examples and Solutions Using the Cavity Expanding Theory*, Hungarian Geotechnical Society, Hungary.
- Ménard, L. (1975a), *The Menard Pressuremeter – Interpretation and Application of Pressuremeter Test Results to Foundation Design*, General Memorandum, Sol Soils No. 26 01975, Cedex, France.
- Ménard, L. (1975b), *The Menard Pressuremeter – Principles of Pressuremeter Testing*, Field Memorandum, Centre Geotechnique de Paris, Cedex, France.
- Nagar, S. (2016), *Introduction to Python: For Scientists and Engineers*, www.bookmuft.com.
- Ohya, S., Imai, T., Nagura, M. (1983), "Recent Developments in Pressuremeter Testing, In situ Stress Measurement and S-wave Velocity Measurement", *Proceeding of Geotechnical Conference*, AIT, Bangkok.
- OYO Corporation (1984), *Oyo Pressuremeter Catalog*, Japan.

- OYO Corporation (2013), *Oyo Pressuremeter Catalog*, Japan.
- Pandit, N.S., Chaney, R.C. and Fang H.Y. (1983), *Review of Cavity Expansion Models in Soil and Its Applications*, Fitz Engineering Laboratory, Department of Civil Engineering, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, USA.
- Ramdane, B., Nassima, A. and Quarda, B. (2016), "Interpretation of a Pressuremeter Test in Cohesive Soils", *Proceedings of International Conference on Geotechnical Engineering*, 21-23 Feb 2013, Tunisia.
- Reiffsteck, P. (2009), "ISP5 Pile Prediction Revisited", *Foundation Design with Menard Pressuremeter Test*, French Contributions to International Foundation Congress & Equipment, Expo '09, p. 11-18; also in ASCE Geotechnical Special Publication no. 186, p.50-57.
- Schlosser, F., Guilloux, A., Zaghouani, K. and Berthelot, P. (2009), "Rades Bridge Drilled Shafts Designed and Tested Using Menard Pressuremeter", *Foundation Design with Menard Pressuremeter Test*, French Contributions to International Foundation Congress & Equipment, Expo '09, p. 27-34; also in ASCE Geotechnical Special Publication no. 186, p.42-49.
- Schnaid, F. (2009), *In Situ Testing in Geomechanics*, Taylor and Francis, London.
- Seed, H.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F. and Chung, R.M. (1984), "The Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations", *Report No. UCB/EERC-84/15*, Berkeley, USA.
- Silvestri, D. and Ghassan, A.S. (2012), "Analytical Solution for Undrained Plane Strain Expansion of a Cylindrical Cavity in Modified CamClay", *Geomechanics and Engineering*, Vol. 4, No. 1 (2012), p. 19-31.
- Skempton, A.W. (1986), "Standard Penetration Test Procedures and The Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and OverConsolidation", *Geotechnique*, Vol. 36, No. 3, p. 425-447.
- Statisticshowto.com (2017), *Confidence Interval: How to Find a Confidence Interval: The Easy Way!*, online – diakses 28 Juni 2017 (<http://www.statisticshowto.com/how-to-find-a-confidence-interval/#CISample>)
- Tarnawski, M. (2004), "The Perfect Menard Pressuremeter Curve", *Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics*, Vol. 51 (2004) No. 4, p.387-402.
- Tecmira (2016), *Laporan Hasil Analisis X-Ray Mapping*, Bandung.
- The Constructor (2017) "Composition of Portland Cement", *The constructor.org*, online - diakses 18 Mei 2017 (<https://theconstructor.org/building/composition-of-portland-cement/5725/>)
- Vesic, A.S. (1972), "Expansion of Cavities in an Infinite Soil Mass", *JSMFE, ASCE*, Vol. 98, SM3, Proc. Paper 8790, p265-290.
- Vesic, A.S. (1975), *Principles of Pile Foundation Design*, Soil Mechanics Series No 38, Duke University, N.C.
- Windle, D. and Wroth, C.P. (1977a), "In-situ Measurement of the Properties of Stiff Clays", *Proceeding of 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Vol. 1, p.347-352, Tokyo.

- Windle, D. and Wroth, C.P. (1977b), "The Use of Self-boring Pressuremeter to determine the Undrained Properties of Clays", *Ground Engineering*, Sept 1977 10(6), p.37-46, London.
- Wood, D.M. (1990), *Soil Behaviour and Critical State Soil Mechanics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Wroth, C.P. and Windle, D. (1975), "Analysis of Pressuremeter Test Allowing for Volume Change", *Geotechnique*, Vol 25, No.3, Technical Notes, p. 598-604.
- Yu, H.S. (2000), *Cavity Expansion Methods in Geomechanics*, Springer Science Business Media B.V., NewCastle, Australia.