

KARAKTERISTIK KUAT TEKAN TANAH FERRO LATERIT DENGAN PEMERAMAN SEBAGAI LAPISAN PONDASI JALAN

Zubair Saing¹, Lawalenna Samang², Tri Harianto³ dan Johannes Patanduk⁴

¹Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar
Email: zubairsaing.umm@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar
Email: samang_1@yahoo.com

³Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddini, Makassar
Email: triharianto@ymail.com

⁴Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar
Email: patanduk.unhas@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dan mengevaluasi karakteristik kuat tekan bebas tanah ferro laterit dengan pemeraman tertentu untuk pemanfaatan sebagai lapisan pondasi jalan (*subgrade material*). Tanah ferro laterit diperoleh dari tiga lokasi pengambilan contoh berbeda di daerah Halmahera Timur, Maluku Utara, dengan metode konvensional pada permukaan. Sampel dibungkus dengan kantong plastik untuk menjaga kondisi kadar air aslinya dan diberi nama sesuai dengan lokasi, yaitu LH1 untuk lokasi sampel daerah Subaim, LH2 untuk lokasi sampel daerah Buli, dan LH3 untuk lokasi sampel daerah Maba. Selanjutnya sampel dipersiapkan dan diuji sifat fisik, dan uji pemadatan Proctor standard untuk menentukan berat volume tanah kering maksimum dan kadar air minimum, yang akan digunakan sebagai dasar untuk kondisi awal benda uji. Pengujian kuat tekan benda uji menggunakan *Unconfined Compression Test* (UCT) dengan pemeraman 3, 7, 14, dan 28 hari sebelum dilakukan pengujian. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa berat volume tanah kering maksimum dan kuat tekan tanah ferro laterit meningkat seiring dengan peningkatan waktu peram. Berdasarkan hasil pengujian, potensi tanah ferro laterit Halmahera Timur dapat dikembangkan untuk digunakan sebagai lapisan pondasi jalan (*subgrade material*), namun perlu dilakukan penelitian lebih detail terhadap upaya peningkatan kemampuan tanah dengan stabilisasi untuk lebih meyakinkan sebelum diaplikasikan.

Kata kunci: Kuat tekan bebas, waktu pemeraman, tanah ferro laterit, *subgrade material*

1. PENDAHULUAN

Indonesia saat ini fokus pada pengembangan infrastruktur khususnya untuk mendukung peningkatan investasi pembangunan. Sejalan dengan hal tersebut, kebutuhan material untuk pembangunan infrastruktur dimaksud akan meningkat khususnya material konstruksi dan material jalan. Daerah-daerah tertentu memiliki keterbatasan sumberdaya material terutama material dengan kualifikasi (*grade*) A dan B. Salah satu daerah tersebut adalah Maluku Utara khususnya Pulau Halmahera, yang selama ini membeli material dari daerah lain untuk digunakan sebagai material konstruksi dan jalan. Disisi lain, kandungan material lokal sangat potensial untuk dikembangkan sebagai material pengganti untuk pemanfaatan lapisan pondasi jalan maupun material konstruksi lainnya, salah satunya adalah tanah ferro laterit.

Tanah ini merupakan jenis tanah laterit yang memiliki kandungan logam besi yang sangat besar dengan kisaran antara 40%-70%, tergantung mineral pembentuk batuan asal dari tanah tersebut. Sebaran tanah ferro laterit di Pulau Halmahera Provinsi Maluku Utara dominan di bagian timur. Tanah ferro laterit Halmahera merupakan tanah yang terbentuk di daerah tropis atau sub tropis dengan tingkat pelapukan tinggi pada batuan basa sampai batuan ultrabasa yang didominasi oleh kandungan logam besi (Geologi Regional Halmahera, RTRW Halmahera Timur 2010-2015).

Tanah laterit (Portelinha, et. al., 2012) mengandung mineral-mineral lempung yang relative tinggi utamanya illite dan montmorilonite, sehingga potensi kerusakannya besar jika dilakukan pekerjaan konstruksi pada tanah seperti ini. Mineral lempung dan unsur logam yang tinggi, dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan baik pada pekerjaan konstruksi, industri, maupun lainnya. Tanah laterite merupakan kelompok tanah dari hasil pelapukan yang tinggi, terbentuk dari hasil konsentrasi hidrasi oksida besi dan aluminium (Thagesen, 1996 dari Olugbenga et.al, 2011), Tanah jenis ini memiliki karakteristik keras, sulit ditembus, dan sangat sulit berubah jika dalam kondisi kering (Makasa, 2004 dalam Olugbenga et.al, 2011). Tanah laterit memiliki variasi yang luas dari warna merah, coklat sampai kuning, tanah residual berukuran butir halus dengan tekstur ringan memiliki bentuk butiran nodular dan

tersementasi dengan baik (Lambe dan Whitman, 1979). Bridges (1970) menyatakan bahwa penggunaan yang benar dari istilah laterit adalah formasi vesicular kompak batuan besi (*a massive vesicular or concretionary ironstone formation*). Fookes (1997) menamai laterit didasarkan pada pengerasan seperti "freeic" untuk tanah keras kaya besi yang tersementasi, "alcrete" atau bauksit untuk tanah keras kaya aluminium yang tersementasi, "calcrete" untuk tanah keras kaya calcium karbonat, dan "silcrete" untuk yang kaya silica. Definisi lainnya didasarkan pada perbandingan jumlah silica (SiO_2) terhadap oksida ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$), untuk tanah laterit perbandingan tersebut antara 1,33 dan 2,0, sedangkan di atas 2,0 bukan tanah laterit.

Penelitian terhadap tanah laterit telah banyak dilakukan khususnya pada negara-negara yang banyak terdapat tanah jenis ini seperti di Asia dan Afrika. Sree Danya, et. al (2010) menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan mineral lempung pada tanah laterit menyebabkan kekuatan tanah semakin menurun. Olugbenga et.al, (2011) menyimpulkan bahwa stabilisasi tanah laterit dengan kapur akan meningkatkan kekuatan tanah menjadi 2-3 kali lipat. Portelinha, et. al. (2012), mengemukakan bahwa penambahan sedikit kapur dan semen sangat efisien meningkatkan kemampuan tanah laterite dengan hanya menambahkan 3% semen dan 2% kapur. Aminaton, et. al. (2013), telah melakukan pengujian terhadap stabilisasi tanah laterit menggunakan larutan polimer (GKS), dan menyimpulkan bahwa kekuatan tanah meningkat sejalan dengan meningkatnya waktu peram dan peningkatan terjadi setelah waktu peram 7 hari. Amu, O.O., et al. (2011), telah melakukan penyelidikan terhadap tanah laterite dengan stabilisasi menggunakan batang tebu dan menyimpulkan bahwa abu serat tebu sangat efektif untuk stabilisasi dan memperkuat sifat-sifat geoteknik tanah laterit. Kiran, S.P., et. al. (2014), telah melakukan penyelidikan terhadap tanah laterite yang distabilisasi dengan abu batang tebu dan semen dan menyimpulkan bahwa abu serat tebu sangat efektif sebagai bahan stabilisasi pada kandungan 6% dan 5% kandungan semen untuk memperkuat sifat geoteknik tanah lateritit, dan dapat digunakan untuk konstruksi jalan sebagai *sub base*. Yinusa, A., et. al. (2014), melakukan penelitian terhadap stabilisasi tanah laterit menggunakan abu tongkol jagung (CCA), dan menyimpulkan bahwa density kering maksimum menurun pada kandungan abu jonggol jagung 1,5%, kadar air optimum meningkat pada kandungan bahan pengikat 0-7,5%. Nilai CBR meningkat pada kandungan CCA 1,5%, selanjutnya menurun dengan penambahan CCA. *Unconfined compression strength* juga meningkat pada kandungan CCA 1,5%, dan menurun pada penambahan CCA. Liu Yangshen, et.al. (2004), melakukan kajian terhadap perilaku bentonite yang digunakan untuk memperkuat tanah laterite dan menyimpulkan bahwa bentonite dapat meningkatkan unjuk kerja hidrolik dan mekanik tanah laterit. Lativi, et.al., (2014) telah melakukan stabilisasi tanah laterit menggunakan sodium silikat cair, dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan sodium silikat lebih dari 9% menurunkan kuat tekan tanah. Wisley, M.F., et. al. (2014) telah melakukan pengujian karakteristik tanah laterite sebagai material lapisan yang dialiri gasoline, kenaikan konduktivitas hidrolik sejalan dengan kenaikan gradient hidrolik.

Semakin berkembangnya penelitian terhadap pemanfaatan tanah laterit, menunjukkan bahwa tanah ini sangat potensial untuk dimanfaatkan pada berbagai konstruksi. Namun demikian masih belum banyak penelitian terhadap tanah laterit dengan kandungan logam besi yang sangat tinggi (tanah ferro laterit). Tanah ferro laterit Halmahera Timur yang sangat potensial sebagai aset lokal (*local content*) tersebut telah diupayakan untuk dapat digunakan sebagai material pondasi jalan, sebagai tahapan awal telah dilakukan uji laboratorium terhadap karakteristik kekuatan tanah dengan pemeraman.

2. MATERIAL DAN METODE

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah ferro laterit yang berasal dari Pulau Halmahera bagian timur, dengan tiga lokasi pengambilan sampel berbeda. Lokasi tersebut adalah daerah Subaim dengan koordinat 1°3'46,24" LU dan 128°8'28,56" BT, daerah Buli dengan koordinat 0°55'13,29" LU dan 128°21'5,15" BT, dan daerah Maba dengan koordinat 0°40'17,80 LU dan 128°16'51,20" BT. Pengambilan sampel tanah dengan penggalian secara konvensional menggunakan linggis dan sekop, selanjutnya contoh tanah ditempatkan dalam karung sampel dan dibungkus dengan plastik untuk menjaga kondisi kadar air asli, dan diberi label inisial sesuai dengan lokasi sampel yaitu LH1 untuk sampel dari lokasi 1, LH2 untuk sampel dari lokasi 2, dan LH3 untuk sampel dari lokasi 3 (Gambar 1).

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium untuk menguji karakteristik tanah laterit dengan stabilisasi pozzolan (kapur dan semen) sebagai material alternatif pengganti lapisan pondasi jalan. Beberapa tahapan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut; pertama, melakukan kajian literatur dan survey pendahuluan untuk mengidentifikasi masalah dan identifikasi lokasi pengambilan sampel; kedua, melakukan uji pendahuluan terhadap sampel yang telah diambil untuk mengetahui karakteristik tanah laterit. Uji laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat fisik yang meliputi kadar air, batas-batas konsistensi, dan spesifik grafiti, sedangkan uji sifat mekanis meliputi uji pemadatan, uji kuat tekan, dan uji daya dukung.



Gambar 1. Tipe tanah ferro laterit hasil sampling dari tiga lokasi: LH1 lokasi Subaim, LH2 lokasi Buli, dan LH3 lokasi Maba (Saing et. al, 2016)

Pengujian batas-batas konsistensi tanah dilakukan dengan uji *Atterberg Limit*, untuk pengujian pemadatan dilakukan dengan pemadatan Proctor standar, uji kuat tekan dilakukan dengan pengujian *Unconfined Compression Test*, dan daya dukung tanah dilakukan dengan pengujian CBR laboratorium. Standard pengujian sifat-sifat dasar tanah (fisik dan mekanik) yang digunakan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Standard pengujian yang digunakan

Jenis Pengujian	Nomor Standard	
	ASTM	SNI (Indonesian Standard)
Analisis ukuran butir	C-136-06	SNI 03-1968-1990
Batas cair (LL)	D-423-66	SNI 03-1967-1990
Batas plastis (PL)	D-424-74	SNI 03-1966-1990
Indeks plastis (IP)	D-4318-10	SNI 03-1966-2008
Specific gravity (Gs)	D-162	SNI 03-1964-1990
Kadar air (Wc)	D-2216-98	SNI 03-1965-1990
Kuat tekan bebas (qu)	D-633-1994	SNI 03-6887-2002
Pemadatan	D-698	SNI 03-1742-1989
Daya dukung CBR lab	D-1833	SNI 03-6796-2002

Tanah ferro laterit dan air ditimbang dengan komposisi rencana untuk menghasilkan campuran material benda uji sesuai dengan yang telah ditetapkan, pencampuran dilakukan secara teliti dan diperam selama 24 jam sampai mencapai kondisi setimbang sebelum dilakukan pengujian. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran dimensi $H=2D$, dalam kondisi kadar air optimum Proctor. Dimasukkan dalam cetakan yang telah diolesi minyak pelumas, selanjutnya dilakukan penumbukan tiap sepertiga bagian dengan jumlah tumbukan 25 kali. Benda uji kemudian diperam selama 7, 14, 21, dan 28 hari, selanjutnya diuji dan ditentukan kadar airnya. Data hasil pengujian diolah untuk menghasilkan hubungan antara kadar air, kepadatan, dan kekuatan tanah, selanjutnya dianalisis secara deskriptif kualitatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat-sifat dasar tanah yang meliputi; *specific gravity*, kadar air, berat volume tanah, batas-batas Atterberg, dan analisis ukuran butir. Pengujian dilakukan terhadap tanah laterit untuk tiga tipe dengan tiga lokasi berbeda menggunakan standard uji seperti Tabel 1. Hasil uji laboratorium seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

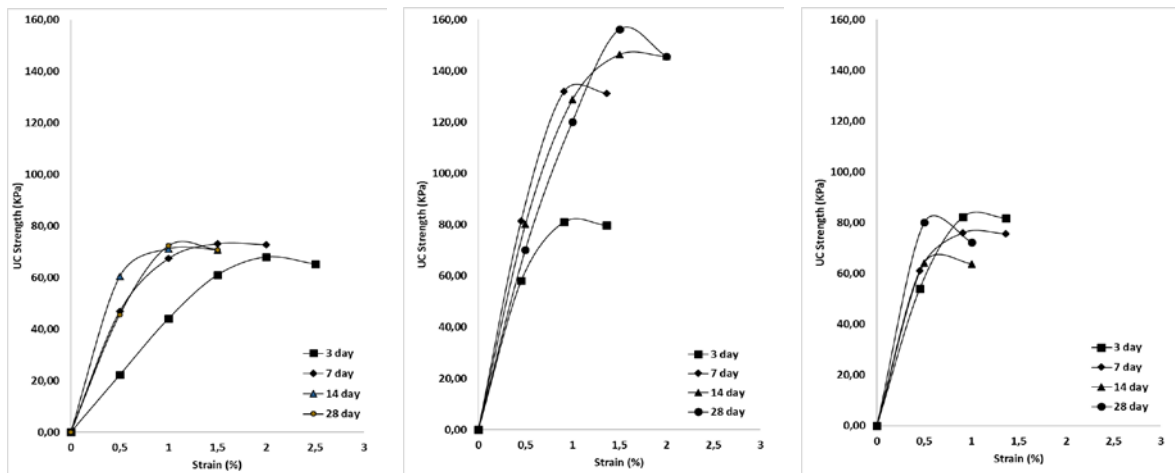
Berdasarkan hasil uji pada Tabel 2, terlihat bahwa ukuran butir tanah didominasi oleh mineral lempung dengan kisaran 91,75% sampai 94,89% dan kadar air tanah antara 18,86% sampai 22,25%, sementara *specific gravity* antara 2,62 sampai 2,66, dengan indeks plastis antara 18,06 sampai 26,77. Hasil ini, dengan menggunakan klasifikasi AASHTO dan USCS, maka tanah ferro laterit termasuk dalam kelas tanah lempung dengan plastisitas yang tinggi.

Uji karakteristik kuat tekan tanah ferro laterit menggunakan pengujian *unconfined compression test* (UCT). Sebelum dilakukan pengujian benda uji diperam 3, 7, 14, dan 28 hari, seperti Gambar 3. Berat volume tanah kering

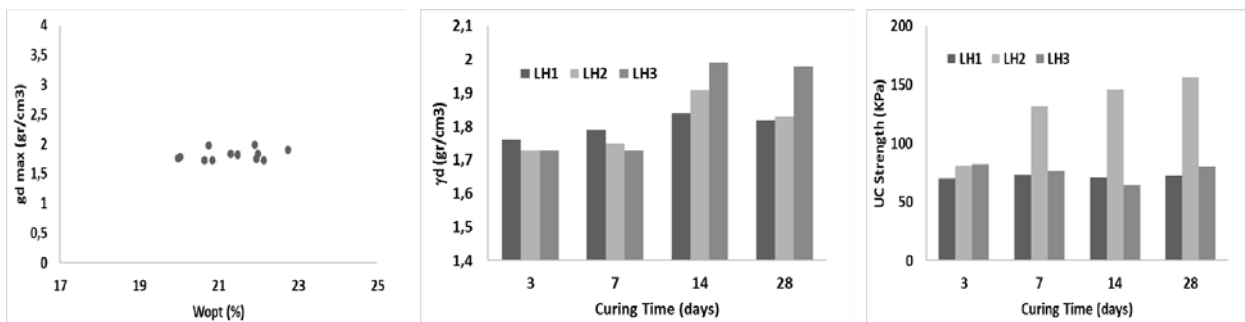
maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$) untuk LH1, LH2, dan LH3 menunjukkan peningkatan seiring dengan peningkatan waktu peram. Hal ini akibat ikatan butir tanah yang semakin stabil sampai waktu peram 28 hari. Peningkatan tersebut dari 1,73 ton/m³ – 1,99 ton/m³ dengan kadar air tanah optimum menurundari 22,14% - 19,98%. Kuat tekan juga meningkat seiring peningkatan waktu peram untuk semua tipe tanah ferro laterit, 69,98 kPa sampai 73,20 kPa untuk LH1, 81,05 kPa – 156,20 kPa untuk LH2, dan 76,08 kPa – 80,01 kPa untuk LH3. Hasil menunjukkan bahwa kuat tekan tanah LH2 lebih besar dari LH1 dan LH3, hal ini disebabkan oleh meningkatnya kepadatan maksimum tanah akibat kondisi mikropori tanah yang semakin kecil dan ikatan antara air dan tanah yang semakin kuat, seiring dengan meningkatnya waktu peram (Gambar 4).

Tabel 2. Sifat-sifat dasar tanah ferro laterit (Saing, et. al, 2016)

Physical and Mechanical Properties	Ferro Laterite Soil		
	LH1	LH2	LH3
Kadar air (%)	20,26	22,25	18,86
Specific gravity	2.73	2.62	2.66
% Lolos #200	92.32	94.89	91.75
Batas cair (%)	65.98	68.73	67.77
Batas plastis (%)	47,92	41,96	48,86
Indeks plastis (%)	18,06	26,77	18,91
Klasifikasi tanah menurut AASTHO	A-7-6	A-7-6	A-7-6
Klasifikasi tanah menurut USCS	CH	CH	CH
Kadar air optimum (%)	19,45	20,7	20,50
Berat volume tanah kering maksimum (ton/m3)	1.769	1.773	1.780
CBR (%) – unsoaked	11,24	21,02	12,33
UCS (kPa)	71,44	128,88	75,61



Gambar 3. Kurva tegangan – regangan hasil pengujian kuat tekan tanah ferro laterit (Saing et. al, 2016)



Gambar 4. Karakteristik kekuatan tanah ferro laterit dengan waktu peram 3,7,14, dan 28 hari (Saing et. al, 2016)

Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa pada kondisi kepadatan maksimum tanah yang meningkat seiring peningkatan waktu peram sampai 28 hari, mengakibatkan peningkatan kekuatan tanah sampai menjadi kaku. Penambahan beban saat tanah mengalami penekanan sampai batas keruntuhannya, memperlihatkan bentuk keruntuhan tanpa tegangan sisa (*residual strength*), pada kondisi ini tanah bersifat *stiff* dan *brittle*. Dominasi mineral lempung terutama montmorilonite pada tanah ferro laterit LH2 mengakibatkan kekuatannya lebih besar dari tanah LH1 dan LH3, hal ini sesuai dengan komposisi mineralogi lapisan dasar tanah atau unit struktur mineral montmorilonite. Struktur mineral ini merupakan suatu elemen dengan bentuk lapisan alumina oktahedral antara dua lapisan silika tetrahedra. Struktur alumina oktahedral tersusun dari satu atom alumina dan enam hydroxyl dalam bentuk silika tetrahedral oktahedral dengan satu atom silikon dan empat atom oksigen dalam bentuk tetrahedral (Mitchell, 1993). Hasil uji karakteristik kekuatan tanah ferro laterit ini sejalan dengan Sree Danya, et. al (2010), Amu, O.O., et al. (2011), Olugbenga et.al, (2011), Aminaton, et. al. (2013). Meskipun demikian, hasil ini merupakan tahapan awal dalam upaya pemanfaatan tanah ferro laterit sebagai lapisan pondasi jalan, masih perlu dilakukan pengujian karakteristik lebih detail dengan melakukan stabilisasi tanah secara efektif dan ekonomis dan perlu dilakukan uji model lapisan pondasi jalan menggunakan tanah ferro laterit khususnya ferro laterit LH2.

4. KESIMPULAN

Pengujian karakteristik kekuatan tanah untuk pemanfaatan sebagai lapisan pondasi jalan terhadap tiga jenis tanah ferro laterit yang diperoleh dari tiga lokasi berbeda telah dilakukan. Tujuan utama untuk menentukan dan mengevaluasi karakteristik kuat tekan bebas tanah ferro laterit dengan pemeraman tertentu untuk pemanfaatan sebagai lapisan pondasi jalan (*subgrade material*). Berdasarkan hasil uji sifat fisik, tanah ferro laterite termasuk dalam kelas A-7-6 menurut sistem klasifikasi AASTHO dan termasuk dalam kelas CH menurut sistem klasifikasi USCS. Berat volume tanah kering maksimum ($\gamma_{d,max}$) untuk LH1, LH2, dan LH3 meningkat (15% dari kondisi awal) seiring dengan peningkatan waktu peram. Hal ini akibat ikatan butir tanah yang semakin stabil sampai waktu peram 28 hari. Sementara kadar air tanah optimum menurun 9,75% dari kondisi awal. Kuat tekan juga meningkat seiring peningkatan waktu peram untuk semua tipe tanah ferro laterit. Hasil menunjukkan bahwa kuat tekan tanah LH2 lebih besar dari LH1 dan LH3. Hasil ini merupakan tahapan awal dalam upaya pemanfaatan tanah ferro laterit sebagai lapisan pondasi jalan, masih perlu dilakukan pengujian karakteristik lebih detail dengan melakukan stabilisasi tanah secara efektif dan ekonomis serta perlu dilakukan uji model lapisan pondasi jalan menggunakan tanah ferro laterit khususnya ferro laterit LH2.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminaton Marto, Nima Lativi, Houman Souhaei (2013). "Stabilization of Laterite Soil using GKS Soil Stabilizer", EJGE Journal, Volume 18, Bund. C, pp 521-532. Madhav, M.R. and Miura, N. (1994). Introduction. In: Miura, N., Madahav, M.R. and Koga, K. (Editors), Lowlands, Development and Management. A.A. Balkema, Netherlands and U.S.A.: 31-37.
- Amu, O.O., Ogunniyi, S.A. and Oladeji, O.O., 2011, "Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with sugarcane straw Ash", American Journal Of Scientific And Industrial Research © 2011, Science Hub, <http://www.scihub.org/AJSIR> ISSN: 2153-649X doi:10.5251/ajsir.2011.2.2.323.331, pp 323-331.
- B. Thagesen, 1996, *Tropical rocks and soils*, In: *Highway and traffic engineering in developing countries*, B. Thagesen, ed. Chapman and Hall, London.
- B. Makasa, 2004, "Utilisation and improvement of lateritic gravels in road bases", International Institute for Aerospace survey and Earth Sciences, Delft.
- Bridges E.M., 1970, *World soils Cambridge*, University Press, London, 25.
- G. Fookes, 1997, "Tropical residual soils, a geological society engineering group working party revised report", The Geological Society, London
- Hamzah Yusuf, Muh.Saleh Pallu, Lawalenna Samang and M.Wihardi Tjaronge, 2012, "Characteristical Analysis of Unconfined Compressive Strength and CBR Laboratory on Dredging Sediment Stabilized With Portland Cement", International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol:12 No:04, pp 25-31.
- Kiran.S.P, A.N Ramakrishna, Shrinivas.H.R, 2014, "Stabilization of Lateritic Soil by using Sugarcane Straw Ash and Cement", Journal of Civil Engineering Technology and Research Volume 2, Number 1 (2014), pp.615-620
- Liu Yangshen, BAI Qingzhong, NIE Yongfeng, 2004, "Properties of Bentonite enhanced Loess and Laterite", Chinese Journal Chemical Engineering, 12-1, pp 37-41.
- Nima Latifi, Amin Eisazadeh, Aminaton Marto, 2014, "Strength behavior and microstructural characteristics of tropical laterite soil treated with sodium silicate-based liquid stabilizer", Environ Earth Sci 72:91-98 DOI 10.1007/s12665-013-2939-1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Olugbenga O Amu, Oluwole F.B., dan Iyiola A.K., 2011, "The Suitability and Lime Stabilization Requirement of Some Lateritic Soil Samples as Pavemen", *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.*, 2(1), pp. 29-46
- F.H.M. Portelinha, D.C. Lima, M.P.F. Fontes, C.A.B. Carvalho, 2012, "Modification of a Lateritic Soil with Lime and Cement: An Economical Alternative for Flexible Pavement Layers, Soils and Rocks", *São Paulo*, 35(1): 51-63, January-April, 2012, pp 51-63.
- Pemda Kabupaten Halmahera Timur, 2009, "Rencana Tata Ruang dan Wilayah Halmahera Timur 2010-2015".
- Saing Z, Samang L, Harianto, Patanduk, 2016, "Microstructural and Mechanical Characteristic of Potential Ferro Laterite Soil as Sub-base Material", *International Journal of Innovative Research in Advance Engineering (IJIRAE)* www.ijirae.com ISSN 2349-2763, Issue 2 Volume 3, Pebruary 2016, pp 42-48.
- Sree Danya, Ajitha, A.R, Evangeline, Y. Sheela., 2010, "Study on Amended Soil Liner Using Lateritic Soil", *Indian Geotechnical Conference – 2010, GEOTrendz* December 16–18, 2010 IGS Mumbai Chapter & IIT Bombay, pp 381-284.
- T. W. Lambe and V. R. Whitman, 1979, *Soil mechanics*, SI version, John Wiley and SonsInc., New York.
- Wisley Moreira Farias, Geraldo Resende Boaventura, Éder de Souza Martins, Fabrício Bueno da Fonseca Cardoso, José Camapum de Carvalho and Edi Mendes Guimarães., 2014, "Chemical and Hydraulic Behavior of a Tropical Soil Compacted Submitted to the Flow of Gasoline Hydrocarbons", *Environmental Risk Assessment of Soil Contamination, Intech*, <http://dx.doi.org/10.5772/57234>, pp 638-655
- Yinusa A. Jimoh , O. Ahmed Apampa, 2014, "An Evaluation of the Influence of Corn Cob Ash on the Strength Parameters of Lateritic Soils", *Civil and Environmental Research* www.iiste.org ISSN 2224-5790 (Paper) ISSN 2225-0514 (Online) Vol.6, No.5, 2014.