

DESAIN NILAI CBR TANAH DASAR JALAN DENGAN PERBAIKAN KAPUR DAN ABU SEKAM PADI

Agus Setyo Muntohar

Laboratorium Geoteknik, Jurusan Teknik Sipil,
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Selatan Taman Tirto, D.I. Yogyakarta
*Email: muntohar@umy.ac.id

Abstrak

Kadar air tanah memiliki pengaruh yang besar terhadap kuat dukung tanah dasar jalan baik tanpa stabilisasi maupun dengan stabilisasi. Naskah ini menyajikan hasil kajian pengaruh pencampuran kapur dan abu sekam padi secara terpisah terhadap kuat dukung tanah dalam berbagai kondisi kadar air tanah. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menentukan desain nilai desain CBR tanah yang dicampur dengan kapur dan abu sekam padi. Kadar kapur dan abu sekam padi dalam campuran adalah 2%, 4%, dan 6% dari berat tanah kering yang digunakan. Variasi kadar air tanah untuk desain dibuat antara 16% - 28%. Benda uji dipadatkan dengan metode pemadatan Proctor termodifikasi. Pengujian CBR laboratorium dilakukan dalam kondisi tanpa rendaman setelah benda uji diperam dalam cetakan selama 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai CBR cenderung berkurang dengan bertambahnya kadar air tanah baik untuk tanah tanpa stabilisasi dan tanah dengan stabilisasi kapur atau abu sekam padi. Tanah yang dipadatkan pada kondisi kering, dimana kadar air kurang dari OMC, cenderung menghasilkan nilai CBR yang lebih tinggi daripada tanah yang dipadatkan pada kondisi OMC dan kondisi basah

Kata kunci: abu sekam padi, CBR, lempung, kadar air, subgrade.

PENDAHULUAN

Kondisi tanah lempung sangat dipengaruhi oleh kadar airnya, terutama untuk tanah lempung ekspansif. Apabila tanah lempung ini digunakan sebagai tanah dasar jalan (*subgrade*), maka harus memenuhi kriteria seperti disyaratkan dalam SNI 03-1732-1989 (BSN, 1989), yaitu minimal 6% pada kondisi kering, dan 4% pada kondisi terendam air. Dalam perencanaan jalan ini, umumnya daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan korelasi dengan nilai CBR baik CBR lapangan atau CBR laboratorium. CBR laboratorium ini biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru. Sementara ini dianjurkan untuk mendasarkan data dukung tanah dasar hanya kepada pengukuran nilai CBR. Muntohar (2006) menyebutkan bahwa tanah lempung ekspansif pada kondisi terendam hanya memiliki nilai CBR yang kurang dari 2% ($CBR < 2\%$). Berbagai teknik perbaikan tanah telah dilakukan untuk meningkatkan nilai daya dukung tanah. Teknik paling sering dilakukan adalah dengan metode stabilisasi tanah secara kimia.

Penggunaan abu sekam padi dan kapur sebagai bahan stabilisasi tanah telah banyak dikaji dalam skala laboratorium seperti oleh Lazaro dan Moh (1970), Rahman (1987), Ali *et al.* (1992), Muntohar dan Hantoro (2000), Bashaet *al.* (2004), Muntohar (2005), Hossain (2011). Namun, penelitian-penelitian tersebut belum menghasilkan suatu rekomendasi terhadap prosedur dan desain campuran. Walaupun demikian, sebagian besar hasil-hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa abu sekam padi tidak dapat digunakan sendiri sebagai bahan stabilisasi tanpa bahan lainnya seperti kapur, semen, atau sejenisnya. Namun, Rahman (1987) menyebutkan untuk tanah residu dalam kondisi tanah yang basah, tetapi tidak terendam (jenuh air), pencampuran abu sekam padi dengan tanah mampu meningkatkan kuat dukung tanah jika dibandingkan pencampuran tanah dengan kapur.

Untuk itu diperlukan kajian guna mempelajari pengaruh pencampuran kapur dan abu sekam padi secara terpisah terhadap kuat dukung tanah dalam berbagai kondisi kadar air tanah. Tujuan

penelitian ini secara rinci dapat dirumuskan (1) untuk mengkaji pengaruh kadar air tanah terhadap nilai kuat dukung tanah (CBR) yang dicampur dengan kapur dan abu sekam padi, (2) untuk menentukan desain nilai desain CBR tanah yang dicampur dengan kapur dan abu sekam padi.

METODE PENELITIAN

1. Bahan Yang Digunakan

Tanah

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Kasihan, Bantul Yogyakarta. Berdasarkan hasil uji distribusi ukuran partikel tanah dan batas-batas konsistensi, tanah ini diklasifikasikan sebagai tanah lempung plastisitas tinggi dengan simbol CH menurut USCS (ASTM, 2010a). Sifat-sifat geoteknik tanah ini seperti disajikan pada Tabel 1. Menurut Gromko (1974) dan Seed et al. (1962), tanah ini memiliki potensi pengembangan sebesar 10% dan dikategorikan sebagai tanah sangat ekspansif.

Tabel 1. Sifat-sifat geoteknik tanah yang digunakan

Parameter	Nilai
Kadar air tanah asli, w_N	71 %
Kadar air tanahterusik	18 %
Beratjenis, G_s	2,63
Batas cair, LL	74 %
Batas plastis, PL	32 %
Batas susut, SL	14 %
Indeksplastisitas, PI	41 %
Pemadatan Proctor standar :	
Berat volume keringmaksimum, γ_d	13,5kN/m ³
Kadar air optimum, OMC	27 %
Distribusiukuranpartikel:	
▪ Pasir	9 %
▪ Lanau	81 %
▪ Lempung	11 %
Aktifitas, $A = PI/C$	3,059

Abu Sekam Padi dan Kapur.

Abu sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari sisa pembakaran sekam padi dalam pembuatan batu bata di Godean, Sleman. Proses pembakaran yang dilakukan dikategorikan sebagai pembakaran tak-terkendali (*uncontrolled burnt*). Agar memenuhi sebagai bahan stabilisasi tanah, abu sekam padi dihaluskan dalam mesin Los Angeles selama 2 jam dan disaring dengan saringan No. 200 (0,075 mm). Sedangkan, kapur yang digunakan berupa kapur padam (*hydrated lime*).

Berdasarkan hasil uji unsur kimia dengan metode *Atomic Absorption Spectroscopy*, abu sekam padi mengandung 88% SiO₂, 1% Al₂O₃, 0,5% CaO, 1% unsur Fe₂O₃ dan 8% LOI. Mengacu pada kriteria ASTM C1240 (ASTM, 2010b), tingkat aktivitas pozzolanik adalah kumulatif dari unsur SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ dengan batas minimum 85%. Untuk abu sekam padi, ketiga unsur oksida tersebut berjumlah 89,5% sehingga memenuhi persyaratan sebagai pozzolan. Untuk mengurangi proses hidrasi, abu sekam padi yang telah halus disimpan dalam kantong plastik kedap air

2. Pembuatan Benda Uji dan Prosedur Pengujian

Untuk membuat benda uji tanpa stabilisasi (benda uji S0), sejumlah 4 kg tanah kering yang telah lolos saringan No. 40 dicampurkan dengan enam variasi air dalam rentang volume air antara 300 mL hingga 1000 mL. Campuran air ini akan menghasilkan kadar air tanah antara 16% - 28%. Sedangkan untuk benda uji dengan stabilisasi, tanah kering dicampurkapur dan abu sekam padi,

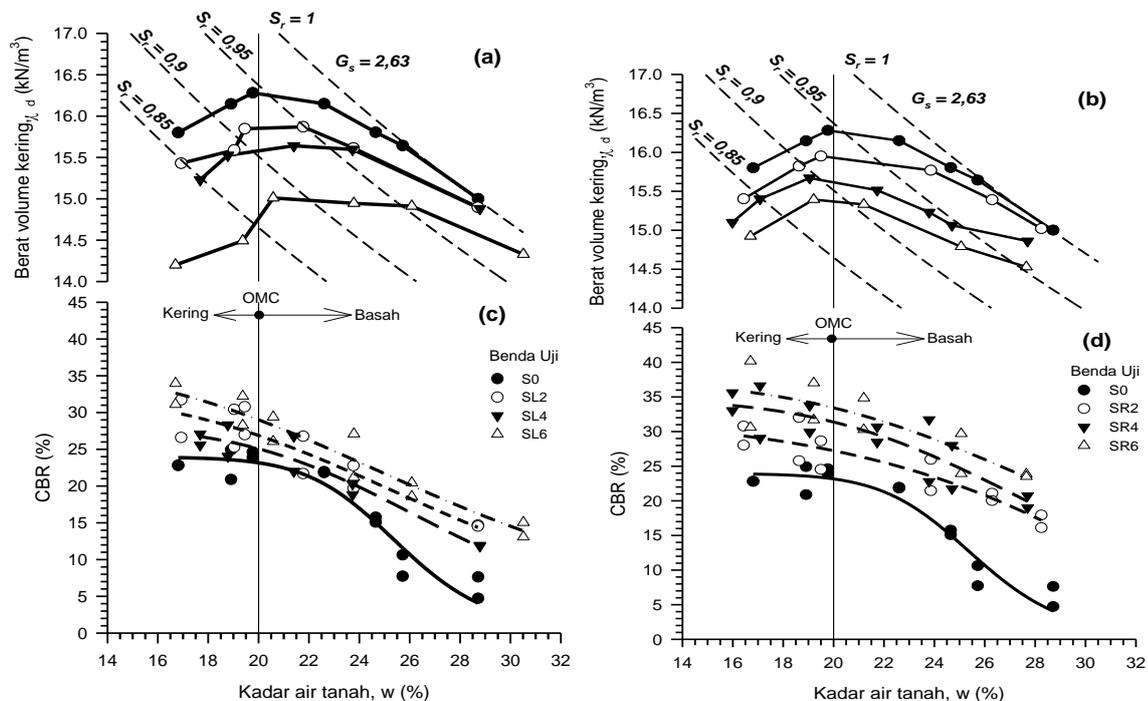
kemudian diaduk dengan enam variasi kadar air. Kadar kapur dan abu sekam padi dalam campuran adalah 2%, 4%, dan 6% dari berat tanah kering yang digunakan. Tabel 2 menyajikan rencana campuran benda uji untuk pengujian CBR. Untuk setiap campuran, dibuat dua benda uji. Campuran tanah basah atau tanah yang telah dicampur bahan stabilisasi, kemudian dipadatkan dengan metoda pemadatan Proctor termodifikasi sebagaimana dalam ASTM D1557 (ASTM, 2007a). Pemeraman benda uji dilakukan selama 7 hari di dalam cetakan CBR yang dibungkus plastis dan diikat serta disimpan dalam suhu ruang ($\pm 28^{\circ}\text{C}$), sehingga perubahan kadar air dari benda uji dapat dijaga tetap. Pengujian utama yang dilakukan adalah uji CBR tanpa rendaman. Pengujian CBR mengikuti prosedur dalam standar ASTM D1883 (ASTM, 2007b).

Tabel 2. Rencana benda uji untuk pengujian CBR

Jenis Bahan Stabilisasi	Persentase Campuran			Berat
	0	2%	4%	
Kapur	S0	SL2	SL4	SL6
Abu Sekam padi		SR2	SR4	SR6

HASIL PENELITIAN

Gambar 1a dan 1b menyajikan kurva pemadatan Proctor modifikasi masing-masing untuk tanah yang distabilisasi kapur dan abu sekam padi. Untuk tanah tanpa stabilisasi (benda uji S0), nilai kepadatan kering maksimum (MDD) dan kadar air optimum (OMC) masing-masing diperoleh $16,4 \text{ kN/m}^3$ dan 20%. Apabila dibandingkan dengan hasil pemadatan Proctor standar (Tabel 1), $MDD = 13,5 \text{ kN/m}^3$ dan $OMC = 27\%$, terdapat peningkatan nilai MDD dan pengurangan OMC. Pencampuran tanah dengan kapur atau abu sekam padi menghasilkan pengurangan nilai MDD dari tanah dasar, sedangkan perubahan nilai OMC relatif sangat kecil. Pada gambar 1a dan 1b juga ditampilkan kurva derajat jenuh air (S_r). Dalam penelitian ini dapat diketahui bahwa pemadatan tanah berada pada daerah jenuh air antara 0,85 hingga 1, dimana tanah dipadatkan pada kadar air kurang dari OMC cenderung berada dalam kondisi jenuh sebagian sedangkan tanah dipadatkan dengan kadar air lebih dari OMC (lebih dari 26%) cenderung mendekati jenuh air.



Gambar 1. Kurva pemadatan tanah (a) stabilisasi dengan kapur, (b) stabilisasi dengan abu sekam padi, dan kurva hubungan kadar air dan nilai CBR (c) stabilisasi dengan kapur, (d) stabilisasi dengan abu sekam padi

Nilai CBR cenderung berkurang dengan bertambahnya kadar air tanah sebagaimana Gambar 1v dan 1d. Untuk tanah tanpa stabilisasi (S0), nilai CBR pada kondisi OMC adalah 24%, berangsur-angsur berkurang hingga mencapai 6% pada kadar air 29%. Sedangkan pada kadar air kurang dari OMC, tidak terjadi perubahan nilai CBR yang berarti. Secara umum dapat dilihat bahwa pada kondisi kering dari OMC (lihat Gambar 1c dan 1d), nilai CBR tanah cenderung lebih besar daripada kondisi OMC dan basah. Tiga faktor yang paling berpengaruh pada desain perkerasan adalah analisis lalu lintas, evaluasi tanah dasar dan penilaian efek kelembaban. Ampadu (2007) menjelaskan bahwa efek kelembaban atau derajat jenuh air tanah akan mengontrol CBR dimana hal ini berkaitan dengan tekanan air pori negatif atau *matric suction*. Pada tanah dengan kepadatan yang lebih tinggi, laju pengurangan CBR terjadi lebih besar pada kondisi basah daripada kondisi kering.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pencampuran kapur dan abu sekam dengan kadar 2-6% telah meningkatkan nilai CBR tanah lempung. Pada kadar air dekat OMC, menghasilkan peningkatan nilai CBR sebesar 5-20% untuk stabilisasi kapur dan 9-40% untuk stabilisasi abu sekam padi yang bergantung pada kadar air tanah. Pengurangan kadar air tanah dari OMC menghasilkan peningkatan nilai CBR. Nilai CBR tanah yang stabilisasi kapur pada zona kering berkisar 26-32%, atau terdapat peningkatan sebesar 9-30% terhadap nilai CBR pada OMC. Sedangkan untuk tanah dengan stabilisasi abu sekam padi menghasilkan nilai CBR sebesar 26-36% yang berarti terjadi peningkatan sebesar 9-50%. Sebaliknya, penambahan kadar air tanah lebih dari OMC cenderung mengurangi nilai CBR baik untuk tanah tanpa stabilisasi dan tanah yang distabilisasi dengan kapur atau abu sekam padi. Laju pengurangan nilai CBR tanah yang distabilisasi dengan kapur cenderung lebih besar terhadap kadar air jika dibandingkan dengan campuran abu sekam padi. Nilai CBR terendah pada kondisi basah untuk campuran tanah-kapur berkisar 11-14%, atau terdapat pengurangan CBR hingga mencapai 54%. Sedangkan untuk campuran tanah-abu sekam padi berkisar 17-23% yang berarti terjadi pengurangan hingga 30%.

PEMBAHASAN

Pada prinsipnya, pemadatan Proctor modifikasi memiliki energi pemadatan yang lebih besar daripada Proctor standar. Dalam hal pemadatan, energi ditransfer ke tanah melalui tegangan normal dan tegangan geser yang menyebabkan partikel-partikel tanah berpindah. Perpindahan partikel-partikel tanah ini membentuk suatu struktur tanah yang lebih stabil. Wang et al. (2007) menyebutkan bahwa energi pemadatan yang lebih besar akan menghasilkan nilai MDD tanah dasar yang lebih tinggi. Pengurangan nilai MDD pada stabilisasi dengan kapur dapat disebabkan oleh dua hal yaitu (1) berat jenis kapur yang lebih rendah daripada tanah ($G_s = 2,0-2,1$), dan (2) walaupun bukan menjadi fokus dalam penelitian ini, dimungkinkan bahwa hasil reaksi pozzolan antara kapur dan tanah menghasilkan ukuran partikel tanah yang lebih besar sehingga terbentuk rongga-rongga antar butir tanah. Tetapi keberadaan gel *calcium-silicate-hydrate* (CSH) dari reaksi pozzolan ini membentuk struktur yang lebih kokoh, sehingga mampu meningkatkan kekuatan tanah. Kondisi inilah yang menyebabkan peningkatan nilai CBR. Beberapa penelitian terdahulu seperti Muntohar dan Hantoro (2000), Ramakrishna dan Pradeepkumar (2008), Dash dan Hussain (2012), Athanasopoulou (2014) telah menunjukkan hal serupa dengan hasil penelitian ini untuk tanah yang dicampur dengan kapur.

Pada dasarnya abu sekam padi tidak memberikan reaksi kimia apabila digunakan sebagai bahan stabilisasi, karena kandungan kapur dalam abu sekam padi tidak mencukupi untuk menghasilkan reaksi pozzolan sendiri (*self-hardening*). Hal ini sebagaimana disebutkan oleh penelitian terdahulu seperti Rahman (1987), Ali et al. (1992), dan Muntohar (2005). Sehingga pengaruhnya dalam proses stabilisasi tanah lebih pada fenomena fisik (*physical phenomena*). Berat jenis dari abu sekam padi yang lebih rendah ($G_s = 1,7-1,9$) daripada tanah dapat menyebabkan terjadinya pengurangan nilai MDD. Penelitian terdahulu seperti Ramakrishna dan Pradeepkumar (2008) menyebutkan bahwa struktur berpori (*porous*) dari permukaan abu sekam padi menghasilkan nilai kepadatan yang rendah. Muntohar dan Hantoro (2000) menjelaskan bahwa pencampuran abu sekam padi dalam tanah menghasilkan pengurangan nilai berat jenis tanah.

Namun struktur berpori ini memungkinkan abu sekam padi mampu menyerap air sehingga kandungan air dalam rongga antar partikel-partikel (air pori tanah) tanah relatif berkurang. Kondisi ini menyebabkan tanah dalam kondisi tidak jenuh dan menghasilkan nilai CBR yang lebih tinggi.

Hasil-hasil penelitian terdahulu (Ali et al.,1992; Basha et al., 2004; Muntohar, 2005, Hossain, 2011), sebagian besar menyimpulkan bahwa nilai CBR tanah yang distabilisasi oleh kapur atau semen atau *cement kiln dust* lebih besar daripada campuran abu sekam padi sendiri. Tetapi, dalam penelitian diperoleh bahwa nilai CBR untuk tanah dengan stabilisasi abu sekam padi sedikit lebih besar daripada tanah dengan campuran kapur. Kondisi ini secara mudah dapat dijelaskan sebagai akibat dari nilai MDD dari campuran tanah-abu sekam padi yang lebih tinggi daripada campuran tanah-kapur (lihat Gambar 1a dan 1b). Hasil serupa juga dicapai oleh Rahman (1987) untuk stabilisasi tanah residu dengan abu sekam padi. Apabila dibandingkan pada zona basah, nilai CBR campuran tanah-kapur lebih rendah daripada campuran-abu sekam padi. Hasil reaksi pozzolan dalam campuran tanah-kapur menyebabkan tanah memiliki permeabilitas yang rendah sebagai akibat terbentuknya gel CSH dipermukaan butiran tanah. Ramakrishna dan Pradeepkumar (2008) menjelaskan bahwa air diperlukan dalam menjaga reaksi hidrasi dan pozzolan. Akan tetapi, penambahan air yang lebih dari kondisi OMC dapat menyebabkan air tidak dapat disimpan dalam rongga-rongga tanah sebagai akibat rendahnya permeabilitas. Sehingga, fungsi air sebagai "pelumas" antar butiran tanah menyebabkan tanah relatif sulit dipadatkan. Sebagai hasilnya, nilai MDD menjadi lebih rendah yang berkaitan erat dengan berkurangnya nilai CBR.

KESIMPULAN

Hasil pengujian kuat dukung tanah dasar melalui uji CBR laboratorium tanpa rendaman untuk tanah yang distabilisasi dengan kapur atau abu sekam padi telah dibahas pada bagian sebelumnya. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa kadar air tanah sangat mempengaruhi nilai CBR tanah. Nilai CBR tanah cenderung berkurang dengan bertambahnya kadar air tanah. Tanah yang dipadatkan pada kondisi kering, dimana kadar air kurang dari OMC, cenderung menghasilkan nilai CBR yang lebih tinggi daripada tanah yang dipadatkan pada kondisi OMC dan kondisi basah. Laju pengurangan nilai CBR tanah yang distabilisasi dengan kapur dapat mencapai 54%, sedangkan untuk campuran abu sekam padi terjadi pengurangan nilai CBR hingga 30% pada kondisi basah. Meskipun dalam penelitian ini menunjukkan bahwa nilai CBR tanah dengan stabilisasi abu sekam padi lebih tinggi daripada campuran tanah-kapur, pengujian terhadap CBR rendaman perlu dilakukan guna memberikan desain CBR yang lebih sesuai dengan persyaratan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas pendanaan penelitian melalui Riset Pengembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi (IPTEK) tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, F.H., Adnan, A., Choy, C.K., 1992, Geotechnical properties of a chemically stabilised soil from Malaysia with rice husk ash as an additive, *Geotechnical and Geological Engineering*, Vol. 10, pp. 117 – 134.
- Ampadu, S.I.K., 2007, A Laboratory investigation into the effect of water content on the CBR of a subgrade soil, in T. Schanz(Ed.): *Experimental Unsaturated Soil Mechanics*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 137-144.
- ASTM, 2007a, D1557-07, Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)), ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.

- ASTM, 2007b, D1883-07e2, Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA
- ASTM, 2010a, D2487-10, Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System), ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- ASTM, 2010b, C1240-10, Standard specification for silica fume used in cementitious mixtures, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- Athanasopoulou, A., 2014, Addition of lime and fly ash to improve highway subgrade soils, *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 26 (4), pp. 773-775.
- Basha, E.A., Hashim, R., Mahmud, H.B. Muntohar, A.S., 2005, Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement, *Construction and Building Materials*, Vol. 19, pp. 448–453.
- BSN, 1989, SNI 03-1732-1989: Tebalperkerasanlenturjalanrayadenganmetodeanalisisakomponen, Petunjukpelaksanaan, BadanStandarisasi Nasional, Jakarta
- Dash, S.K., Hussain, M., 2012, Lime stabilization of soils: Reappraisal, *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 24 (6), pp. 707–714.
- Gromko, G.J., 1974, Review of expansive soils, *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol. 100 (6), pp. 667–687.
- Hossain, K.M.A., 2011, Stabilized soils incorporating combinations of rice husk ash and cement kiln dust, *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 23 (9), pp. 1320–1327
- Lazaro, R.C., Moh, Z.C., 1970, Stabilisation of deltaic clays with lime-rice husk ash admixtures. Proceeding of the 2nd Southeast Asian Conference on Soil Engineering, 11-15 June 1970, Singapore, pp. 215 – 223.
- Muntohar, A.S., 2005, Geotechnical properties of rice husk ash enhanced lime-stabilized expansive clay, *Media Komunikasi Teknik Sipil*, Vol. 13 (3), pp. 36-47.
- Muntohar, A.S., 2006, The swelling of expansive subgrade at Wates-Purworejo roadway, STA.8+12, *DimensiTeknikSipil*, Vol. 8 (2), pp: 106-110
- Muntohar, A.S., Hantoro, G., 2000, Influence of the rice husk ash and lime on the engineering properties of Clayey Subgrade, *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 5, 2000, pp. #0193.
- Rahman, M.A., 1987, Effect of cement–rice husk ash mixtures on geotechnical properties of lateritic soils. *Soil and Foundation*, Vol. 27(2), pp. 61–65.
- Ramakrishna, A.N., Pradeepkumar, A.V., 2008, Influence of compaction moisture content on UCS and CBR of RHA-lime stabilized BC soil, *Indian Geotechnical Journal*, Vol. 38(2), pp. 140-155
- Seed, H.B., Woodward, R.J., Lundgren, R., 1962, Prediction of swelling potential for compacted clays, *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE*, SM3, June, 1962, pp. 53–87.
- Wang, P., Guo, C.C., Wang, H.T., 2007, Experimental Research for Subgrade Compactness Effect of Increased Compaction Energy, *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, Vol.2 No. 2, pp. 1-4