

JURNAL TEKNIK SIPIL

**Komputerisasi Penentuan Tebal Perkerasan Kaku
Dengan Metode AASHTO 1993**

(*Andri Suryadi, Budi Hartanto Susilo*)

Kajian Pengaruh Materi Organik Pada Sifat Fisis Tanah Lunak

(*Asriwijanti Desiani*)

Karakteristik Wirausaha Pada Pelaku Usaha Konstruksi

(*Maksum Tanubrata, Ika Gunawan*)

Pengaruh Ukuran Butir Terhadap *Water Absorption*

Material *Crushed Limestone* Padalarang

(*Andrias Suhendra Nugraha, Zulhazmi Ardi*)

**Studi Eksperimental dan Analitis Sambungan Batang Tarik
Tipe Kegagalan Geser Baut**

(*Noek Sulandari, Roi Milyardi, Yosafat Aji Pranata*)

J. Tek.Sipil	Vol. 13	No. 1	Hlm. 1-94	Bandung, April 2017	ISSN 1411-9331
--------------	---------	-------	-----------	---------------------------	-------------------



JURNAL TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

Jurnal Teknik Sipil adalah jurnal ilmiah jurusan teknik sipil Universitas Kristen Maranatha yang diterbitkan 2 kali setahun pada bulan April dan Oktober. Pertama kali terbit bulan Oktober 2003. Tujuan penerbitan adalah sebagai wadah komunikasi ilmiah dan juga penyebarluasan hasil penelitian, studi literatur dalam bidang teknik sipil atau ilmu terkait.

- Pelindung** : Rektor Universitas Kristen Maranatha
- Penanggung Jawab** : Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha
- Pemimpin Redaksi** : Ir. Maksum Tanubrata, MT.
- Ketua Dewan Penyunting** : Dr. Yosafat Aji Pranata, ST., MT.
- Penyunting Pelaksana** : Prof. Dr. Ir. Budi Hartanto Susilo, M.Sc.
Dr. Anang Kristianto, ST., MT.
Cindrawaty Lesmana, ST., M.Sc(Eng)., Ph.D.
Robby Yussac Tallar, ST., MT., Dipl.IWRM., Ph.D.
Ir. Maria Christine Sutandi, M.Sc.
Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.
Hanny Juliany Dani, ST., MT.
Andrias S. Nugraha, ST., MT.
- Perapi** : Tri Octaviani Sihombing, ST., M.Sc., Roi Milyardi, ST.
- Sekretariat dan Sirkulasi** : Aldrin Boy Rahardjo, A.Md., Betty Heriati Sairoen, Santo Deli, A.Md.
- Alamat Redaksi** : Sekretariat Jurnal Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164
Tel. 022 - 2012186 ext. 1211, 1212 ; Fax. 022 - 2017622
- E-mail** : jurnal_ts@eng.maranatha.edu
- Website** : <http://majour.maranatha.edu>
- Penerbit** : Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164



JURNAL TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

DAFTAR ISI :

Komputerisasi Penentuan Tebal Perkerasan Kaku Dengan Metode AASHTO 1993 (<i>Andri Suryadi, Budi Hartanto Susilo</i>)	1 - 20
Kajian Pengaruh Materi Organik Pada Sifat Fisis Tanah Lunak (<i>Asriwijanti Desiani</i>)	21 - 48
Karakteristik Wirausaha Pada Pelaku Usaha Konstruksi (<i>Maksum Tanubrata, Ika Gunawan</i>)	49 - 60
Pengaruh Ukuran Butir Terhadap <i>Water Absorption</i> Material <i>Crushed Limestone</i> Padalarang (<i>Andrias Suhendra Nugraha, Zulhazmi Ardi</i>)	61 - 81
Studi Eksperimental dan Analitis Sambungan Batang Tarik Tipe Kegagalan Geser Baut (<i>Noek Sulandari, Roi Milyardi, Yosafat Aji Pranata</i>)	82 - 93

KOMPUTERISASI PENENTUAN TEBAL PERKERASAN KAKU DENGAN METODE AASHTO 1993

Andri Suryadi¹, Budi Hartanto Susilo²

¹ Alumnus Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri, MPH., No. 65, Bandung, 40164
E-mail: andri.suryadi30@gmail.com

² Guru Besar Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri, MPH., No. 65, Bandung, 40164
E-mail: budiharsus@yahoo.com

ABSTRAK

Perhitungan tebal perkerasan secara komputerisasi perlu dikembangkan untuk meminimalisir kesalahan, memperoleh hasil yang lebih teliti, cepat, akurat, dan dapat dilakukan secara iterasi. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kebutuhan tebal perkerasan kaku pada ruas jalan tol dengan menggunakan metode AASHTO 1993. Nilai faktor yang digunakan dalam perhitungan, diperoleh dari proyek Jalan Tol Cikopo-Palimanan dan kekurangannya diasumsikan sesuai dengan aturan AASHTO 1993. Hasil analisis penentuan tebal perkerasan kaku diperoleh tebal sebesar 39cm untuk Jalan Tol Cipali. Model untuk penentuan tebal perkerasan W_{18} nominal adalah $\log_{10}(2541530993,12)$, yang berarti bahwa logaritma dari total kumulatif beban 18-kip ESAL yaitu 9,41. Perhitungan beban gandar standar kumulatif menggunakan metode AASHTO 1993 dengan W_{18} desain diperoleh hasil sebesar 8,97, yang berarti bahwa tebal pelat beton rencana dapat diterapkan pada ruas Jalan Tol Cipali sesuai dengan toleransi yang diberikan AASHTO 1993.

Kata kunci: Perkerasan Kaku, AASHTO 1993, Komputerisasi, Jalan Tol Cipali, Toleransi.

ABSTRACT

Computerized about calculation of pavement thickness needs to be developed to minimize the human error, obtain the results more conscientious, fast, accurate, and can be done iteratively. The purpose of this study was to analyze the necessary of rigid pavement thickness for the toll road using AASHTO 1993 method. Value factors used in the calculation, obtained from Toll Road project Cikopo-Palimanan and shortcomings assumed in accordance with the rules of AASHTO 1993. The results of the analysis of the determination of the rigid pavement thickness obtained by 39 centimeters thick for Cikampek-Palimanan Toll Road. The model for determining the pavement thickness W_{18} nominal is $\log_{10}(2541530993,12)$, which means that the logarithm of the total cumulative load of 18-kips ESAL is 9,41. Cumulative standard axle load calculations using the 1993 AASHTO method within W_{18} design the result obtained was 8,97, which means that the concrete slab thickness plan will be put on Cikampek-Palimanan toll road segment in accordance with the tolerance of AASHTO 1993.

Keywords: Rigid Pavement, AASHTO 1993, Computerized, Cipali Toll Road, Tolerance.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu metode perencanaan tebal perkerasan jalan yang sering digunakan ialah metode AASHTO 1993. Metode tersebut telah dipakai secara umum di seluruh dunia untuk perencanaan serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara.

Metode AASHTO 1993 pada dasarnya adalah metode perencanaan yang didasarkan pada metode empiris.

Seiring perkembangan zaman, pertumbuhan lalu lintas semakin meningkat sehingga menyebabkan beban dan volume lalu lintas yang harus didukung oleh struktur perkerasan jalan juga semakin meningkat. Perkerasan jalan merupakan struktur yang tersusun dari beberapa lapisan dan dibangun di atas tanah dasar. Struktur perkerasan jalan harus mampu mendistribusikan beban dari roda kendaraan sehingga struktur tanah di bawahnya yang lebih lunak tidak mudah rusak karena mengalami tegangan dan regangan yang berlebihan oleh beban berulang.

Tebal lapisan perkerasan jalan perlu dikembangkan, dengan cara perhitungan secara komputerisasi untuk memperoleh nilai-nilai lapisan jalan yang akurat, ideal, cermat, dan cepat. Parameter maupun indeks yang diperlukan dalam analisis empiris perkerasan jalan berdasarkan pada AASHTO 1993. Untuk memperoleh hasil analisis penelitian yang cepat dan cermat kiranya perlu disusun perhitungan komputerisasi sederhana dengan perangkat lunak *Microsoft Excel* dalam rangka kemudahan iterasi perhitungan yang cepat dan tepat seperti yang diharapkan oleh perencana.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Penyusunan secara komputerisasi faktor-faktor yang mempengaruhi pendekatan empiris dalam desain struktur perkerasan kaku suatu ruas jalan;
2. Menghitung kebutuhan tebal perkerasan kaku jalan dengan menggunakan metode AASHTO 1993 secara komputerisasi.

1.3 Ruang Lingkup

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Perencanaan perkerasan kaku hanya untuk jalan baru;
2. Nilai faktor-faktor yang digunakan dalam perhitungan diambil dari Jalan Tol Cipali dan kekurangannya diasumsikan sesuai dengan aturan AASHTO 1993;
3. Menghitung secara komputerisasi terhadap kebutuhan tebal perkerasan kaku;
4. Kendaraan dalam analisis perhitungan meliputi jenis kendaraan niaga, yaitu bus, truk, dan *trailer*;
5. Metode analisis yang digunakan adalah metode AASHTO 1993.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku adalah struktur yang terdiri atas pelat kaku yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal (Suhaili, 2003). Pada perkerasan kaku, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung, dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan kaku.

2.2 Parameter Desain Perkerasan Kaku

Terdapat beberapa parameter dalam menentukan tebal perkerasan kaku, antara lain: tanah dasar, lapisan pondasi bawah, material beton semen, lalu lintas, indeks permukaan, nilai reliabilitas, faktor kehilangan daya dukung, koefisien pelimpahan beban, dan koefisien drainase.

1. Tanah Dasar

Sebagian besar beban pada perkerasan kaku dipikul oleh pelat beton, tetapi keawetan dan kekuatan pelat tersebut sangat dipengaruhi oleh sifat, daya dukung, dan keseragaman tanah dasar. Keseragaman daya dukung tanah dasar akan membantu menurunkan pengaruh tegangan pada *slab* beton.

A. CBR Tanah Dasar

CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) dan dinyatakan dalam persentase. Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban (*U.S Army Corps of Engineers*, 1985).

B. Modulus Reaksi Tanah Dasar

Parameter yang paling umum digunakan untuk menyatakan daya dukung tanah dasar pada perkerasan kaku adalah modulus reaksi tanah dasar (k). Modulus reaksi tanah dasar ditetapkan di lapangan dengan pengujian pelat *bearing*, dengan diameter pelat 76cm yang dinyatakan dalam kg/cm^3 (MPa/m). Karena pengujian “pelat *bearing*” memerlukan waktu lama dan biaya mahal, maka k dapat diperkirakan dari nilai CBR, baik CBR *insitu* sesuai SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai SNI 03-1744-

1989. Dari nilai CBR representatif ini kemudian diprediksi modulus elastisitas tanah dasar dengan menggunakan Persamaan 1.

$$M_R = 1500 \times CBR \quad (1)$$

dengan:

M_R : Modulus reaksi tanah dasar (psi).

CBR : Nilai CBR tanah dasar (%).

2. Beton Kurus

Lean concrete atau disebut beton kurus fungsinya hanya sebagai lantai kerja agar air semen tidak meresap ke dalam lapisan bawahnya. Campuran material berbutir dan semen dengan kadar yang rendah. Digunakan sebagai lapis pondasi untuk perkerasan beton. Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5MPa (50kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7MPa (70kg/cm²) bila menggunakan abu terbang. Tebal campuran beton kurus ini minimum 10cm dan pada dasarnya terbuat dari beton dengan mutu K-175.

3. Material Beton Semen

Menurut ASTM C-78, kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik yang besarnya secara tipikal sekitar 3-5MPa (30-50kg/cm²). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5-5,5MPa (50-55kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25MPa (2,5kg/cm²) terdekat.

A. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastis beton dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$E_c = 57000 (f_c')^{0,5} \quad (2)$$

dengan:

E_c : Modulus elastisitas beton (psi).

f_c' : Kuat tekan beton (psi).

B. Modulus Kelenturan Beton

Modulus kelenturan beton hanya digunakan untuk perencanaan perkerasan kaku. Nilai modulus kelenturan beton yang digunakan adalah nilai rata-rata kekuatan tarik

lentur pada usia 28 hari. Jika digunakan konstruksi yang spesifik, maka dalam penentuan modulus kelenturan betonnya ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan. Dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$S'_c = S_c + z(S_{DS}) \quad (3)$$

dengan:

- S'_c : Modulus kelenturan beton (psi).
- S_c : Konstruksi spesifik pada modulus kelenturan beton (psi).
- S_{DS} : Standar deviasi modulus kelenturan beton (psi).
- z : Variasi normal standar,
 - = 0,841, untuk *Percent Serviceability* (PS) = 20%
 - = 1,037, untuk PS = 15%
 - = 1,282, untuk PS = 10%
 - = 1,645, untuk PS = 5%
 - = 2,327, untuk PS = 1%

4. Lalu Lintas

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan kaku, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan kaku adalah yang mempunyai berat total minimum 5ton. Seluruh prosedur perencanaan perkerasan kaku didasarkan pada kumulatif 18-kip *equivalent single axle load* (ESAL) selama umur rencana. Besar kumulatif ESAL selama umur rencana dikalikan dengan faktor distribusi arah dan faktor distribusi lajur untuk menentukan besarnya volume lalu lintas pada lajur rencana (W_{18}).

A. Koefisien Distribusi Arah

Koefisien distribusi arah (D) biasanya bernilai 0,5 (50%). Namun berdasarkan pengalaman, nilai D bervariasi antara 0,3 sampai 0,7 tergantung dari beban lalu lintas yang terjadi di masing-masing arah.

B. Koefisien Distribusi Lajur

Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan berdasarkan lebar perkerasan atau jumlah lajur setiap arah seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Lebar Perkerasan (L_p)	Jumlah Lajur (n_l)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50\text{m} \leq L_p < 8,25\text{m}$	2 lajur	0,7	0,5
$8,25\text{m} \leq L_p < 11,25\text{m}$	3 lajur	0,5	0,475
$11,23\text{m} \leq L_p < 15,00\text{m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00\text{m} \leq L_p < 18,75\text{m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75\text{m} \leq L_p < 22,00\text{m}$	6 lajur	-	0,40

Sumber: Bina Marga, 2003.

Tabel 2. Faktor Distribusi Lajur

Jumlah Lajur Setiap Arah	D_L (%)
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Sumber: AASHTO, 1993.

C. Konfigurasi Sumbu Kendaraan

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 (empat) jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).

Angka ekivalen STRT, dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$E_{\text{STRT}} = \left[\frac{\text{Beban sumbu (ton)}}{5,40} \right]^4 \quad (4)$$

2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).

Angka ekivalen STRG, dihitung menggunakan Persamaan 5.

$$E_{\text{STRG}} = \left[\frac{\text{Beban sumbu (ton)}}{8,16} \right]^4 \quad (5)$$

3. Sumbu tandem roda ganda (STdRG).

Angka ekivalen STdRG, dihitung menggunakan Persamaan 6.

$$E_{\text{STdRG}} = \left[\frac{\text{Beban sumbu (ton)}}{13,76} \right]^4 \quad (6)$$

4. Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

Angka ekivalen ST_{TRG}, dihitung menggunakan Persamaan 7.

$$E_{ST_{TRG}} = \left[\frac{\text{Beban sumbu (ton)}}{18,45} \right]^4 \quad (7)$$

D. Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan.

5. Umur Rencana Perkerasan

Umur rencana merupakan suatu periode tertentu dalam tahun, yang dirancang agar jalan yang direncanakan dan dipelihara dapat berfungsi selama periode tersebut. Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan kaku dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun atau dapat menggunakan Tabel 3.

Tabel 3. Umur Rencana Perkerasan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir <i>cement treated base</i>	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diizinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan. <i>Cement treated base</i>	
Perkerasan Kaku	Lapis pondasi, lapis pondasi bawah, lapis beton semen	
Jalan Tanpa Penutup	Semua elemen	Minimum 10

Sumber: Bina Marga, 2013.

6. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang akurat (Pd T-14-2003). Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu lintas yang dapat ditentukan berdasarkan Persamaan 8.

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \quad (8)$$

dengan:

- R : Faktor pertumbuhan lalu lintas.
 i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun (%).
 UR : Umur rencana (tahun).

atau menggunakan Tabel 4.

Tabel 4. Perkiraan Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

	2011 – 2020	> 2021 – 2030
Arteri dan perkotaan (%)	5	4
Rural (%)	3,5	2,5

Sumber: Bina Marga, 2012.

7. *Serviceability*

Serviceability merupakan tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang kemudian dirasakan oleh pengguna jalan. Nilai *serviceability* ini merupakan nilai yang menjadi penentu tingkat pelayanan fungsional suatu sistem perkerasan jalan. Secara numerik *serviceability* merupakan fungsi beberapa parameter, antara lain ketidakrataan, jumlah lubang, luas tambalan, dan lain-lain.

A. *Initial Present Serviceability Index*

Untuk perkerasan yang baru dibuka (*open traffic*) nilai indeks permukaan awal diberikan sebesar 4,0 - 4,5. Nilai ini dalam terminologi perkerasan diberikan sebagai nilai *initial serviceability* (P_0).

B. *Terminal Serviceability Index*

Untuk perkerasan yang harus dilakukan perbaikan pelayanannya, nilai *terminal serviceability index* diberikan sebesar 2,0. Nilai *terminal serviceability index* dapat diperoleh berdasarkan Tabel 5.

Tabel 5. Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana

LER	Fungsi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10 - 100	1,5	1,5 - 2,0	2,0	-
100 - 1000	1,5 - 2,0	2,0	2,0 - 2,5	-
> 1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

Sumber: Metode Analisa Komponen, SNI. 1987.

8. Reliabilitas

Reliabilitas adalah nilai probabilitas kemungkinan tingkat pelayanan yang dapat dipertahankan selama masa pelayanan dipandang dari sisi pemakai jalan. Reliabilitas merupakan jaminan bahwa perkiraan beban lalu lintas yang akan menggunakan jalan tersebut dapat dipenuhi. Perkerasan kaku direncanakan dengan menggunakan klasifikasi jalan yang tinggi karena perkerasan ini akan difungsikan untuk menampung volume lalu lintas yang cukup tinggi. Informasi mengenai tingkat reliabilitas (R) yang digunakan dalam merencanakan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Reliabilitas untuk Berbagai Klasifikasi Jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas (%)	
	Perkotaan	Antar kota
Bebas hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Sumber: AASHTO, 1993.

A. Standar Deviasi

Nilai standar deviasi mewakili kondisi lokal yang ada. Berdasarkan data dari jalan percobaan AASHTO ditentukan nilai S_o dari rentang sebesar 0,30 - 0,40 untuk *rigid pavement*. Hal ini berhubungan dengan total standar deviasi sebesar 0,35 dan 0,45 untuk lalu lintas untuk jenis perkerasan *rigid* dan *flexible*.

B. Standar Normal Deviasi

Tingkat reliabilitas berhubungan dengan nilai standar normal deviasi yang diberikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Standar Normal Deviasi

Reliabilitas, R (%)	Standard Normal Deviante, Z_R
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,842
85	-1,036
90	-1,282
91	-1,341
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,326
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Sumber: AASHTO, 1993.

9. Loss of Support Factor

Faktor kehilangan daya dukung (LS) termasuk dalam perencanaan perkerasan kaku untuk memperhitungkan potensi kehilangan daya dukung yang bertambah akibat erosi lapisan pondasi bawah atau perubahan pergerakan partikel tanah. Nilai LS dapat diperoleh berdasarkan Tabel 8.

Tabel 8. Faktor Kehilangan Daya Dukung berdasarkan Tipe Material

Type of Material	Loss of Support (LS)
Cement Treated Granular Base ($E = 1000000$ to 2000000 psi)	0,0 to 1,0
Cement Aggregate Mixtures ($E = 500000$ to 1000000 psi)	0,0 to 1,0
Asphalt Treated Base ($E = 350000$ to 1000000 psi)	0,0 to 1,0
Bituminous Stabilized Mixtures ($E = 40000$ to 300000 psi)	0,0 to 1,0
Lime Stabilized ($E = 20000$ to 70000 psi)	1,0 to 3,0
Unbound Granular Materials ($E = 15000$ to 45000 psi)	1,0 to 3,0
Fine Grained or Natural Subgrade Materials ($E = 3000$ to 40000 psi)	2,0 to 3,0

Sumber: AASHTO, 1993.

10. Koefisien Pelimpahan Beban

Koefisien pelimpahan beban (J) adalah faktor yang mempengaruhi kemampuan perkerasan kaku dalam melimpahkan atau mendistribusikan beban pada daerah yang terputus seperti daerah sambungan atau retakan. Nilai koefisien pelimpahan beban berdasarkan jenis perkerasannya dapat dilihat dari Tabel 10.

Tabel 10. Koefisien Pelimpahan Beban

Pelimpahan Beban	Aspal		Beton	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Jenis Perkerasan				
Perkerasan bersambung tanpa atau dengan tulangan (JCP / JRCP)	3,2	3,8 - 4,4	2,5 - 3,1	3,6 - 4,2
Perkerasan beton menerus dengan tulangan (CRCP)	2,9 - 3,2	N/A	2,3 - 2,9	N/A

Sumber: AASHTO, 1993.

11. Koefisien Drainase

Metode ini diberikan koefisien pengaruh dari drainase seperti diberikan pada Tabel 11. Definisi kualitas drainase dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 11. Koefisien Drainase untuk Perkerasan Kaku

Kualitas Drainase	Persen Waktu Struktur Perkerasan dipengaruhi oleh Kadar Air yang Mendekati Jenuh			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Sangat Baik	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10
Baik	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00
Sedang	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90
Buruk	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Sangat Buruk	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,70

Sumber: AASHTO, 1993.

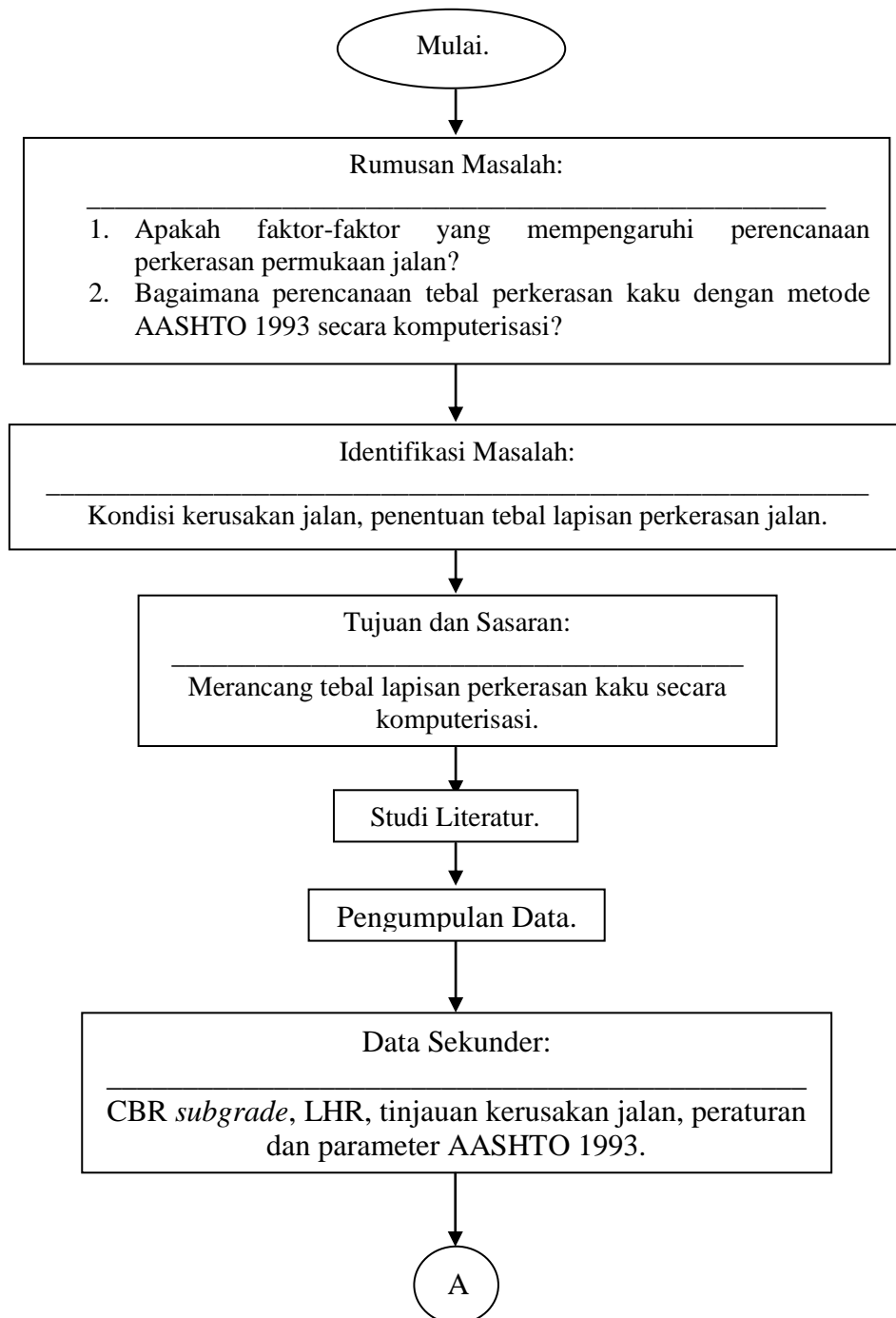
Tabel 12. Definisi Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Waktu Air Mengalir
Sangat Baik	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat Buruk	Air tidak mengalir

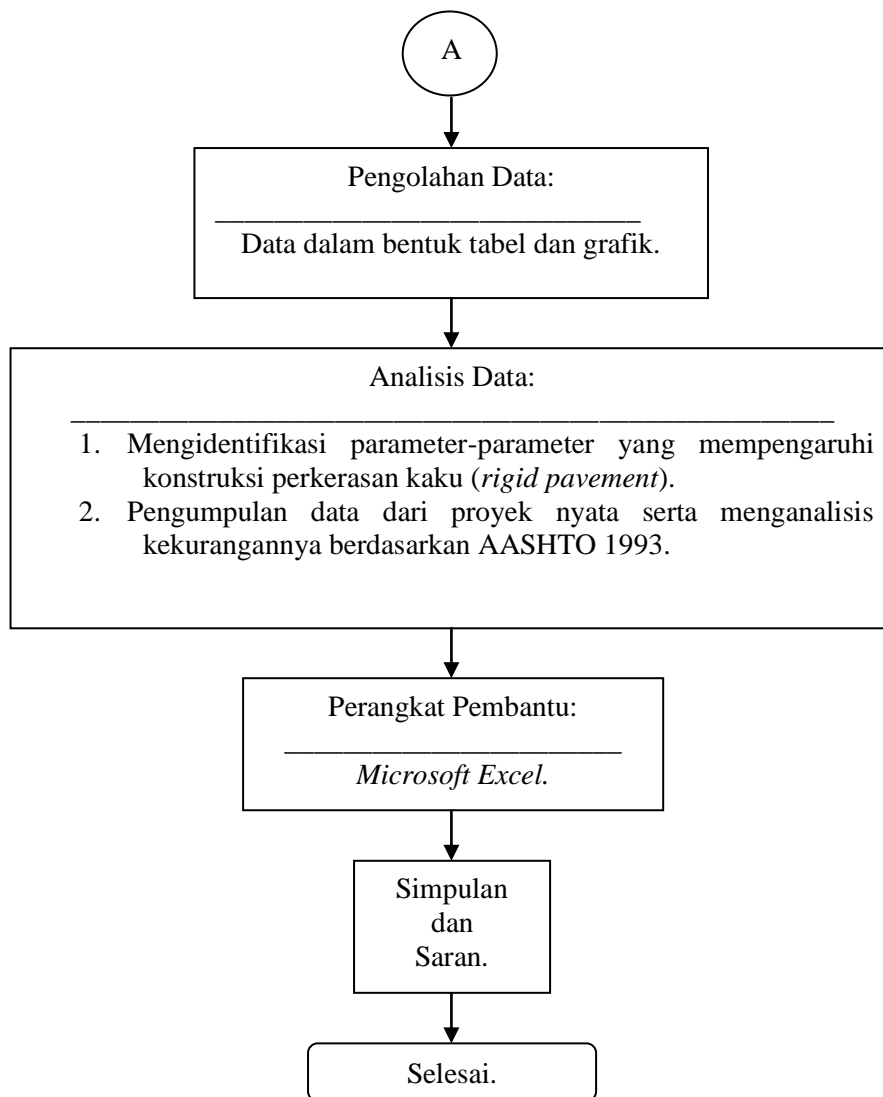
Sumber: AASHTO, 1993.

3. METODE PENELITIAN

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian (Lanjutan)

4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Besarnya pertumbuhan lalu lintas telah ditetapkan untuk semua jenis kendaraan selama umur rencana. Rekapitulasi laju pertumbuhan di Tol Cipali dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Rekapitulasi Laju Pertumbuhan di Tol Cipali

No.	Keterangan	Gerbang	Laju Pertumbuhan (%)
1	Bulanan	Cikopo	15,8%
2		Palimanan	21,0%
3	Tahunan	Cikopo	104,5%
4		Palimanan	37,7%

Besarnya total beban gandar standar ekuivalen untuk semua jenis kendaraan selama umur rencana 30 tahun dan laju pertumbuhan sebesar 15,8% pada Tol Cipali dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Total Kumulatif Beban Gandar Standar Ekuivalen pada Tol Cipali

No	Kendaraan	Berat (ton)	AADT veh/h	Sum. ESAL
1	Kend Ringan (1.1)	2	171532	0
2	Bus (1.2)	8	3501	35117204,23
3	Truk 2 gandar (1.2)	14	21791	2050015657
4	Truk 3 gandar (1.22)	22	1993	262221278
5	Truk 4 gandar (1.2-2.2)	32	282	62103160,52
6	Truk 5 gandar (1.2-222)	40	157	132077304,4
Total			199256	2541534604

Pada Persamaan 9, perlu menghitung nilai W_{18} nominal.

$$W_{18} \text{ nominal} = \log_{10}(\text{Sum.ESAL}) \quad (9)$$

$$W_{18} \text{ nominal} = \log_{10}(2541534604)$$

$$W_{18} \text{ nominal} = 9,40510$$

Pada Persamaan 10 dan Persamaan 11 perlu menentukan tebal pelat beton rencana (D) untuk menentukan kesesuaian antara tebal pelat beton yang dianalisis menggunakan metode AASHTO 1993 dengan hasil berupa data sekunder di lapangan. Asumsi tebal pelat beton sebesar 39cm.

Adapun Persamaan 10 diperoleh hasil:

$$A = Z_R \times S_o + 7,35 \times \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10}\left[\frac{0,45 - 1,5}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}}\right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} \quad (10)$$

$$A = -1,282 \times 0,35 + 7,35 \times \log_{10}(15,35 + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10}\left[\frac{2}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(15,35 + 1)^{8,46}}}\right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(15,35 + 1)^{8,46}}}$$

$$A = 8,23556$$

Sedangkan Persamaan 11 diperoleh hasil:

$$B = (4,22 - 0,32 \times P_t) \times \log_{10}\left[\frac{S'_c \times C_d \times (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 \times J \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c/k)^{0,25}}\right]}\right] \quad (11)$$

$$B = (4,22 - 0,32 \times 2,5) \times \log_{10}\left[\frac{700 \times 1,25 \times (15,35^{0,75} - 1,132)}{215,63 \times 2,6 \left[15,35^{0,75} - \frac{18,42}{(4560179,19/175)^{0,25}}\right]}\right]$$

$$B = 0,73419$$

Total nilai A + B, yaitu:

$$8,23556 + 0,73419 = 8,96975$$

Adapun selisih/perbedaannya dihitung dengan cara:

$$\text{Toleransi} = \frac{\log_{10}(W18) - (A+B)}{(A+B)} \times 100\%$$

$$\text{Toleransi} = \frac{9,40510 - (8,96975)}{(8,96975)} \times 100\%$$

Toleransi = 4,85% , syarat terpenuhi.

Untuk laju pertumbuhan sebesar 5% dan umur rencana perkerasan 30 tahun dengan asumsi tebal pelat beton sebesar 30cm, diperoleh hasil:

$$\text{Persamaan 9} = 8,52028$$

$$\text{Persamaan 10} = 7,45716$$

$$\text{Persamaan 11} = 0,75411$$

Toleransi = 3,76% , syarat terpenuhi.

Sehingga tebal pelat beton untuk umur rencana perkerasan hasil analisis dengan laju pertumbuhan sebesar 15,8% diperoleh hasil sebesar 39cm, sedangkan dengan laju pertumbuhan sebesar 5% sesuai dengan perkiraan pertumbuhan lalu lintas pada Bina Marga, 2012 diperoleh tebal pelat beton sebesar 30cm.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisis yang telah dilakukan dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Volume lalu lintas rencana yang dianalisis dengan perangkat lunak *Microsoft Excel* diperoleh berdasarkan gerbang Tol Cikopo pada saat awal beroperasi, yaitu pada bulan Juni tahun 2015. Hal ini dikarenakan pada tahap perencanaan awal, *gate* masuk (Cikopo) memberikan jumlah yang paling besar, yaitu 199256 kendaraan. Jumlah kendaraan terbanyak yaitu kendaraan mobil penumpang.
2. Angka pertumbuhan lalu lintas di Tol Cipali mengalami fluktuasi. Peningkatan volume lalu lintas terbesar terdapat pada laju pertumbuhan tahunan pada bulan Juni sebesar 104,5% sebagai *generated traffic* pada awal tahun beroperasi.
3. Tebal pelat beton untuk umur rencana perkerasan dengan laju pertumbuhan sebesar 15,8% diperoleh hasil sebesar 39cm, sedangkan dengan laju pertumbuhan sebesar 5% sesuai dengan perkiraan pertumbuhan lalu lintas pada Bina Marga, 2012 diperoleh tebal pelat beton sebesar 30cm.

4. Penyusunan faktor yang mempengaruhi pendekatan empiris dalam desain struktur perkerasan kaku suatu ruas jalan secara komputerisasi dapat mempermudah proses perhitungan dan dapat dilakukan secara iterasi, serta lebih sistematis dapat dilihat pada demo *Microsoft Excel*.

Untuk perkembangan penelitian selanjutnya diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perhitungan penentuan tebal perkerasan kaku diperlukan data yang lebih lengkap, baik data lalu lintas volume kendaraan, maupun data spesifikasi teknik jalan.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kualitas drainase untuk perkerasan kaku.
3. Diperlukannya penelitian lebih lanjut terhadap parameter desain modulus resilient tanah dasar pada metode AASHTO 1993 dalam fungsinya sebagai salah satu parameter desain dalam merencanakan tebal perkerasan khususnya untuk melihat kondisi tanah dasar.
4. Penyusunan pedoman praktis yang *user friendly* (mudah dipahami) mengingat perencanaan tebal perkerasan dengan menggunakan metode AASHTO 1993 yang cukup rumit.

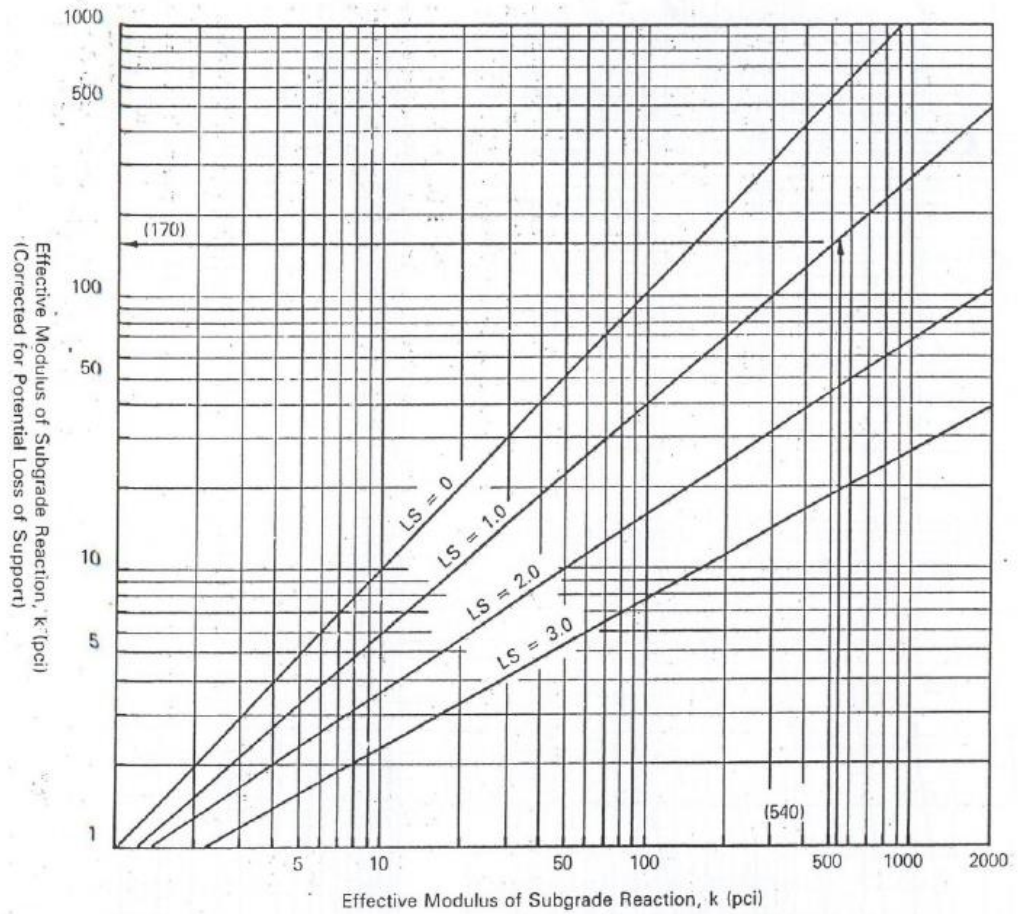
DAFTAR PUSTAKA

1. AASHTO, 1993, *Guide for Design of Pavement Structure, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, USA*.
2. Christopher, B.R., Schwartz, C., and Boudreau, R., 2006, *Geotechnical Aspects of Pavements: Reference Manual/Participant Workbook, Technical Report, Publication No. FHWA NHI-05-037, U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, Washington D.C.*
3. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1983. *Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan alat Benkelman Beam No.01/MN/B/1983*. Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
4. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003, *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pedoman Konstruksi Bangunan, Pd.T-14-2003*, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
5. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004, *Pelaksanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pedoman Konstruksi Bangunan, Pd.T-05-2004-B*, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

6. Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Bandung.
7. Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*. Jakarta.
8. Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 2012, *Manual Desain Perkerasan Jalan*, No. 22.2/KPTS/Db/2012.
9. Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013, *Manual Desain Perkerasan Jalan, Nomor 02/M/BM/2013*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
10. Keputusan Menteri Pemukiman dan Prasarana Wilayah No.353/KPTS/2001 tentang Ketentuan Teknik, *Tatacara Pembangunan dan Pemeliharaan Jalan Tol*.
11. Lintas Marga Sedaya, PT. 2015. *Detail Engineering Design Pembangunan Jalan Tol Cikopo-Palimanan*, Subang.
12. RSNI, 2004, *Pedoman Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
13. SNI 03 – 6388 – 2000 *Mengenai Spesifikasi Agregat Tanah Lapis Pondasi Bawah, Lapis Pondasi, dan Lapis Permukaan*.
14. Surat Edaran Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, SE.02/AJ/AL.108/DRJ/2008, *Tentang Paduan Batasan Maksimum Perhitungan JBI (Jumlah Berat yang di Izinkan) dan JBKI (Jumlah Berat Kombinasi yang di Ijinkan) untuk Mobil Barang, Kendaraan Khusus, Kendaraan Penarik, berikut Kereta Tempelan/ Kereta Gandengan*, Jakarta.
15. Susilo, B. H, 2009, *Laporan Kajian Lalu Lintas Rencana Teknik Akhir Jalan Tol Kunciran-Serpong*.
16. Yoder, E. J. dan Witczak, M. W., 1975, *Principles of Pavement Design. Second Edition*, John Wiley and Sons Inc., New York.

LAMPIRAN

1. Modulus Reaksi Tanah Dasar Efektif dengan Koreksi Nilai LS



2. B. Rekapitulasi Penentuan Tebal Perkerasan Kaku dengan Laju Pertumbuhan 15,8%

DESAIN TEBAL PERKERASAN - PERKERASAN KAKU (AASHTO 93)										
Umur Rencana		UR	30							SHEET 1
Faktor Distribusi Arah		D	0,5							
Faktor Distribusi Lajur		C	0,45							
Laju Pertumbuhan		i	15,8							

No	Kendaraan	Berat (ton)	Konfigurasi Sumbu			ADTT kend/hari	365	C	Angka Ekvivalen (E)		TE	GF	Sum ESAL
			1	2	3				Beban Sumbu				
1	Kend Ringan (1.1)	2	1,00	0	0	171531,36	365	0,45	0,0012	0,0000	0,0024	509,6115	-
2	Bus (1.2)	8	2,72	5,28	0	380064	365	0,45	0,0644	0,0000	0,2597	509,6115	35.113.593,21
3	Truk 2 gandar (1.2)	14	4,76	9,24	0	21791	365	0,45	0,6037	1,6441	2,2478	509,6115	2.050.015.656,99
4	Truk 3 gandar (1.22)	22	5,50	16,50	0	0	1993	365	1,0762	2,0676	3,1437	509,6115	262.221.277,99
5	Truk 4 gandar (1.2-2.2)	32	5,76	8,96	8,64	282	365	0,45	1,2945	1,4537	1,2569	509,6115	62.103.160,52
6	Truk 5 gandar (1.2-2-2-2)	40	7,20	16,40	16,40	0	157	365	3,1605	16,3160	20,1008	509,6115	132.077.304,41
											Total	2.541.530.993,12	

SHEET 2												
Faktor Kehilangan Daya Dukung										LS	-	1
Modulus Reaksi Tanah Dasar Efektif										k	psi	175
Murni Beton										f'c	kg/cm ²	450
Modulus Elastisitas Beton										E _c	psi	4560179190
Kuat Lentur Beton										S'c	kg/cm ²	49,215
Koefisien Pelampahan Beton										J	psi	700
Koefisien Drainase										Cd	-	2,6
												1,25

SHEET 7												
Indeks Permaknaan										Pb	inci	4,5
Indeks Permaknaan Awal										Pt	-	2,5
Indeks Permaknaan Akhir										APSI	-	2
Serviceability Loss										R	%	90
Reliabilitas										ZR	-	-1,282
Standar Normal Deviasi										So	-	0,35
Lapis perkerasan										D		
										inci	cm	
Tebal Pelat Beton										15,35		39,00
Lean Concrete										6,00		15,24
Check Equation										logW ₁₈	=	A + B
Toleransi (±5%)										9,41	=	8,97
												4,85%

KAJIAN PENGARUH MATERI ORGANIK PADA SIFAT FISIS TANAH LUNAK

Asriwijanti Desiani¹

¹ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung
e-mail: asriwijanti@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan di atas tanah organik umumnya menimbulkan masalah karena tanah tersebut sangat lunak, basah, memiliki kuat geser rendah dan karakteristik kompresibilitas tinggi. Identifikasi keberadaan materi organik dalam tanah sebelum suatu konstruksi terlanjur dibangun dapat mengantisipasi potensi permasalahan yang mungkin terjadi dan melakukan tindakan pencegahan terhadap kerusakan. Penentuan kadar material organik yang dikandung tanah penting dilakukan untuk mencegah perkiraan jumlah yang berlebihan. Perkiraan jumlah material organik yang berlebihan dapat menuntun pada perlakuan khusus/perbaikan tanah yang mungkin sebenarnya tidak perlu dilakukan ataupun sebaliknya.

Berbagai sistem klasifikasi, baik yang berbasis botani maupun yang berbasis rekayasa Teknik Sipil dikaji kegunaannya dalam proses identifikasi tanah organik. Parameter sifat fisis tanah seperti kadar air, *void ratio*, *bulk density*, *Specific gravity*, permeabilitas, Batas Atterberg akan dikaji besaran dan kecenderungan perilaku apabila terdapat materi organik di dalamnya.

Tanah organik dikenali dari warnanya, coklat gelap sampai hitam dengan konsistensi spongy dan bau organik serta kadang-kadang terlihat serat tumbuhan. Tanah digolongkan tanah organik bila kandungan bahan organik antara 25-75%. Kandungan bahan organik > 75% dipakai untuk mengidentifikasi gambut. Tanah organik dapat dikenali dari propertinya antara lain nilai kadar air berkisar 125-1600%, *void ratio* 7-25, *bulk density* 0.84-1.23t/m³, *Specific gravity* 1.1-1.8, *Acidity* (pH) 3.3-7.3, kadar abu 4.1-45, permeabilitas 10⁻⁵-10⁻⁸ cm/detik, Batas cair (LL) 56-1500%, Batas plastis 30-560%. Batasan-batasan properti geoteknik untuk tanah organik umumnya masih tercampur dengan properti gambut. Kadar air dan Liquid Limit meningkat, sementara *Specific gravity* dan *bulk density* mengecil sejalan dengan meningkatnya kadar organik

Kata Kunci: Identifikasi, Tanah Organik, Kadar Organik

ABSTRACT

Construction on organic soil commonly causes certain problems as the soils are very soft, wet, with low shear strength and has high compressibility. Identification of organic matter in the soil before a construction is underway can mitigate the risk of problems that might have happened and enables preventive action to minimize damages. Determination of organic materials amount in the soil is critical to prevent overestimation. Overestimation of organic materials amount can lead to special treatment of soil which may not be necessary or vice versa.

Usage of various classification system, both based on botany and civil engineering, are assessed in the process of soil identification. Physical soil characteristics such as water content, void ratio, bulk density, permeability, specific gravity, Atterberg's limit are tested to see certain tendencies that might happen if there are significant amount of organic material in the soil.

Organic soil can be recognized from its dark brown to black color with its spongy consistency and other organoleptic properties such as organic smell and the occasional appearance of plant fibre. Soil can be classified as organic soil if it has between 25%-75% organic content. High organic content (>75%) indicates that the soil can be classified as peat. Organic soil can be identified from its properties which are void ratio 7-25, acidity (pH) of 3.3 to 7.3, water content range between 125-1600%, bulk density values range between 0.84-1.23 t/m³, ash content 4.1-4.5, permeability 10⁻⁵-10⁻⁸ cm/s, liquid limit (LL) 56-1500%, plastic limit (PL) 30-560%. There is no clear boundary between geotechnical properties of organic soil and properties of peat.

Keywords: Identification, Organic Soil, Organic Content

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

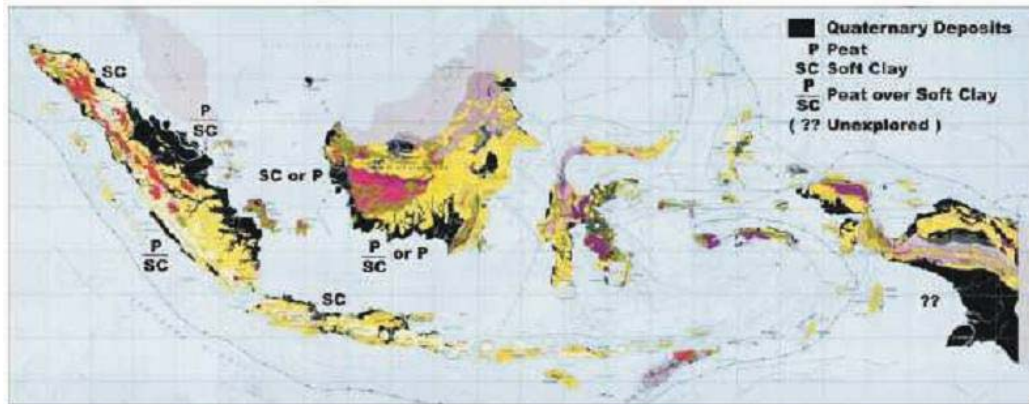
Pembangunan di atas tanah organik umumnya menimbulkan masalah karena tanah tersebut sangat lunak, basah, memiliki kuat geser rendah dan karakteristik kompresibilitas tinggi. Kompresibilitas tinggi dan rangkai/*creep* umumnya meningkatkan resiko penurunan dan keruntuhan pada pondasi sedangkan karakteristik kekuatan yang rendah berkaitan dengan resiko nilai kepadatan kering maksimum yang rendah pada konstruksi jalan.

Kondisi muka air tanah pada tanah organik terletak pada atau dekat atau di atas permukaan tanah, sehingga menyebabkan akses terhadap tanah organik menjadi sulit. Kesulitan terjadi mulai saat pengambilan sampel tanah, pengujian *in situ*, proses konstruksi dan dilanjutkan penurunan yang sangat besar dalam jangka panjang, masalah stabilitas, serta proses stabilisasi.

Identifikasi keberadaan materi organik dalam tanah sebelum suatu konstruksi terlanjur dibangun dapat mengantisipasi potensi permasalahan yang mungkin terjadi dan melakukan tindakan pencegahan terhadap kerusakan. Penentuan kadar material organik yang dikandung tanah penting dilakukan untuk mencegah perkiraan jumlah yang berlebihan. Perkiraan jumlah material organik yang berlebihan dapat menuntun pada perlakuan khusus/perbaikan tanah yang mungkin sebenarnya tidak perlu dilakukan ataupun sebaliknya.

Pengaruh keberadaan materi organik terhadap sifat fisis tanah seperti kadar air, *void ratio*, *bulk density*, *Specific gravity*, permeabilitas, batas Atterberg perlu dikaji besaran dan kecenderungan perilakunya. Pengetahuan perilaku sifat fisis tanah organik sangat berguna dalam proses perbaikan tanah tersebut.

Di Indonesia tanah organik banyak ditemukan di pulau Kalimantan, Sumatera dan Papua, serta sedikit di pulau Jawa. **Huat et al. (2014)** mengungkapkan tanah organik di daratan Indonesia mencapai 26 juta hektar seperti terlihat pada Gambar Sedangkan **Mesri dan Ajlouni (2007)** meneliti penyebaran tanah gambut di dunia dan menyatakan bahwa Indonesia mempunyai lahan gambut seluas 170.000 km² setara 14% dari seluruh luas daratan di Indonesia dan urutan ke-4 di dunia.



Gambar 1. Lokasi tanah organik dan gambut di Indonesia (Geo Guide, 2002).

1.2 Maksud dan Tujuan Studi

Maksud studi ini adalah melakukan pengkajian pengaruh materi organik terhadap sifat fisis tanah, metode identifikasi dan klasifikasi tanah organik.

Tujuan studi adalah mendapatkan batasan-batasan properti geoteknik tanah organik untuk digunakan dalam mengantisipasi masalah-masalah yang akan terjadi saat konstruksi.

1.3 Metode Pendekatan

Metode yang digunakan adalah studi literatur terhadap penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Data hasil uji di laboratorium, maupun data hasil uji lapangan digunakan untuk melihat pengaruh materi organik terhadap sifat fisis tanah.

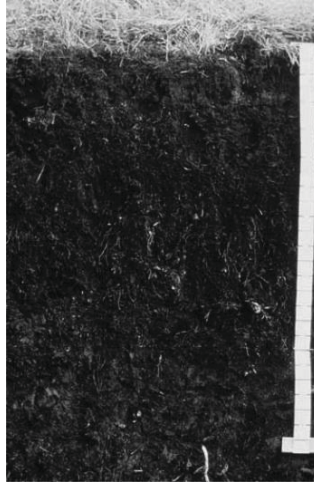
2. DEFINISI TANAH ORGANIK DAN GAMBUT

Secara teknis material yang mengandung karbon disebut organik. Tanah organik adalah tanah yang mengandung sejumlah material organik yang berasal dari sisa tumbuhan. ASTM D4427 menjelaskan tanah dengan kandungan bahan organik lebih dari 20% disebut tanah organik dan tanah dengan kandungan bahan organik lebih dari 75% disebut Gambut. Rentang kandungan organik dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan bahan organik (ASTM D4427)

Basic soil type	Description	Symbol	Organic content (%)
Clay or silt or sand	Slightly organic	O	2-20
Organic soil	-	O	25-75
Peat	-	Pt	>75

Tanah organik sering kali dideskripsikan sebagai material yang terlihat '*fresh*' dan masih dalam proses penguraian/pembusukan sehingga memiliki tanda bau, warna, dan tekstur yang berbeda. Fraksi koloid yang paling aktif secara kimia dari bahan organik adalah humus. Profil tanah organik dapat dilihat pada Gambar 2. Tanah organik umumnya memiliki warna coklat gelap sampai hitam dengan konsistensi *spongy* dan bau organis serta kadang-kadang terlihat serat-serat tumbuhan.



Gambar 2. Profil tanah organik
(www.teara.gout.nz/en/soils/7/3/1)

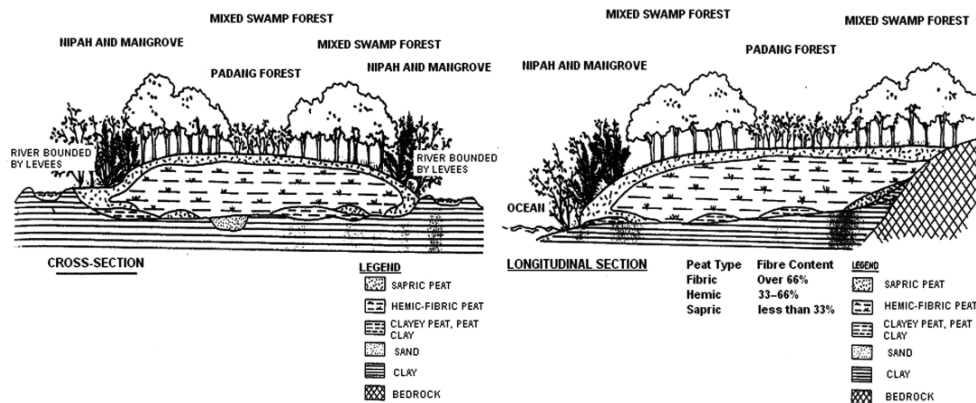
Wesley (2010) mengemukakan istilah gambut digunakan pada tanah yang mengandung hampir 100% zat organik. Tanah ini secara umum dapat diketahui dari wujudnya; akan terlihat seperti benang - benang (berserat) akibat pelapukan daun dan cabang pohon. Tanah yang zat organiknya tidak mendekati 100% tetapi kadar zat organiknya tinggi disebut lempung organik. Jika bahan organik berbentuk serat maka adanya zat organik dapat langsung diketahui, tetapi jika tak berserat lebih sulit mendeteksinya. Warna tanah akibat adanya zat organik biasanya lebih gelap. Istilah berserat dan tak berserat dapat digunakan untuk menggambarkan jenis zat organik.

3. PEMBENTUKAN TANAH ORGANIK DAN GAMBUT

Farrell, E.R. (2012) menjelaskan bahwa tanah organik dan gambut meliputi tanah dengan rentang yang besar dalam hal morfologi dan karakteristik yang berpengaruh terhadap perilaku rekayasa. Sebenarnya kandungan organik dapat berasal dari tumbuhan atau binatang, tetapi dalam bahasan ini hanya difokuskan yang berasal dari tumbuhan. Gambut terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan mati dalam berbagai tahap

pembusukan dan akumulasi ini dapat membentuk penampungan air yang mendukung pertumbuhan dan mengawetkan sisa-sisanya. Ada berbagai kondisi yang memungkinkan hal tersebut terjadi, sebagai contoh rawa dataran tinggi mendapatkan nutrisi dari air hujan yang menyebabkan pertumbuhan vegetasi tertentu dan terbuat hampir seutuhnya dari material organik. Sementara itu jenis rawa lain mendapat pasokan dari permukaan tanah dan aliran air tanah yang mengandung campuran partikel anorganik.

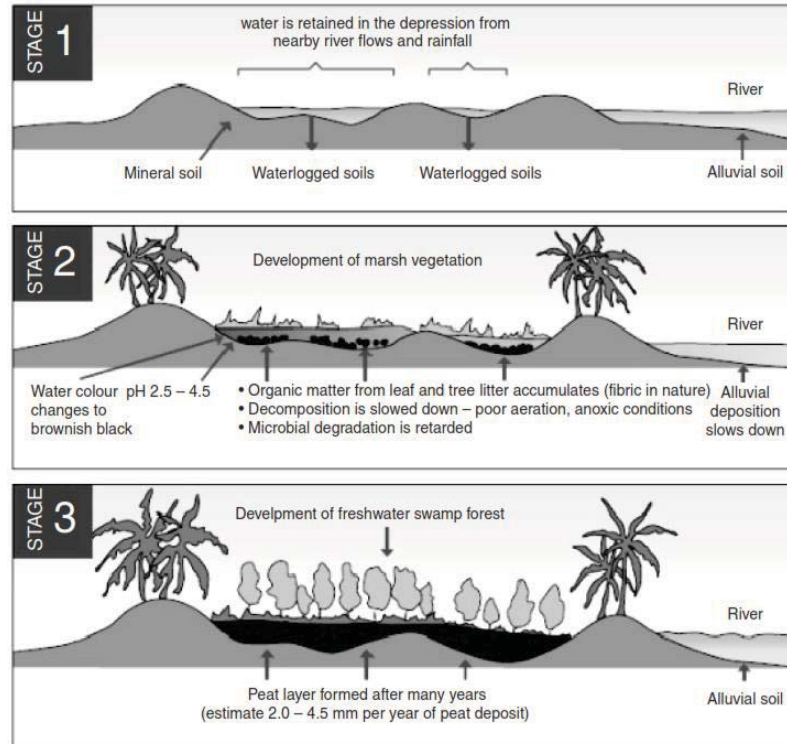
Huat et. Al. (2014) menjelaskan di area tropis, seperti Malaysia dan Indonesia, endapan gambut bisa terdapat baik di dataran tinggi maupun dataran rendah. Secara umum, mereka disebut gambut cekungan dan gambut lembah. Meskipun begitu, gambut dataran rendah atau gambut lembah umumnya lebih luas dan terbentuk di daerah cekungan dengan ketinggian rendah dan drainase buruk pada daerah pesisir. Gambut cekungan umumnya terdapat pada tepi bagian dalam rawa bakau di sepanjang pesisir. Badan gambut individual dapat berkisar dari beberapa hektar sampai 100.000 hektar dan umumnya memiliki permukaan berbentuk kubah. Secara umum, gambut jenis ini dikelompokkan sebagai *ombrogenous* dan memiliki kandungan nutrisi yang rendah (oligotrofik). Sebagai akibat dari geomorfologi pesisir dan aluvial, tanah gambut cekungan sering memiliki bentuk yang memanjang dan tidak teratur, dibanding berbentuk genangan bundar ideal. Kedalaman gambut umumnya lebih dangkal di dekat pesisir dan meningkat kedalamannya makin jauh ke daratan, secara lokal melampaui kedalaman 20 meter. Tanah gambut pesisir secara umum memiliki ketinggian di atas aliran sungai yang berdekatan. Kemiringan yang curam ditemukan pada daerah sekelilingnya, sedangkan bagian tengah dataran gambut hampir rata. **Yogeswaran (1995)** memberi gambaran tentang potongan melintang dan memanjang dari gambut cekungan **Error! Reference source not found.**



Gambar 3. Potongan melintang dan memanjang gambut cekungan (Yogeswaran, 1995)

Air memainkan peran mendasar dalam perkembangan dan pemeliharaan gambut tropis. Keseimbangan curah hujan dan evapotranspirasi sangat penting dalam kesinambungan gambut. Curah hujan dan topografi permukaan mengatur sifat hidrologis dari tanah gambut secara keseluruhan. Dataran gambut juga dikenal sebagai rawa-rawa atau rawa gambut karena permukaannya yang berada di atas atau dekat dengan permukaan gambut sepanjang tahun dan mengalami fluktuasi sesuai dengan intensitas serta frekuensi hujan. Rawa gambut adalah bagian penting dari dataran rawa dunia dimana hubungan dinamis antara daratan dan air, aliran air, siklus nutrisi, dan energi dari matahari bergabung menjadi suatu ekosistem unik yang dibentuk dari hidrologi, tanah, dan vegetasi. Penyusunan lapisan gambut dan derajat dekomposisi bergantung secara prinsip pada komposisi lokal gambut dan derajat penggenangan air. **Leete (2006)** menjelaskan 3 tahap pembentukan rawa gambut berikut ini yang terdapat dalam Gambar 4.

- Tahap 1: Air hujan dan air dari aliran sungai di dekatnya tertahan di cekungan
- Tahap 2: Perkembangan tumbuhan rawa
 - a) Akumulasi bahan organik dari daun dan sisa pohon (bersifat serat)
 - b) Penguraian melambat karena berkurangnya aliran udara sehingga terjadi kondisi *anoxic* (kurang oksigen)
 - c) Degradasi oleh mikroba melambat
 - d) Warna air berubah menjadi hitam kecoklatan
 - e) pH 2.5 – 4.5
 - f) Pengendapan Alluvial melambat
- Tahap 3: Perkembangan hutan rawa air tawar
Tanah gambut terbentuk setelah bertahun-tahun, perkiraan 2.0 – 4.5 mm endapan gambut per tahun.



Gambar 4. Pembentukan rawa gambut (after Leete. 2006)

4. KLASIFIKASI DAN IDENTIFIKASI TANAH ORGANIK

Sistem klasifikasi untuk endapan tanah organik dan gambut terbagi dalam dua kategori besar, yaitu: sistem klasifikasi berbasis botani dan ekologi dan sistem klasifikasi berbasis engineering/rekayasa.

4.1 Sistem Klasifikasi dan Identifikasi Berbasis Botani

Sistem Von Post yang dikembangkan untuk penggunaan hortikultura, agrikultura dan kehutanan memiliki uji 'squeeze' yang sederhana. Uji tersebut menilai derajat pembusukan dari gambut. Terdapat 10 derajat pembusukan (H1 sampai H10) yang ditentukan berdasarkan air yang muncul ketika tanah diperas memakai tangan.

Von Post (1922) awalnya mengajukan sistem klasifikasi berdasarkan derajat pembusukan, namun kemudian dikembangkan termasuk properti kadar air, kadar serat, dan keberadaan sisa kayu seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skala Von Post (Rahardjo, P.P, 2004).

Symbol	Description		
H1	Completely undecomposed peat which, when squeezed, releases almost clear water. Plant remains easily identifiable. No amorphous material present		
H2	Almost entirely undecomposed peat which, when squeezed releases clear or yellowish water. Plant remains still easily identifiable. No amorphous material present.		
H3	Very slightly decomposed peat which, when squeezed, releases muddy brown water, but from which no peat passes between the fingers. Plant remains still identifiable and no amorphous material present.		
H4	Slightly decomposed peat which, when squeezed, releases very muddy dark water. No peat is passed between the fingers but the plant remains are slightly pasty and have lost some of their identifiable features.		
H5	Moderately decomposed peat which, when squeezed, releases very “muddy” water with a very small amount of amorphous granular peat escaping between the fingers. The structure of the plant remains is quite indistinct although it is still possible to recognize certain features. The residue is very pasty.		
H6	Moderately highly decomposed peat with a very indistinct plant structure. When squeezed, about one-third of the peat escapes between the fingers. The residue is very pasty but shows the plant structure more distinctly than before squeezing.		
H7	Highly decomposed peat. Contains a lot of amorphous material with very faintly recognizable plant structure. When squeezed, about one-half of the peat escapes between the fingers. The water, if any is released, is very dark and almost pasty.		
H8	Very highly decomposed peat with a large quantity of amorphous material and very indistinct plant structure. When squeezed, about two-thirds of the peat escapes between the fingers. A small quantity of pasty water may be released. The plant material remaining in the hand consists of residues such as roots and fibres that resist decomposition.		
H9	Practically fully decomposed peat in which there is hardly any recognizable plant structure. When squeezed it is a fairly uniform paste.		
H10	Completely decomposed peat with no discernible plant structure. When squeezed, all the wet peat escapes between the fingers.		
Wetness			
B1	Dry peat		
B2	Low moisture content $w < 500\%$		
B3	Moderate moisture content $500\% < w < 1000\%$		
B4	High moisture content $1000\% < w < 2000\%$		
B5	Very high moisture content $w > 2000\%$		
Fibres			
F0	Nil	F2	Moderate content
F1	Low content	F3	High content
Woodiness			
W0	Nil	W2	Moderate content
W1	Low content	W3	High content

Penggunaan klasifikasi Von Post yang telah dimodifikasi dapat mengikuti detail berikut:

1. Kedalaman sampel (dalam cm)
2. Jenis gambut berdasarkan pengenalan sifat yang menonjol dari tanaman asli: (S) Sphagnum, (C) Carex, (Er) Eriophorum, (Eq) Equisetum, (Ph) Phragmites, (Sch) Scheuchzeria, (N) Shrubs, (L) Wood
3. Kadar air (lihat Tabel 2) Catatan: B1 mengindikasikan tanah kering
4. Kadar serat diberi simbol F untuk serat halus dan R untuk serat kasar. Serat digolongkan kasar bila serat memiliki diameter lebih besar dari 1 mm. Nilai 0-3 digunakan untuk jumlah serat.
Contoh: $F_0(R_0) = \text{no}$, tak ada kandungan serat, $F_3(R_3) = \text{kandungan serat tinggi}$.
5. Derajat pembusukan diberi simbol H, dari 1 sampai 10 untuk menggambarkan derajat pembusukan (lihat Tabel 2.).
Contoh: H1= gambut dengan pembusukan sempurna/ selesai)
6. Keberadaan sisa kayu diberi symbol W, dari 1 sampai 3, makin banyak kandungan sisa kayu makin besar angkanya.
Contoh: W3 = kandungan tinggi
7. Informasi lain berkenaan dengan keberadaan sesuatu ditambahkan di akhir menggunakan simbol yang sesuai dan singkatan.

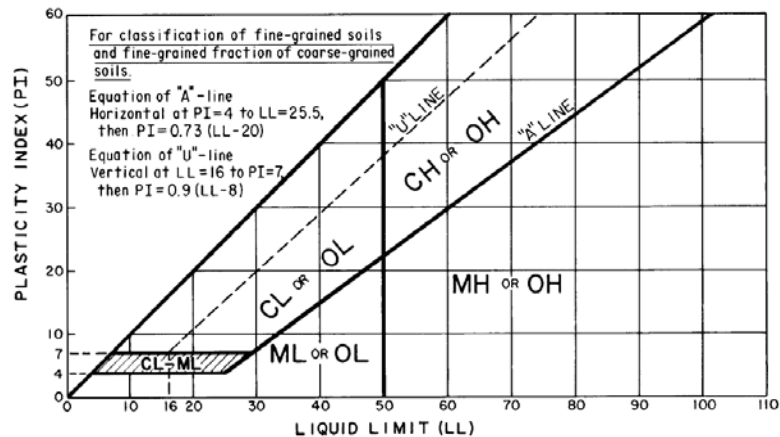
4.2 Sistem Klasifikasi Tanah Organik pada rekayasa Teknik Sipil

Berbagai organisasi di dunia bertanggung jawab atas sistem klasifikasi tanah yang digunakan oleh bidang Teknik Sipil. Tujuan dari sistem klasifikasi adalah menentukan tanah ke dalam suatu kelompok kategori tertentu dimana tanah didalam kategori tersebut diharapkan memperlihatkan perilaku rekayasa yang sama. Berbagai sistem klasifikasi berbasis rekayasa Teknik Sipil dari berbagai organisasi akan dikaji berikut ini:

American Society for Testing Material (ASTM D2487) menggolongkan tanah menurut *Unified Soil Classification System* (USCS). Sistem ini berdasarkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg yaitu: Batas Cair (LL); Batas Plastis (PL) dan Indeks Plastisitas ($PI=LL-PL$). Sistem klasifikasi membedakan dua jenis tanah utama, tanah butir kasar dan tanah butir halus yang didasarkan apakah % tanah lebih halus dari 0.075 mm jumlahnya lebih besar atau sama dengan 50% (tanah butir halus), atau lebih sedikit dari 50% (tanah butir kasar). Sistem ini menganggap tanah organik adalah subgroup tanah butir halus. Lebih khusus lagi tanah digolongkan mengandung bahan

organik berdasarkan perbandingan batas cair (LL) pada tanah yang di oven dan tidak di oven. Bila $LL_{oven} / LL_{non\ oven} < 0.75$ maka tanah mengandung material organik dan diklasifikasi sebagai OL atau OH tergantung apakah $LL < 50$ (tergolong OL) atau $LL > 50$ (tergolong OH).

ASTM juga mengklasifikasi *highly organic soils* yang diberi group simbol **Pt** dan nama group *Peat* (Gambut). Proses klasifikasi tidak memakai pengukuran atau uji apapun, hanya didasarkan kelaziman dari warna dan bau material organik.



Gambar 5. Plasticity chart (ASTM D2487).

American Society for Testing Material (ASTM D4427) melengkapi klasifikasi gambut lebih detail dengan membedakan material organik berdasarkan kadar serat, kadar abu, keasaman, penyerapan dan komposisi botani yang dikandungnya. Metode penentuan kadar serat berdasarkan ASTM D1977, kadar abu berdasarkan ASTM D2974, keasaman berdasarkan ASTM D2976, dan penyerapan air berdasarkan ASTM D2980 yang batasan-batasannya dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**

Menurut standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM), klasifikasi gambut sudah dipersempit menjadi tiga kelas yang didasarkan pada kandungan serat, kandungan abu dan keasaman tanah. Dalam klasifikasi kandungan serat, gambut dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu (i) *fibric* (berserat, paling tidak terdekomposisi, mengandung lebih dari 67% serat) (ii) *hemic* (cukup berserat, cukup terdekomposisi) dan (iii) *sapric* (tak berbentuk, paling terdekomposisi, mengandung kurang dari 33% serat).

Gambut berserat memiliki kandungan organik dan serat yang tinggi, dengan derajat humifikasi yang rendah. Tanah jenis ini terdiri dari materi organik berserat yang tidak membusuk. Gambut berserat juga mudah diidentifikasi dan sangat asam. Gambut *Sapric* mengandung materi yang sudah banyak membusuk. Serat tumbuhan aslinya

kebanyakan sudah menghilang dan kemampuannya untuk menyerap air secara umum kurang bila dibandingkan dengan gambut berserat atau *hemic*. Gambut *sapric* secara umum berwarna abu sangat gelap sampai hitam dan sifat fisisnya cukup stabil. Bila dibandingkan dengan endapan gambut berserat, endapan gambut *sapric* lebih menunjukkan angka pori, permeabilitas, kompresibilitas, dan sudut geser yang lebih rendah serta koefisien tekanan tanah *at rest* yang lebih tinggi. Gambut *hemic* memiliki karakteristik menengah di antara gambut *sapric* dan berserat.

Tabel 3. Klasifikasi Gambut (ASTM).

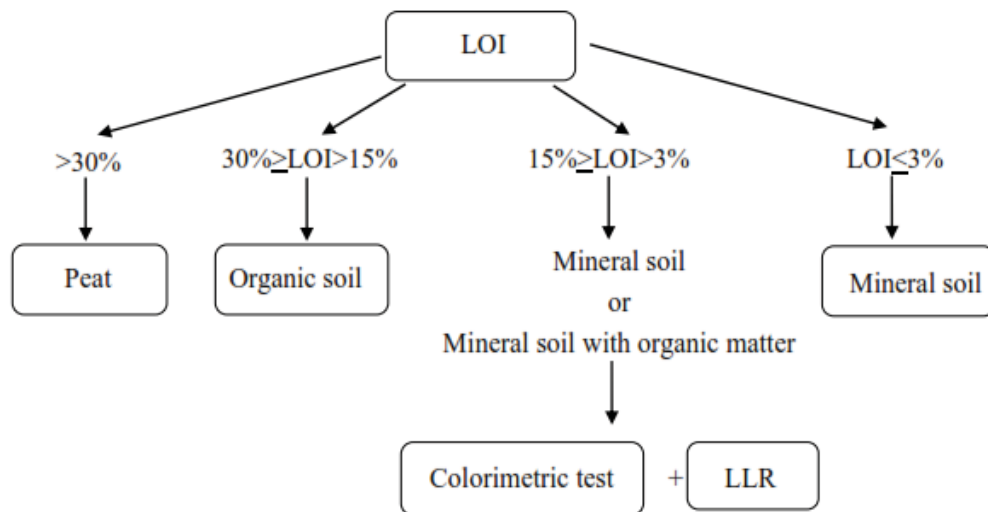
Kadar serat (ASTM D1977)	Fibric: Gambut dengan serat > 67%
	Hemic: Gambut dengan serat antara 33% - 67%
	Sapric: Gambut dengan serat < 33%
Kadar abu (ASTM D2974)	Low ash: Gambut dengan abu < 5%
	Medium ash: Gambut dengan abu antara 5% - 15%
	High ash: Gambut dengan abu > 15%
Keasaman (ASTM D2976)	Highly acidic: Gambut dengan pH < 4.5
	Moderate acidic: Gambut dengan pH antara 4.5 - 5.5
	Slightly acidic: Gambut dengan pH antara 5.5 - <7.0
	Basic: Gambut dengan pH = 7.0 atau > 7.0
Penyerapan air (ASTM D2980)	Extremely absorbent: kapasitas gambut menahan air > 1500%
	Highly absorbent: kapasitas gambut menahan air 800 - 1500%
	Moderately absorbent: kapasitas gambut menahan air 300 - 800%
	Slightly absorbent: kapasitas gambut menahan air < 300%
Komposisi Botani	Berdasarkan genus tanaman yang dominan teridentifikasi secara visual minimal mengandung 75% serat

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Designation: M 145-91 (2012) mengklasifikasi tanah dalam 7 Group, dari A-1 sampai A-7 berdasarkan analisa ukuran butir dan batas-batas Atterberg. *Highly organic soils (peat or muck)*/Tanah berkadar organik tinggi diklasifikasikan pada group A-8. Klasifikasi material ini didasarkan pada pengamatan visual dan tidak bergantung pada analisa ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Material ini terutama terdiri dari bahan organik yang sebagian membusuk/dalam proses penguraian, umumnya mempunyai tekstur berserat, berwarna hitam atau coklat tua dan berbau pembusukan. Material organik tidak sesuai digunakan sebagai timbunan dan material *subgrades*. Material ini memiliki pemampatan tinggi dan kekuatan rendah.

Pao-Tsung huang et al. (2009) dari Purdue University mengajukan suatu sistem klasifikasi tanah organik dan gambut untuk Federal Highway Administration (FHWA) seperti terlihat pada **Error! Reference source not found.** berikut ini. Tanah diklasifikasi ke dalam empat kelompok berdasarkan kadar organik:

- Tanah mineral bila kadar organik $\leq 3\%$
- Tanah mineral mengandung organik bila kadar organik $> 3\%$ tetapi $\leq 15\%$
- Tanah organik bila kadar organik $> 15\%$ dan $\leq 30\%$.
- Tanah organik berkadar tinggi atau Gambut bila kadar organik $> 30\%$

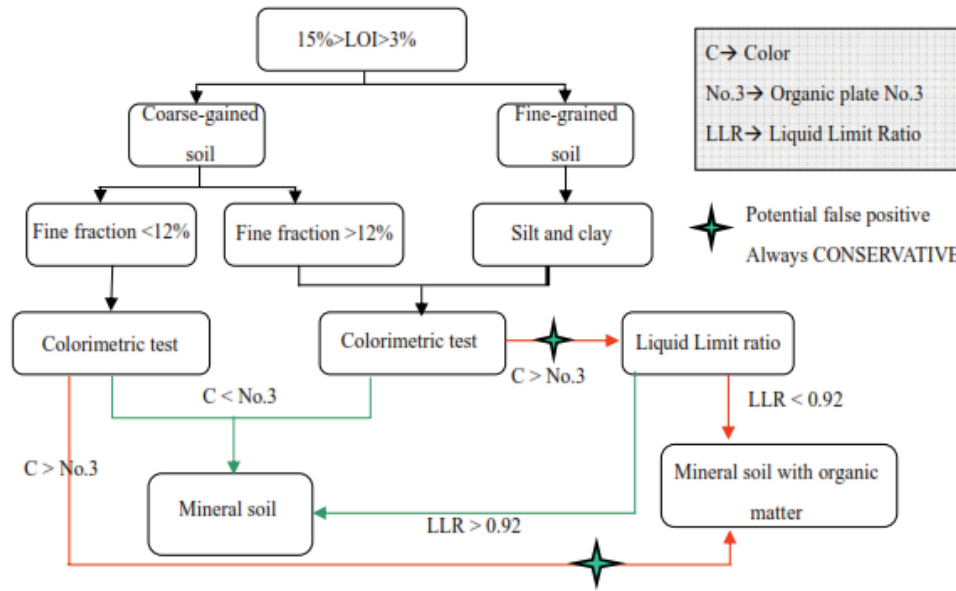
Uji LOI disarankan digunakan untuk menilai kadar organik karena penggunaannya dalam praktek rekayasa geoteknik cukup praktis. Bila LOI lebih kecil dari 3% tidak dibutuhkan uji lanjutan, tanah diklasifikasikan sebagai tanah mineral (misal: kerikil, pasir, lanau, lempung). Tanah dengan nilai LOI 3% - 15% membutuhkan uji lanjutan, yaitu uji *colorimetric* dan penentuan *liquid limit ratio* (LLR). Uji lanjutan dimaksudkan untuk menentukan apakah tanah tergolong tanah mineral saja atau tanah mineral mengandung organik. Proses uji lanjutan dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**



Gambar 6. Bagan alir untuk klasifikasi tanah organik (FHWA/IN/JTRP-2008/2)

Tanah yang digolongkan butir kasar diperiksa terhadap persen lolos saringan no. 200, bila jumlah F_{200} lebih kecil dari 12% dilakukan uji *colorimetric*. Warna cairan *supernatant* dibandingkan dengan pelat warna standar bahan organik no.3. Bila warna cairan *supernatant* lebih terang dari warna no.3 maka tanah diklasifikasikan sebagai tanah

mineral. Bila lebih gelap tanah diklasifikasikan sebagai tanah mineral mengandung material organik.



Gambar 7. Uji lanjutan klasifikasi tanah mineral (FHWA/IN/JTRP-2008/2)

Tanah yang digolongkan butir kasar diperiksa terhadap persen lolos saringan no. 200, bila jumlah F_{200} lebih besar dari 12% dilakukan uji *colorimetric*. Warna cairan *supernatant* dibandingkan dengan pelat warna standar bahan organik no.3. Bila warna cairan *supernatant* lebih terang dari warna no.3 maka tanah diklasifikasikan sebagai tanah mineral. Bila lebih gelap tanah diuji *liquid limit ratio*. Nilai $LLR < 0.92$ tanah digolongkan sebagai tanah mineral mengandung material organik. Nilai $LLR > 0.92$ tanah digolongkan sebagai tanah mineral.

Prosedur untuk tanah butir halus (klasifikasi AASHTO; A-4, A-5, A-6, A-7) sama dengan prosedur tanah butir kasar dengan $F_{200} > 12\%$.

Sistem klasifikasi yang diajukan oleh Pao-Tsung huang et al. (2009) dapat dikombinasikan penggunaannya dengan sistem klasifikasi AASHTO maupun USCS yang berlaku seperti terlihat pada Tabel Error! No text of specified style in document.. Simbol yang digunakan konsisten dengan simbol pada sistem klasifikasi AASHTO maupun USCS, sedangkan nama yang digunakan mengacu pada ASTM D2487 (1999).

Tabel Error! No text of specified style in document.. Klasifikasi tanah organik dan gambut (FHWA/IN/JTRP-2008/2)

	Classification	Symbol <i>(AASHTO used as reference)</i>	Symbol <i>(USCS used as reference)</i>	Name
100%	Highly organic soil (Peat)	e.g. A-8	e.g. Peat	e.g. Amorphous granular peat
30% →			e.g. OL	e.g. Highly organic lean clay with sand
20%	Organic soil	e.g. O-A-7-6	e.g. O-CL	e.g. Organic lean clay with sand
15% →	Mineral soil with organic matter	e.g. A-7-6-O	e.g. CL-O	e.g. Lean clay with sand with organics
10%	Mineral soil	e.g. A-7-6-4S	e.g. CL	e.g. Lean clay with sand
3% →				e.g. Lean clay with sand
0%				

Sistem **Eurocode** merujuk dua standar yang meliputi identifikasi dan klasifikasi tanah, yaitu **EN ISO 14688-1:2002** dan **EN ISO 14688-2:2004**.

EN ISO 14688-1:2002 mendefinisikan materi organik sebagai materi yang terdiri dari materi organik tumbuhan dan/atau hewan serta turunan produk dari material tersebut seperti humus (Tabel 5).

BS 5930:1999 (BSI, 1999) memiliki kategori deskripsi yang terdiri dari berserat, berserat semu, gambut *amorphous*. Gytja adalah istilah Scandinavia untuk bahan organik terdeposit di dasar danau atau laut. Derajat pembusukan gambut pada **EN ISO14688-1:2002** dinilai atas dasar uji ‘squeeze’ yang sederhana (Tabel 6.) yang merupakan penyederhanaan dari sistem von Post dimana derajat pembusukan (Hn) diukur dalam skala 1-10. Hal ini merupakan modifikasi yang sudah dimasukkan dalam standar ASTM (Tabel 2.) Sistem von Post umumnya digunakan bila diperlukan deskripsi gambut secara rinci.

**Tabel 5. Identifikasi dan deskripsi tanah organik
(EN ISO 14688-1:2002)**

Term	Description
Fibrous peat	Fibrous structure, easily recognisable plant structure, retains some strength
Pseudo-fibrous peat	Recognisable plant structure, no strength of apparent plant material
Amorphous peat	No visible plant structure, mushy consistency
Gyttja	Decomposed plant and animal remains; may contain inorganic constituents
Humus	Plant remains, living organism and their excretions, together with inorganic constituents, form the topsoil

**Tabel 6. Derajat pembusukan gambut berdasarkan uji *squeeze*
(EN ISO14688-1:2002)**

Term	Decomposition	Remains	Squeeze
Fibrous	None	Clearly recognisable	Only water No solids
Pseudo-fibrous	Moderate	Recognisable	Turbid Water <50% solids
Amorphous	Full	Not Recognisable	Paste >50% solids

EN ISO 14688-2:2004 mengelompokan tanah dengan kandungan organik lebih dari 20% sebagai tanah berkadar organik tinggi (Tabel 7.7). Namun tidak ada penentuan kapan tanah organik menjadi gambut atau gambut berlempung menjadi lempung bergambut. BS 5930:1999 (BSI, 1999) memberikan sistem klasifikasi tanah dimana kadar organik adalah unsur sekunder dan tidak digolongkan sebagai gambut.

**Tabel 7. Klasifikasi tanah berdasarkan kadar organik
(EN ISO 14688-2:2004)**

Soil	Organic content ($\leq 2\text{mm}$)% dry mass
Low organic	2 to 6
Medium organic	6 to 20
High organic	>20

5. METODE PENENTUAN KANDUNGAN ORGANIK

Tersedia banyak metode untuk mengetahui keberadaan dan jumlah kandungan organik pada tanah. Dalam kajian ini hanya dibahas 3 metode, yaitu: Hilang pijar (*Loss*

on ignition /LOI), *Hydrogen peroxide* (H_2O_2) dan *Colorimetric*. Pada metode LOI dan H_2O_2 , jumlah bahan organik pada tanah diukur berdasarkan jumlah bahan organik yang hilang. Persentase berat yang hilang pada kondisi kering menyatakan kandungan organik.

5.1 Metode *Loss on Ignition* /LOI

Metode *Loss on ignition* adalah metode dekomposisi bahan organik memakai panas. Pemanasan pada suhu tinggi digunakan untuk menghilangkan bahan organik. Sampel tanah kering oven kurang lebih 10 gram dan lolos saringan no.10 ditempatkan pada tanur dengan kontrol suhu yang baik. Berat yang hilang dari sampel tanah sehubungan oksidasi bahan organik disebut LOI (%), didapat melalui persamaan berikut ini:

$$LOI (\%) = ((Berat_{105} - Berat_{440}) / Berat_{105}) \times 100 \quad (5.1)$$

Dimana:

LOI (%) = jumlah bahan organik yang terdapat pada tanah

Berat₁₀₅ = berat tanah kering oven pada suhu 105°C selama 24 jam

Berat₄₄₀ = berat tanah setelah pemanasan pada suhu 440 °C selama waktu tertentu.

Suhu 440 °C pada persamaan ini berdasarkan ASTM D2974 Metode C. Pada suhu ini diharapkan kehilangan berat mengalami keadaan konstan.

5.2 Metode *Hydrogen Peroxide* (H_2O_2)

Metode *Hydrogen peroxide* (H_2O_2) didasarkan pada pencernaan bahan organik oleh larutan alkali. Sampel tanah di uji dengan 10 ml dari 30% atau 50% larutan *Hydrogen peroxide* (H_2O_2) pada suhu di bawah 110°C untuk mengoksidasi bahan organik. H_2O_2 secara kontinyu ditambahkan pada sampel tanah sampai berhenti mengeluarkan gelembung, saat itulah pencernaan dianggap selesai. Sampel lalu dikering oven pada suhu 105°C, jumlah bahan organik diperkirakan secara gravimetri melalui berat yang hilang.

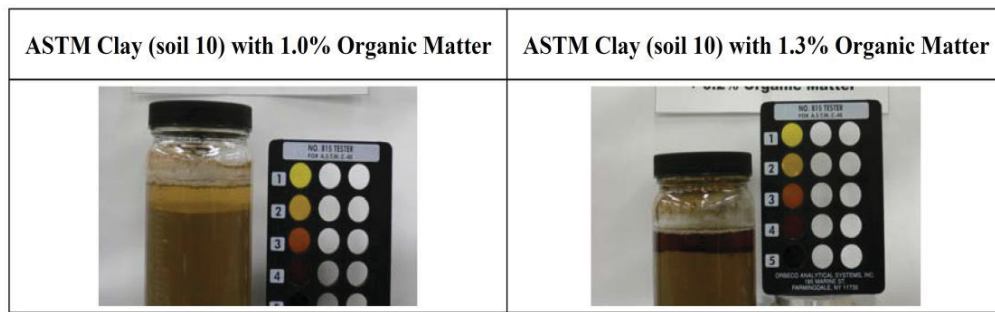
$$SOM (\%) = (Berat_{hilang} / Berat_{asli}) \times 100$$

Soil Organic Matter content/SOM (%) adalah kandungan bahan organik tanah. Pencernaan *Hydrogen peroxide* (H_2O_2) adalah metode yang mudah dan cepat untuk menentukan jumlah kandungan organik pada tanah.

5.3 Uji *Colorimetric*

Uji *colorimetric* adalah uji yang digunakan untuk mendeteksi adanya bahan organik dalam agregat halus yang digunakan pada campuran beton. Uji tersebut mengacu pada standar AASHTO T 21-05 dan ASTM C 40-04. Prinsip kerja uji ini adalah

membuat ekstrak humus yang mewakili bagian terbesar bahan organik dari tanah menggunakan Natrium hidroksida (NaOH). Sampel tanah kering udara yang lolos saringan no.10 dimasukan ke dalam botol gelas sebanyak 130 ml. Larutan NaOH 3% (0.75 M) ditambahkan sampai botol gelas terisi 200 ml. Botol ditutup dan dikocok lalu dibiarkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, warna cairan *supernatant* dihubungkan terhadap adanya material organik. Warna cairan *supernatant* dibandingkan dengan pelat warna standar bahan organik no.3. Bila lebih terang dari warna no.3 maka tanah tidak mengandung materi organik, bila lebih gelap tanah mengandung materi organik. Warna cairan *supernatant* lebih gelap bila materi organik > 3%.



Gambar 8. Hasil *colorimetric* pada tanah organik buatan (ASTM C-40, 2004)

6. PEMBAHASAN SIFAT FISIS TANAH

Pengaruh bahan organik terhadap properti tanah telah diteliti secara luas. Keberadaan material organik mempunyai peran kritis dalam praktek rekayasa, karena selalu diasosiasikan dengan kadar air sangat tinggi, *specific gravity* rendah, kompresibilitas tinggi, koefisien *creep* tinggi dan karakteristik kekuatan yang buruk.

6.1 Index Properties Tanah Organik

Kazemian et al., 2011b mengumpulkan data properti fisis dan kimiawi tanah organik dan gambut dari berbagai penelitian yang telah terpublikasi sebelumnya. (Tabel 8. 8).

Kadar Air

Tanah organik umumnya mempunyai kadar air sangat tinggi, dengan rentang 125%-1600% bahkan untuk gambut serat bisa mencapai 2500%. Kadar air lebih kecil dari 500% umumnya mengindikasikan adanya fraksi mineral dalam gambut.

Kadar Abu

Kadar abu adalah presentase material kering yang tersisa dari bahan non-organik setelah pembakaran yang terkontrol. Tanah organik umumnya memiliki kadar abu antara 0.1-45% dari volumenya.

Tabel 8. Properti fisik dan kimiawi tanah organik (Kazemian et al., 2011b)

Peat type	Natural water content (w, %)	Bulk density (Mg m ⁻³)	Specific gravity (G _s)	Acidity (pH)	Ash content (%)	Reference
Fibrous-woody	484909	–	–	–	17	Colley (1950)
Fibrous	850	0.95–1.03	1.1–1.8	–	–	Hanrahan (1954)
Peat	520	–	–	–	–	Lewis (1956)
Amorphous and fibrous	500–1500	0.88–1.22	1.5–1.6	–	–	Lea and Brawner (1963)
	200–600	–	1.62	4.8–6.3	–	Adams (1965)
	355–425	–	1.73	6.7	15.9	
Amorphous to fibrous	850	–	1.5	–	14	Keene and Zawodniak (1968)
Fibrous	605–1290	0.87–1.04	1.41–1.7	–	4.6–15.8	Samson and LaRochell (1972)
Coarse fibrous	613–886	1.04	1.5	4.1	9.4	Berry and Vickers (1975)
Fibrous sedge	350	–	–	4.3	4.8	Levesque et al. (1980)
Fibrous sphagnum	778	–	–	3.3	1	
Coarse fibrous	202–1159	1.05	1.5	4.17	14.3	Berry (1983)
Fine fibrous	660	1.05	1.58	6.9	23.9	Ng and Eischens (1983)
Fine fibrous	418	1.05	1.73	6.9	9.4	
Amorphous granular	336	1.05	1.72	7.3	19.5	
Peat portage	600	0.96	1.72	7.3	19.5	Edil and Mochtar (1984)
Peat Waupaca	460	0.96	1.68	6.2	15	
Fibrous peat Middleton	510	0.91	1.41	7	12	
Fibrous peat Noblesville	173–757	0.84	1.56	6.4	6.9–8.4	
Fibrous	660–1590	–	1.53–1.68	–	0.1–32.0	Lefebvre et al. (1984)
Fibrous	660–890	0.94–1.15	–	–	–	Olson and Mesri (1970)
Amorphous Peat	200–875	1.04–1.23	–	–	–	
Peat	125–375	0	1.55–1.63	5–7	22–45	Yamaguchi et al. (1985)
Peat	419	1	1.61	–	22–45	Jones et al. (1986)
Peat	490–1250	–	1.45	–	20–33	Yamaguchi et al. (1987)
Peat	630–1200	–	1.58–1.71	–	22–35	Nakayama et al. (1990)
Peat	400–1100	0.99–1.1	1.47	4.2	5–15	Yamaguchi 1990
Fibrous	700–800	~1.00	–	–	–	Hansbo (1991)
Peat (Netherlands)	669	0.97	1.52	–	20.8	Termatt and Topolnicki (1994)
Fibrous (Middleton)	510–850	0.99–1.1	1.47–1.64	4.2	5–7	Ajlouni (2000)
Fibrous (James Bay)	1000–1340	0.85–1.02	1.37–1.55	5.3	4.1	

Bulk Density

Bulk Density didefinisikan sebagai perbandingan berat tanah kering terhadap total volume. *Bulk density* adalah fungsi dari angka pori, kadar organik dan *specific gravity*. Tanah dengan kadar organik tinggi mempunyai *bulk density* rendah, terutama jika kadar serat tinggi. Serat pada tanah organik menciptakan lebih banyak struktur terbuka yang menghasilkan lebih banyak pori. Gambut *amorphous* dapat memiliki *bulk density* lebih besar dari 1200 kg/m³, sedangkan gambut serat dapat memiliki *bulk density* serendah 840 kg/m³.

Void Ratio

Angka pori tanah organik bervariasi dalam rentang 7-25.

Specific Gravity

Specific gravity tanah dengan kadar organik tinggi umumnya dalam rentang 1.0 sampai 1.8. Kandungan mineral meningkatkan *specific gravity*, sehingga bila *specific gravity* lebih besar dari 2.0 mengindikasikan tanah mengandung banyak mineral dan dengan kata lain kadar organik rendah.

Permeability

Permeabilitas tanah organik sangat tinggi bergantung pada morfologi dengan rentang 10^{-5} - 10^{-8} cm/s.

Batas Atterberg

Batas Atterberg meliputi batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Batas Atterberg tanah organik tergantung pada dua karakteristik yang berlawanan, yaitu kapasitas penyerapan air yang tinggi dari bahan organik dan agregasi partikel dari substansi organik. Penyerapan air yang tinggi dari bahan organik meningkatkan batas Atterberg, tetapi kecenderungan bahan organik beragregasi fraksi mineral tanah cenderung menurunkan batas Atterberg. Secara umum batas cair dan batas plastis meningkat sejalan dengan kadar organik, karena kapasitas penyerapan air pada bahan organik seringkali melampaui pengurangan yang disebabkan bahan organik menginduksi agregasi. Uji batas plastis yang dilakukan pada tanah yang dikeringkan dengan suhu berbeda mengindikasikan batas tergantung dari metode pengeringan. Diduga suhu yang tinggi seringkali menghilangkan lebih banyak air bebas dibanding pada suhu yang lebih rendah.

Potensi menyusut

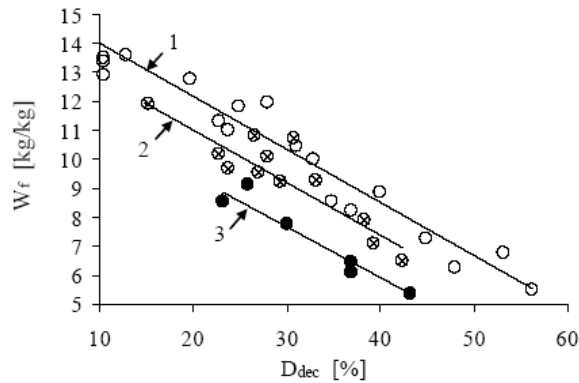
Susut pada tanah berkadar organik tinggi dapat signifikan, perubahan volume dapat mencapai 70% dari volume awal selama pengeringan. Penyusutan meningkat sejalan dengan kadar organik yang semakin besar.

6.2 Pengaruh materi organik terhadap sifat fisis tanah

Kadar air vs kadar organik

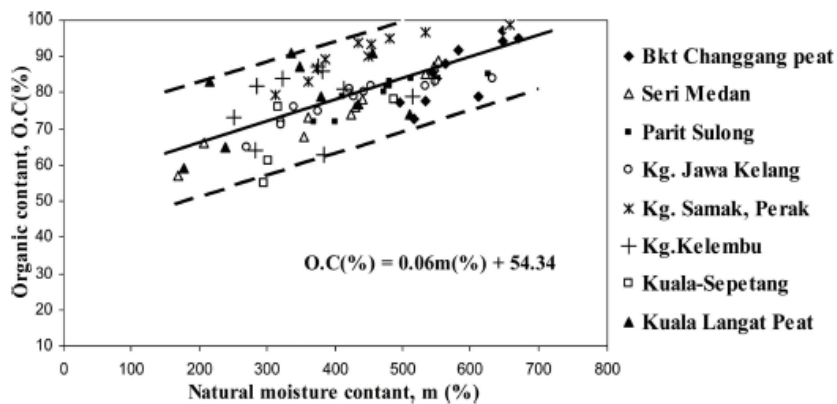
Amaryan (1993) menerangkan pengaruh sifat bahan organik terhadap kadar air seperti terlihat pada **Error! Reference source not found.**9. Semakin terhumuskan (besar pembusukan) suatu tanah organik maka kadar air semakin kecil. Hal ini berkaitan dengan bahan tumbuhan yang membusuk pada tanah organik, dari bahan *fibric (fibrous)* sampai

sapric (amorphous). Jadi tanah dengan kandungan bahan organik yang sama tetapi derajat pembusukan besar, kadar airnya mengecil.



Gambar 9. Pengaruh derajat penghumusan terhadap kadar air (Amaryan, 1993)

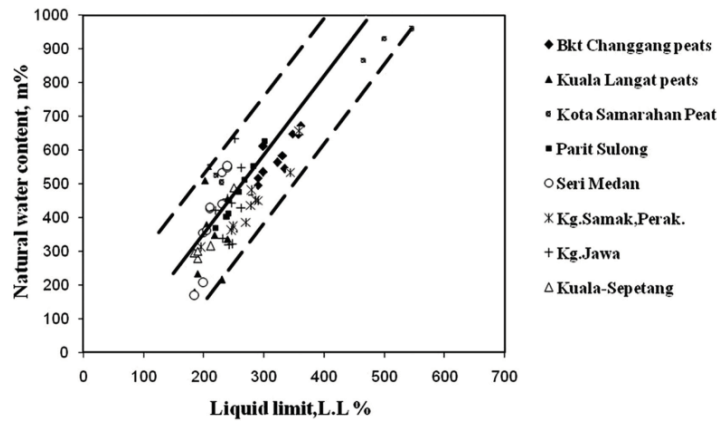
Kazemian et al., 2009 membuat korelasi antara kadar air dengan kadar organik dari tanah-tanah organik di Malaysia Barat (Gambar 10.). Kadar air tanah yang diteliti berada dalam rentang 200%-700% dan kadar organik berada pada rentang 50%-95%. Kadar air memiliki kecenderungan meningkat sejalan dengan meningkatnya kadar organik mengikuti persamaan $O.C(\%) = 0.06m(\%) + 54,34$.



Gambar 10. Kadar air vs kadar organik tanah Malaysia Barat (Kazemian et al., 2009)

Kadar air vs *liquid limit*

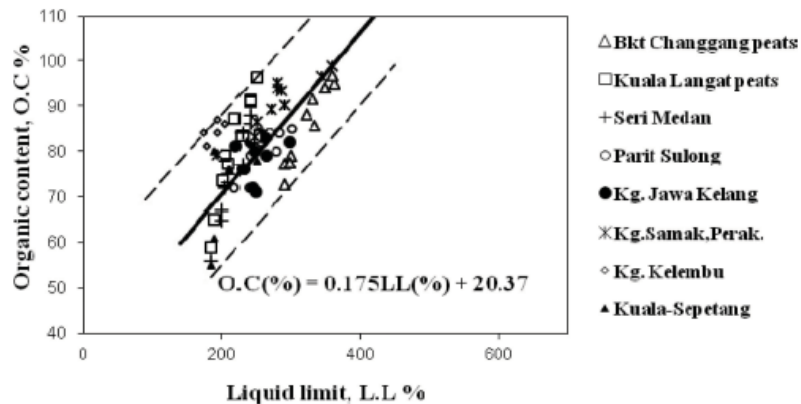
Kazemian et al., 2009 membuat korelasi antara kadar air dengan batas cair (LL) dari tanah-tanah organik di Malaysia Barat (Gambar 11.). Kadar air tanah yang diteliti berada dalam rentang 200%-900% dan *liquid limit* berada dalam rentang 200%-500%. *Liquid limit* meningkat sejalan dengan meningkatnya kadar air.



Gambar 11. *Liquid limit* vs kadar air tanah organik di Malaysia Barat (Kazemian et al., 2009)

Kadar organik vs *liquid limit*

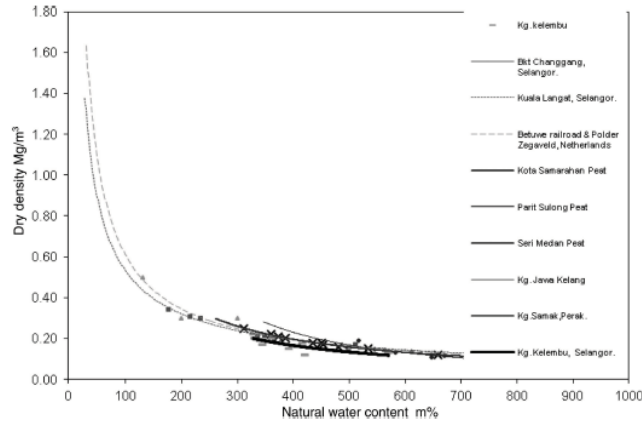
Kazemian et al., 2009 membuat korelasi antara kadar organik dengan *liquid limit* dari tanah-tanah organik di Malaysia Barat (Gambar 12.12). *Liquid limit* tanah yang diteliti berada dalam rentang 200%-500% dan kadar organik berada pada rentang 50%-95%. *Liquid limit* meningkat sejalan dengan meningkatnya kadar organik mengikuti persamaan $O.C(\%) = 0.175LL(\%) + 20.37$. Sedangkan Skempton dan Petley (1970) menurunkan persamaan $LL = 0.5 + 5.0N$, dimana N ialah LOI. Terlihat bahwa persamaan Skempton dan Petley tidak dapat diaplikasikan pada tanah organik di daerah tropis.



Gambar 12. *Liquid limit* vs kadar organik

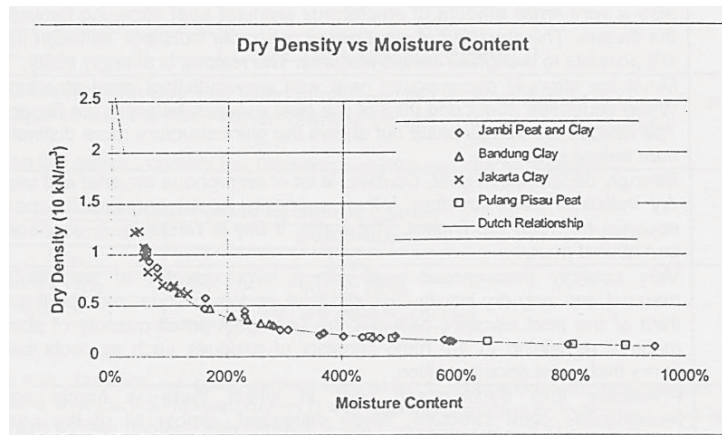
Kadar air vs dry density

Al-Raziqi et al., 2003 membuat korelasi antara kadar air dengan *dry density* dari tanah-tanah organik di Malaysia Barat (Gambar 12.13). Kadar air tanah yang diteliti berada dalam rentang 200%-700% dan *dry density* berada pada rentang 0.1-0.5Mg/m³ memakai persamaan korelasi $\rho_d = 0.872 (w + 0.317)^{-0.982}$, dimana ρ_d dalam kN/m³ dan kadar air dalam %. Korelasi tersebut diplot terhadap korelasi tanah di Belanda dan terlihat hasil plot berada dalam rentang tanah di Belanda.



Gambar 13. Kadar air vs *dry density* pada tanah Malaysia Barat (Al-Raziqi et al., 2003)

Rahardjo, P.P. (2004), melakukan hal yang serupa pada tanah di Indonesia memakai persamaan korelasi $\rho_d = 0.872 (w + 0.317)^{-0.982}$, dimana ρ_d dalam kN/m³ dan kadar air dalam % (Gambar 14.). Korelasi tanah di Indonesia diplot terhadap korelasi tanah di Belanda dan terlihat hasil plot berada dalam rentang tanah di Belanda.



Gambar 14. Kadar air vs *dry density* pada tanah Indonesia (Rahardjo, P.P, 2004)

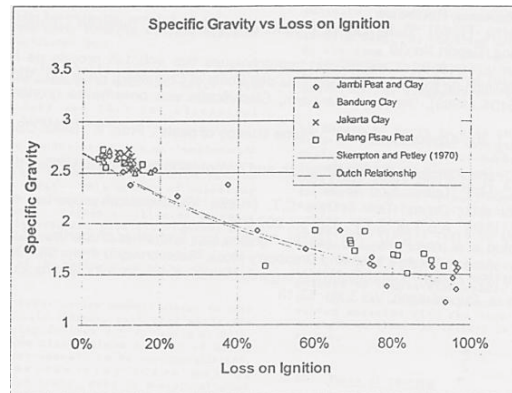
Specific gravity vs kadar organik

Skempton dan Petley (1970) mengajukan korelasi antara *specific gravity* dan kadar organik mengikuti persamaan (6.1). Den Haan (1997) menyederhanakan persamaan Skempton dan Petley (1970) menjadi persamaan (6.2) untuk tanah-tanah di Belanda.

$$\frac{1}{G_s} = \frac{1 - 1.04(1 - N)}{1.4} + \frac{1.04(1 - N)}{2.7} \quad (6.1)$$

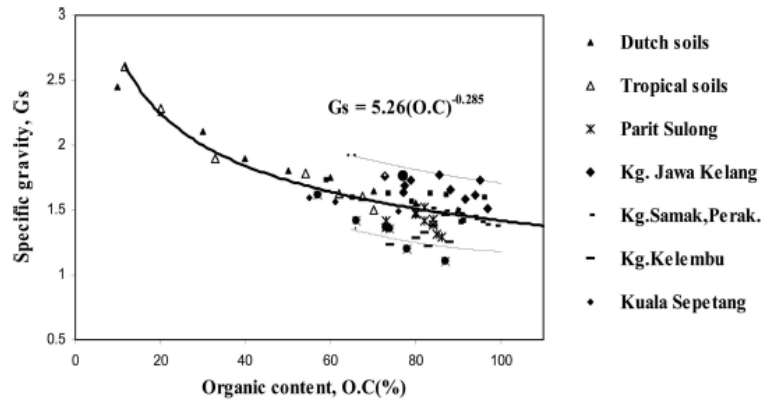
$$\frac{1}{G_s} = \frac{N}{1.365} + \frac{(1 - N)}{2.695} \quad (6.2)$$

Rahardjo, P.P. (2004), membuat korelasi antara *specific gravity* dengan kadar organik dari tanah-tanah organik di Indonesia (Gambar 11.15) memakai persamaan (6.2) Den Haan (1997). Hasil plot mengikuti kecenderungan persamaan (6.2), sehingga dapat disimpulkan secara umum tanah organik di Indonesia memiliki *specific gravity* yang sama dengan tanah pada daerah empat musim.



Gambar 15. Kadar organik vs *specific gravity* tanah Indonesia (Rahardjo, P.P, 2004)

Kazemian et al. (2009), melakukan hal yang serupa pada tanah di Malaysia Barat memakai persamaan korelasi $G_s = 5.26(O.C)^{-0.285}$ (Gambar 1Error! No text of specified style in document..). Terlihat *Specific gravity* mengecil sejalan dengan meningkatnya kadar organik.



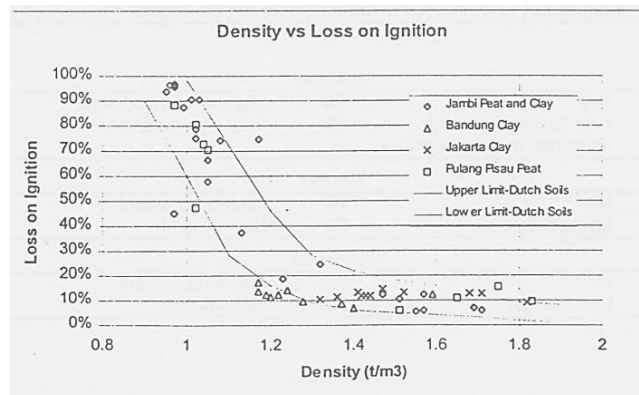
Gambar 1 Error! No text of specified style in document.. **Kadar organik vs *specific gravity* tanah Malaysia Barat (Kazemian et al., 2009)**

Bulk density vs kadar organik

Den Haan dan El Amir (1994) mengajukan korelasi antara *bulk density* dan kadar organik mengikuti persamaan (6.3) untuk tanah-tanah di Belanda.

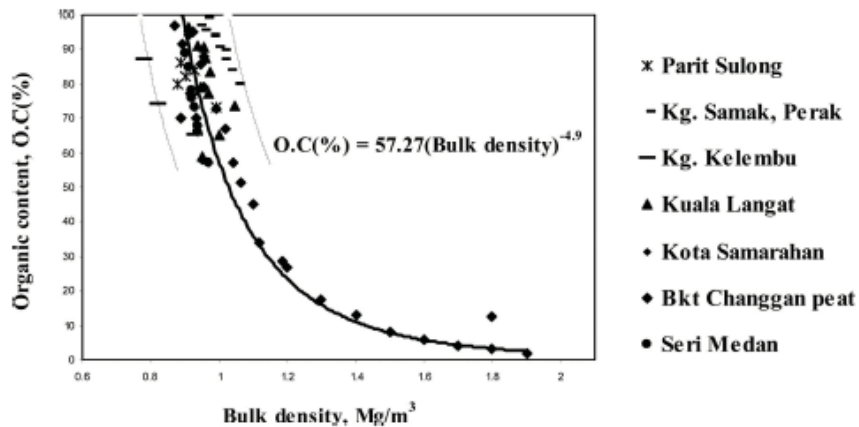
$$\gamma_{sat}(kN/m^3) = 12.266 - 3.156OC \tag{6.3}$$

Rahardjo, P.P. (2004), membuat korelasi antara *bulk density* dengan kadar organik dari tanah-tanah organik di Indonesia (Gambar 11.) memakai persamaan (6.3) Den Haan dan El Amir (1994). Hasil plot mengikuti kecenderungan pada tanah di daerah empat musim sesuai dengan persamaan (6.3).



Gambar 17. Bulk density vs kadar organik pada tanah Indonesia (Rahardjo, P.P, 2004)

Kazemian et al., 2009 melakukan hal yang serupa pada tanah di Malaysia Barat memakai persamaan korelasi $O.C(\%) = 57.27(\text{bulk density})^{-4.9}$ (Gambar 1Error! No text of specified style in document..8). Terlihat *bulk density* meningkat sejalan dengan menurunnya kadar organik.



Gambar 18. *Bulk density* vs kadar organik tanah Malaysia Barat (Kazemian et al., 2009)

7. KESIMPULAN

Kesimpulan dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Pembangunan pada daerah atau lokasi yang secara geologi terletak pada cekungan/danau purba memerlukan identifikasi terhadap keberadaan tanah organik.
2. Identifikasi awal tanah organik di lapangan dapat menggunakan uji 'squeeze' yang sederhana dari Von Post, berbasis botani, dengan memperhatikan warna air dan keberadaan sisa tanaman. Sistem ini diadopsi dalam EN ISO14688-1:2002
3. Identifikasi tanah organik berdasarkan sistem klasifikasi ASTM D2487, AASHTO M145-91(2012), dilakukan secara visual berdasar bau, warna, dan tekstur. Metode ini bergantung pada penilaian pengamatan visual enjinir sehingga subyektif dan tidak tentu. Sistem klasifikasi FHWA berdasar nilai LOI membedakan tanah mineral, tanah organik maupun *Highly organic soil*. Sistem klasifikasi NEN 5104 (1989) berbentuk segitiga dapat digunakan untuk membedakan tanah organik dan gambut. Sistem klasifikasi Eurocode EN ISO14688-2:2004 tidak memiliki batasan yang jelas antara tanah mineral dan tanah organik.
4. Identifikasi tanah organik secara detail dapat dilakukan memakai *Scanning Electron Micrographs* (SEM).

5. Identifikasi tanah organik in situ dapat dilakukan dengan uji Cone Penetration, baik CPT mekanis maupun CPTU, dan Dilatometer. Proses *sampling* tanah organik yang cukup sulit membuka peluang yang besar bagi pengujian pengujian in situ.
6. Penentuan kadar organik yang cukup mudah dilakukan di bidang Teknik Sipil adalah uji LOI dan H₂O₂, namun membutuhkan peralatan laboratorium. Uji *colorimetric* digunakan untuk menentukan adanya material organik dengan menggunakan papan warna yang sederhana, ekonomis, mudah dibawa, namun tidak dapat menentukan jumlah kandungan organiknya.
7. Tanah organik dikenali dari warnanya, coklat gelap sampai hitam dengan konsistensi spongy dan bau organis serta kadang-kadang terlihat serat tumbuhan. Tanah digolongkan tanah organik bila kandungan bahan organik antara 25-75%. Kandungan bahan organik > 75% dipakai untuk mengidentifikasi gambut. Tanah organik dapat dikenali dari propertinya antara lain nilai kadar air berkisar 125-1600%, *void ratio* 7-25, *bulk density* 0.84-1.23t/m³, *Specific gravity* 1.1-1.8, *Acidity* (pH) 3.3-7.3, kadar abu 4.1-45, permeabilitas 10⁻⁵- 10⁻⁸ cm/detik, Batas cair (LL) 56-1500%, Batas plastis 30-560%. Batasan-batasan properti geoteknik untuk tanah organik umumnya masih tercampur dengan properti gambut.
8. Kadar air dan Liquid Limit meningkat, sementara *Specific gravity* dan *bulk density* mengecil sejalan dengan meningkatnya kadar organik.

8. DAFTAR PUSTAKA

1. AASHTO Standard M-145, Standard Specification for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
2. Abdallah, I. Husein Malkawi, S. Alawneh Ahmed, and T. Abu-Safaqah O. 1999. "Effects of Organic Matter on the Physical and the Physicochemical Properties of an Illitic Soil," *Applied Clay Science*, Vol. 14, pp.257-278.
3. Al-Raziqi, A. A., P., Huat, B.K.K. dan Munzir, H.A. 2003. *Potential usage of hyperbolic method for prediction of organic soil settlement*. Proc. 2nd International Conference on Advances in Soft Soils Engineering and Technology (eds. B. Huat et al.), Putrajaya, Malaysia, pp. 439-45
4. Amaryan, L.S., 1993. *Soft Soils Properties and Testing Methods*, Rotterdam:Balkema, 180p.
5. ASTM Standard D 2487 2000. *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*, Vol. 04.08.

6. ASTM Standard D 4427, 2007. *Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing*, Vol. 04.08
7. Begemann, H.K.S. 1969. *The Ducth static penetration test with the adhesion jacket cone*. Lab, Grondmech. Delft, Meded., 12 (4), 69-100; 13 (1), 1-86
8. Chen, S. P., Lam, S. K. and Tan, Y. K. 1989. *Geology of urban planning and development in Sarawak*. Seminar on Urban Geology for Planners and Decision Makers Developing the Urban Environment. Geology Survey of Malaysia
9. Clayton, C.R.I. dan Jukes, A.W. 1978. *A one point cone penetrometer liquid limit test ?*. Geotechnique, 28, 469-472
10. den Haan, E.J. 1997. *An overview of the mechanical behaviour of peats and organic soils and some appropriate construction techniques*. In: Proc. Conference on Advances in Understanding and Modelling the Mechanical Behaviour of Peat (eds. B.B.K. Huat & H.M Bahia), Kuching, Sarawak. Pp. 17-45.
11. den Haan, E.J. dan El Amir L.S.F 1994. *A simple formula for final settlement of surface loads on peat*. In: Proc. Conference on Advances in Understanding and Modelling the Mechanical Behaviour of Peat (eds. E.J. den Haan et al.). Balkema, pp 35-48
12. Farrell, E.R. (2012) ICE Manuals of geotechnical engineering Volume I Geotechnical Engineering Principles, Problematic Soils and Site Investigation, The British Geotechnical Association
13. Huat, B.B.K. 2004. *Organic and Peat Soils Engineering*. 1st edn. University Putra Malaysia Press, Serdang, Malaysia
14. Huat, Bujang B.K., Arun Prasad, Afshin Asaidi and Sina Kazemian. 2014. *Geotechnics of Organic Soils and Peat*. CRC Press/Balkema. Leiden ,The Netherlands
15. Huang, P.T et al. 2009. *Classification of organic soils*. FHWA/IN/JTRP-2008/2.
16. ISO 14688 Part 1 *Geotechnical Investigation and Testing - Identification and Classification of Soil – Identification and description*. 2002.
17. ISO 14688 Part 2 *Geotechnical Investigation and Testing - Identification and Classification of Soil – Principles for a classification*. 2004.
18. Kazemian S., Asadi, A. Dan Huat, B.B.K. 2009. *Laboratory study on geotechnical properties of tropical peat soils*. International Journal of Geotechnics and Environment, 1, 69-79
19. Kazemian,S., Huat, B.B.K., Prasad,A., dan Barghchi,M., 2011. *A State Review of Peat: Geotechnical Engineering Perspective*. International Journal of the

Physical Sciences. Vol. 6 (8), pp. 1974-1981. ISSN 1992-1950@2011. Academic Journals.

20. Kazemian, S., Prasad, A., Huat, B. B. K., Bolouri, B. J., Farah, N. A. A. and Thamer, A. M. .2011b. *Influence of cement-sodium silicate grout admixed with calcium chloride and kaolinite on sapric peat*. *Journal of Civil Engineering and Management*, 17(3), 309–18.
21. Leete, R. 2006. *Malaysia's Peat Swamp Forests, Conservation and Sustainable Use*. United Nations Development, Kuala Lumpur, Malaysia
22. MacFarlane, I.C., 1969. *Muskeg Engineering Handbook*, University of Toronto.
23. Marchetti, S. 2001. *Flat Dilatometer Testing*. International Conference on In Situ Measurement of Soil Properties and Case Histories. In Situ 2001
24. Mesri, G. and Ajlouni, M. 2007. *Engineering properties of fibrous peats*. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 133(7), 850–66.
25. NEN 5104 1989. *Nederlandse norm, Classificatie van onverharde grondmonsters*. NNI Delft
26. Schmertmann 1978. *Guidelines for Cone Penetration Test, Performance and Design*. Federal Highway Administration Report no. TS-78-209, Washington D.C., 145 pgs
27. Skempton, A. W. dan Petley, D.J. 1970. *Ignition loss and other properties of peats and clays from Avonmouth, King's Lynn and Cranberry Moss*. *Geotechnique*, 20(4), 343-56
28. Rahardjo, P.P. 2004. *SOFT SOIL ENGINEERING (LECTURE NOTES)*. POST GRADUATE PROGRAM, PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
29. Rahardjo, P.P., Halim Y., Sentosa L. *Use of Dilatometer and Dual Dilatometer Test for Soft Soils and Peats*. In Situ Testing and Case Histories in Indonesia. Geotechnical Engineering Consultant
30. Robertson, P.K., Campanella, R.G., Gillespie, D. And Greig, J. 1986. *Use of piezometer cone data*. Proceeding of the ASCE Speciality Conference In Situ '86: Use of In Situ Test in Geotechnical Engineering, Blacksburg, 123-80, American Society of Engineers (ASCE)
31. Wesley, L.D 2010. *Mekanika tanah untuk tanah endapan dan residu*. ANDI. 2012
32. Wijeyesekera, D.C. 2014. *Significance of Micro-Mechanics in Geotechnical Engineering*. Proceedings of Soft Soils 2014, Bandung, Indonesia, A7.

KARAKTERISTIK WIRAUSAHA PADA PELAKU USAHA KONSTRUKSI

Maksum Tanubrata¹, Ika Gunawan²

¹Dosen Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. Drg Suriasumantri no 65 Bandung, 40164

E-mail: maksum.tanubrata150@gmail.com

²Dosen Program Studi S-1 Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. Drg Suriasumantri no 65 Bandung 40164

E-mail: ikagunawan@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kewirausahaan yang mempunyai arti semangat yang dimiliki oleh setiap orang yang berpikir kreatif dan bertindak inovatif perlu dimiliki oleh para pelaku usaha di semua bidang termasuk bidang konstruksi. Penelitian ini merumuskan tentang karakteristik wirausaha apa saja yang penting dimiliki para pelaku konstruksi. Lebih lanjut akan dilakukan perbandingan antara karakteristik yang penting dan yang telah dimiliki para pelaku konstruksi. Data untuk penelitian ini dikumpulkan melalui pengisian kuesioner oleh 44 responden yang terdiri dari para pelaku konstruksi di Yogyakarta dan Jakarta, baik yang bekerja pada konsultan maupun kontraktor. Kuesioner diuji validitas dan reliabilitasnya dan diperoleh hasil 4 pernyataan tidak valid dari 32 pernyataan sehingga tersisa 28 pernyataan untuk diolah lebih lanjut. Pengolahan data dilakukan dengan analisis *mean* dan standar deviasi yang kemudian hasilnya digambarkan pada diagram radar dan diagram '*scatter*'. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai *mean* kepentingan faktor-faktor wirausaha adalah 1,34 (antara penting dan sangat penting) sedangkan nilai *mean* dari dimilikinya faktor-faktor tersebut adalah 2,54 (antara baik dan cukup baik). Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa pada semua faktor, masing-masing memiliki nilai *mean* kepentingan lebih kecil daripada nilai *mean* dimilikinya faktor-faktor tersebut. Berdasarkan analisis ini dapat disimpulkan bahwa kepentingan faktor-faktor wirausaha lebih tinggi daripada dimilikinya faktor-faktor tersebut oleh para pelaku konstruksi.

Kata kunci: Karakter, Wirausaha, Konstruksi, Kenyataan, Kepentingan

ABSTRACT

Entrepreneurship that has a sense of passion possessed by everyone who thinks creatively and acts innovatively needs to be owned by business actors in all areas including the field of construction. This study formulates the issue of what entrepreneurial characteristics are important to the perpetrators of construction. Furthermore, there will be a comparison between the important characteristics and those of the construction actors. Data for this study were collected through questionnaires by 44 respondents consisting of construction actors in Yogyakarta and Jakarta, both working on consultants and contractors. The questionnaire tested its validity and reliability and obtained the result of 4 invalid statements of 32 statements so that the remaining 28 statements to be processed further. Data processing is done by mean and standard deviation analysis then the result is depicted on radar diagram and scatter diagram. The results show that the overall mean value of interest of entrepreneur factors is 1.34 (between important and very important) while the mean value of these factors is 2.54 (between good and good enough). Further analysis shows that on all factors, each has a mean value of interest smaller than the mean value of these factors. Based on this analysis it can be concluded that the interests of entrepreneurial factors are higher than those of those factors by the perpetrators of construction.

Keywords: Character, Entrepreneurship, Construction, Reality, Interests

1. LATARBELAKANG MASALAH

Masyarakat awam sering mengkaitkan kewirausahaan dengan kegiatan yang dilakukan oleh para pengusaha atau wirausahaan. Dengan kata lain kewirausahaan hanya dikaitkan dengan orang yang menjalankan usahanya sendiri bahkan lebih sempit dikaitkan hanya dengan orang yang berdagang. Sebenarnya pendapat semacam ini tidaklah tepat atau kurang lengkap. Arti yang sebenarnya dari kewirausahaan adalah semangat yang dimiliki oleh setiap orang yang berpikir kreatif dan bertindak inovatif. Tentunya semangat ini tidak hanya dimiliki oleh pengusaha atau wirausahaan saja melainkan perlu dimiliki juga oleh masyarakat pada umumnya, baik yang menjalankan usahanya sendiri maupun yang bekerja pada orang lain. Pemahaman lain dari kewirausahaan yang perlu diluruskan adalah kewirausahaan tidak hanya terkait dengan ilmu manajemen saja karena saat ini kewirausahaan dapat dikaitkan dengan semua disiplin ilmu. Hal ini dikarenakan kewirausahaan dapat diterapkan dan diperlukan di semua bidang.

Bertitik tolak dari pengertian kewirausahaan secara luas seperti yang telah diuraikan di atas, maka kewirausahaan sangat terkait erat dengan masalah sumber daya manusia pada umumnya. Pertumbuhan dan perkembangan suatu bangsa terutama didukung oleh sumber daya manusia yang berkualitas. Salah satu ciri sumber daya manusia yang berkualitas adalah semangat-semangat yang ada dalam kewirausahaan, yaitu berpikir kreatif dan bertindak inovatif. Indonesia sebagai negara yang memiliki penduduk dengan jumlah relatif besar sebenarnya mempunyai potensi untuk dapat berkembang dengan pesat, jika penduduknya dapat dikembangkan menjadi sumber daya manusia yang berkualitas.

Namun sayangnya hingga saat ini potensi ini belum dapat dikembangkan secara optimal. Sumber daya manusia yang jumlahnya besar ini tidak diimbangi dengan semangat yang memadai untuk dapat mengembangkan Indonesia. Keadaan ini semakin diperburuk oleh datangnya krisis ekonomi yang berkepanjangan hingga saat ini. Indonesia cukup berat untuk dapat bangkit kembali dari keterpurukannya akibat krisis ekonomi ini. Kondisi ini terjadi pada berbagai bidang di Indonesia termasuk bidang konstruksi. Industri konstruksi sebagai salah satu industri yang terpuruk akibat krisis ekonomi yang berkepanjangan di Indonesia sangat memerlukan sumber daya manusia yang mampu mengangkat kembali keterpurukannya.

Salah satu aspek penting yang mendukung kinerja yang baik dari orang-orang yang terlibat dalam industri konstruksi adalah semangat kewirausahaan. Harus disadari bahwa yang mendukung kesuksesannya tidak hanya semangat kewirausahaan pemilik

perusahaan saja tetapi juga bagi orang-orang yang bekerja pada pemilik perusahaan. Apabila didukung oleh orang-orang yang memiliki semangat kewirausahaan tentunya perusahaan akan berkembang lebih baik. Lebih lanjut apabila orang-orang yang bekerja pada industri konstruksi ini mempunyai semangat kewirausahaan yang memadai maka diharapkan suatu saat mereka akan mampu menangkap peluang usaha yang ada dan mampu menciptakan suatu usaha baru yang bermanfaat bagi dirinya maupun lingkungannya.

2. RUMUSAN MASALAH

Bertitik tolak dari latar belakang yang telah diuraikan di atas, penelitian ini meneliti karakteristik wirausaha pada bidang konstruksi di Indonesia dengan rincian permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah karakteristik wirausaha yang penting dimiliki para pelaku usaha konstruksi?
2. Karakteristik wirausaha apa yang telah dimiliki para pelaku usaha konstruksi?
3. Bagaimana perbandingan antara karakteristik yang penting dan yang dimiliki para pelaku usaha konstruksi?

3. TINJAUAN PUSTAKA

Istilah kewirausahaan yang sering dikenal dengan sebutan *entrepreneurship* cukup populer akhir-akhir ini. Meskipun demikian banyak pihak yang sering menggunakannya namun sebenarnya tidak paham betul tentang arti kewirausahaan. Oleh karenanya berikut ini akan diuraikan pendapat beberapa ahli tentang pengertian kewirausahaan. Sutanto (2002) menulis bahwa kewirausahaan yang sering dikenal dengan sebutan *entrepreneurship* berasal dari bahasa Perancis yang diterjemahkan secara harfiah adalah perantara. Secara lebih luas kewirausahaan didefinisikan sebagai proses penciptaan sesuatu yang berbeda nilainya dengan menggunakan usaha dan waktu yang diperlukan, memikul risiko finansial, psikologi, dan sosial yang menyertainya serta menerima balas jasa moneter dan kepuasan pribadi. Namun demikian istilah kewirausahaan dapat pula diartikan sebagai sikap dan perilaku mandiri yang mampu memadukan unsur cipta, rasa dan karsa serta karya atau mampu menggabungkan unsur kreativitas, tantangan, kerja keras dan kepuasan untuk mencapai prestasi maksimal sehingga dapat memberikan nilai tambah maksimal terhadap jasa, barang maupun pelayanan yang dihasilkan dengan mengindahkan sendi-sendi kehidupan masyarakat. Lebih lanjut dituliskan bahwa *entrepreneur* bukan sekedar pengusaha swasta, karena terkesan untuk membedakan seseorang yang makan gaji dengan seseorang yang menggaji

dirinya sendiri, akan tetapi mereka yang mengerti dan dapat membedakan antara tantangan dan peluang lalu memanfaatkannya untuk keuntungan mereka. Seorang *entrepreneur* selalu mengamati lingkungannya, bekerja dengan metoda yang bervariasi dalam rangka mengidentifikasi peluang-peluang yang potensial. Sementara menurut Suryana (2003) kewirausahaan adalah kemampuan kreatif dan inovatif yang dijadikan dasar, kiat, dan sumber daya untuk mencari peluang menuju sukses. Inti dari kewirausahaan adalah kemampuan untuk menciptakan sesuatu yang baru dan berbeda (*create new and different*) melalui berpikir kreatif dan bertindak inovatif untuk menciptakan peluang. Banyak orang yang berhasil dan sukses karena memiliki kemampuan berpikir kreatif dan inovatif. Proses kreatif dan inovatif tersebut biasanya diawali dengan memunculkan ide-ide dan pemikiran-pemikiran baru untuk menciptakan sesuatu yang baru dan berbeda. Hal ini dikarenakan kewirausahaan selalu dikaitkan dengan kreativitas dan inovasi maka kiranya perlu diperjelas makna dari kedua istilah tersebut. Kreativitas adalah kemampuan untuk mengembangkan ide-ide baru dan cara-cara baru dalam pemecahan masalah dan menemukan peluang (*thinking new thing*). Sedangkan inovasi adalah kemampuan untuk menerapkan kreativitas dalam rangka pemecahan masalah dan menemukan peluang (*doing new thing*). Berkaitan dengan karakteristik wirausahawan, Winardi (2003) mengemukakan bahwa seorang ahli yang bernama John Hornaday telah mengembangkan suatu daftar terpadu tentang ciri-ciri dan sifat wirausahawan berdasarkan survei-survei dan wawancara-wawancara intensif pada sejumlah wirausahawan. Ciri-ciri wirausahawan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kepercayaan pada diri sendiri
2. Penuh energi, dan bekerja dengan cermat
3. Kemampuan untuk menerima resiko yang diperhitungkan
4. Memiliki kreativitas
5. Memiliki fleksibilitas
6. Memiliki reaksi positif terhadap tantangan-tantangan yang dihadapi
7. Memiliki jiwa dinamis dan kepemimpinan
8. Memiliki kemampuan untuk bergaul dengan orang-orang
9. Memiliki kepekaan untuk menerima saran-saran
10. Memiliki kepekaan terhadap kritik-kritik yang dilontarkan
11. Memiliki pengetahuan (memahami) pasar
12. Memiliki keuletan dan kebulatan tekad untuk mencapai sasaran
13. Memiliki banyak akal
14. Memiliki kebutuhan akan prestasi

15. Memiliki inisiatif
16. Memiliki kemampuan untuk berdiri sendiri
17. Memiliki pandangan tentang masa depan yang akan datang
18. Berorientasi pada keuntungan
19. Memiliki sikap perseptif/pandangan ke depan
20. Memiliki jiwa optimisme
21. Memiliki keluwesan
22. Memiliki pengetahuan tentang produk dan teknologi

Selain 22 ciri yang telah diuraikan di atas, Sutanto (2002) mengidentifikasi beberapa aspek lain yang belum termasuk, antara lain memelihara kepercayaan yang diberikan kepadanya, menghargai waktu, bersedia melakukan pekerjaan-pekerjaan 'rendahan'. Lambing dan Kuehl (2003) juga mengemukakan beberapa sifat yang diperoleh dari wirausahawan yang sukses. Sifat-sifat tersebut adalah:

1. Keinginan yang besar untuk menjalankan bisnis
 2. Tetap gigih walaupun gagal
 3. Percaya diri
 4. Kebulatan tekad
 5. Manajemen resiko
 6. Melihat perubahan sebagai kesempatan
 7. Toleransi terhadap ketidak-pastian
 8. Inisiatif dan kebutuhan akan prestasi
 9. Berorientasi pada detil dan kesempurnaan
 10. Tidak menunda pekerjaan
 11. Kreativitas
 12. Kemampuan untuk melihat gambaran yang besar
 13. Faktor-faktor motivasi
 14. Kepercayaan terhadap kemampuan diri untuk menjalankan suatu tugas/pekerjaan
- Industri Konstruksi

Menurut Henrickson dan Tung (1989) industri konstruksi biasanya melibatkan proyek dalam skala yang sangat besar dengan teknologi yang kompleks. Selain itu pemiliknya sangat dalam terlibat dalam pembangunan proyek. Peraturan pemerintah biasanya juga mempunyai pengaruh yang berarti dalam penentuan kebijakan-kebijakan proyek. Lebih lanjut dinyatakan pula bahwa pada saat pemilik proyek memutuskan untuk mencari pelayanan profesional untuk merancang dan membangun fasilitas yang diinginkan, dia akan berhadapan dengan pilihan yang sangat bervariasi. Salah satu

profesional yang diperlukannya adalah manajer konstruksi yang profesional. Kenyataan ini dipertegas oleh Barrie dan Paulson, Jr. (1992) yang menyatakan bahwa perkembangan terkini yang paling berarti dalam konstruksi adalah meningkatnya ukuran proyek dan organisasinya, bertambahnya kompleksitas teknologi yang digunakan, semakin kompleksnya ketergantungan dan variasi hubungan antar organisasi dan institusi yang terlibat, peraturan dan tuntutan pemerintah. Sementara pada tingkat proyek, manajemen mulai mengintegrasikan perencanaan, pengadaan dan pembangunan pada satu proses menyeluruh. Dengan demikian berbagai tantangan akan muncul dan akan terus berlanjut, di antaranya adalah keterbatasan sumber daya, termasuk bahan, alat dan pekerja yang terampil. Di sisi lain Levy (2002) menyatakan bahwa perkembangan keterbatasan tenaga terampil dan manajer berpengalaman yang mulai muncul pada tahun 1980-an telah mencapai tingkat bawah yang membahayakan dalam pasar saat ini dan masih merupakan salah satu tantangan utama yang dihadapi industri. Industri konstruksi juga menghadapi masalah yang sama. Dari uraian ini tampak bahwa perkembangan industri konstruksi ternyata tidak diimbangi dengan perkembangan sumber daya manusia yang memadai. Dengan demikian perhatian khusus terhadap perkembangan sumber daya manusia pada semua tingkat yang terlibat dalam proses konstruksi perlu mendapat perhatian khusus.

4. METODE PENELITIAN

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner ke kontraktor maupun konsultan di Bandung dan Jakarta. Penelitian berlangsung pada bulan Februari 2015 hingga Januari 2016. Secara garis besar kuesioner dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama berisi pertanyaan-pertanyaan untuk mendapatkan data tentang latar belakang responden. Sementara bagian kedua berisi pernyataan-pernyataan untuk mendapatkan data yang terkait dengan karakteristik wirausaha.

Pernyataan-pernyataan terkait karakteristik wirausaha disusun berdasarkan ciri-ciri yang dikemukakan John Hornaday seperti ditulis Winardi (2003) dengan dilakukan beberapa penyesuaian dan tambahan dari referensi lain. Total pernyataan yang terkait dengan karakteristik wirausaha dalam kuesioner ini berjumlah 32 pernyataan. Pernyataan-pernyataan ini harus ditanggapi responden dengan memilih satu pilihan yang paling sesuai pada skala likert 1 sampai dengan 5, dengan ketentuan sebagai berikut.

Karakter wirausaha yang ada pada para pelaku usaha konstruksi memiliki pilihan:

1. Sangat baik
2. Baik

3. Cukup baik
4. Kurang baik
5. Tidak baik

Kepentingan karakter wirausaha untuk berkarya pada industri konstruksi memiliki pilihan:

1. Sangat penting
2. Penting
3. Cukup penting
4. Kurang penting
5. Tidak penting

4.2 Metode Analisis Data

1. Uji Validitas dan Reliabilitas dilakukan pada pernyataan-pernyataan untuk karakter wirausaha, kemudian karakter yang tidak valid dan tidak reliabel akan dieliminasi. Uji validitas dilakukan dengan metode korelasi Pearson, sedangkan uji reliabilitas dilakukan dengan metode Cronbach Alpha.
2. Pernyataan-pernyataan yang valid dan reliabel akan dianalisis dengan *mean* dan standar deviasi, masing-masing untuk kenyataan dan kepentingannya. Hasil nilai *mean* masing-masing karakter digambar pada diagram radar untuk membandingkan kenyataan dan kepentingan masing-masing karakter
3. Nilai mean masing-masing karakter wirausaha juga akan dipasangkan berdasarkan kenyataan dan kepentingannya kemudian diposisikan pada diagram *Scatter (XY)* untuk mengidentifikasi karakter yang tidak sesuai antara kenyataan dan kepentingannya

5. HASIL ANALISIS DATA

5.1 Latarbelakang Responden

Penelitian ini berhasil mengumpulkan data dari 44 responden dengan latar belakang seperti diuraikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Latar Belakang Responden

	JUMLAH	PROSENTASE		JUMLAH	PROSENTASE
JENIS PERUSAHAAN			PENDIDIKAN		
Konsultan	10	22.73	SMU	4	9.091
Kontraktor	34	77.27	D3	4	9.091
STATUS			S1	26	59.09
Swasta	30	68.18	S2	10	22.73
BUMN	14	31.82	JABATAN		
LOKASI			Direktur	6	13.64
Jakarta	30	68.18	Man. Proyek	4	9.091
Yogyakarta	14	31.82	Manajer	20	45.45
JABATAN			Ka. Bagian	6	13.64
Direktur	6	13.64	Staf	8	18.18
Manajer Proyek	4	9.091	PENGALAMAN KERJA		
Manajer	20	45.45	< 5 tahun	4	9.091
Kepala Bagian	6	13.64	5-10 tahun	2	4.545
Staf	8	18.18	10-20 th.	24	54.55
			> 20 tahun	14	31.82

5.2 Uji Validitas dan Reliabilitas

Sebelum dilakukan analisis lebih lanjut terhadap pernyataan-pernyataan karakter wirausaha untuk mendapatkan kesimpulan yang diharapkan terlebih dahulu perlu dilakukan uji validitas dan reliabilitas terhadap masing-masing pernyataan. Selanjutnya apabila terdapat pernyataan yang tidak valid dan tidak reliabel maka pernyataan tersebut akan dieliminasi. Uji validitas dilakukan dengan metode korelasi Pearson dengan tingkat signifikan $\alpha=5\%$. Hasil uji validitas menunjukkan bahwa terdapat empat pernyataan yang tidak valid, yaitu:

1. F20 (berorientasi pada keuntungan),
2. F22 (memiliki jiwa optimisme),
3. F28 (bersedia melakukan pekerjaan 'rendahan'),
4. F29 (pantang menyerah).

Dengan demikian pernyataan untuk karakter wirausaha yang tersisa untuk dianalisis lebih lanjut tinggal 28 pernyataan. Selanjutnya terhadap 28 pernyataan yang tersisa dilakukan uji reliabilitas. Uji reliabilitas dilakukan baik terhadap seluruh pernyataan maupun masing-masing pernyataan dengan metode Cronbach Alpha. Hasil uji reliabilitas menunjukkan bahwa secara menyeluruh maupun masing-masing pernyataan

mempunyai nilai $\alpha > 0.6$ bahkan semuanya mendekati 1 yang berarti bahwa instrumen ini reliabel. Dengan demikian keduapuluh-delapan pernyataan dapat dianalisis lebih lanjut. Karakteristik Wirausaha Berdasarkan data karakteristik wirausaha secara keseluruhan diperoleh nilai *mean* 2.54 dengan deviasi standar 0.81 untuk kenyataan yang ada yang berarti berada pada tingkat antara baik dan cukup baik. Sementara untuk kepentingannya diperoleh mean 1.34 dengan deviasi standar 0.62 yang berarti berada pada tingkat antara sangat penting dan penting. Dengan demikian secara keseluruhan kepentingan lebih tinggi daripada kenyataan. Secara terperinci mean dan deviasi standar untuk masing-masing karakter dapat dilihat pada **Tabel 2**. Selanjutnya hasil ini digambar pada diagram radar seperti pada **Gambar 1**.

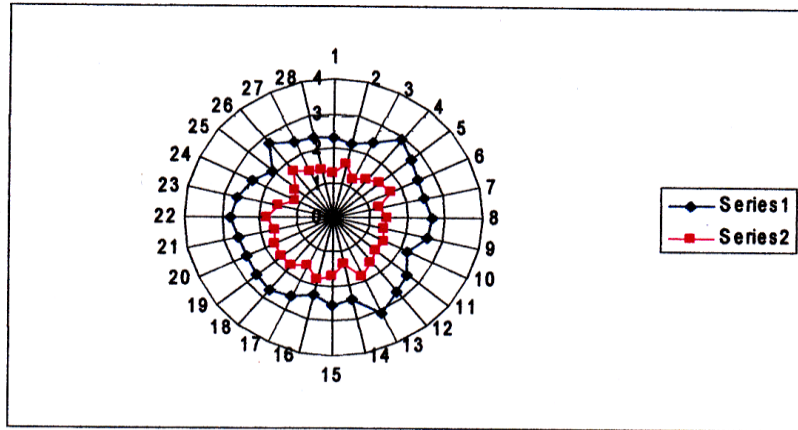
Analisis selanjutnya adalah memasang nilai mean antara kenyataan dan kepentingan pada masing-masing karakter yang kemudian digambar pada satu diagram dimana sumbu x mewakili kenyataan dan sumbu y mewakili kepentingan. Dengan demikian diagram akan terbagi menjadi empat kuadran dimana masing-masing kuadran mewakili kondisi sebagai berikut:

1. **Kuadran kanan atas** mewakili kondisi dimana karakter yang penting telah dipenuhi sehingga karakter yang pada kuadran ini perlu terus dikembangkan
2. **Kuadran kanan bawah** mewakili kondisi dimana karakter yang tidak penting justru telah dipenuhi sehingga karakter yang berada pada kuadran ini tidak perlu dikembangkan
3. **Kuadran kiri atas** mewakili kondisi dimana karakter yang penting justru belum dipenuhikan karenanya karakter pada kuadran ini perlu diperhatikan agar tumbuh
4. **Kuadran kiri bawah** mewakili kondisi dimana karakter yang tidak penting juga tidak dipenuhi oleh karenanya karakter ini tidak perlu diperhatikan Diagram kepentingan dan kenyataan untuk karakteristik wirausaha dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2**.

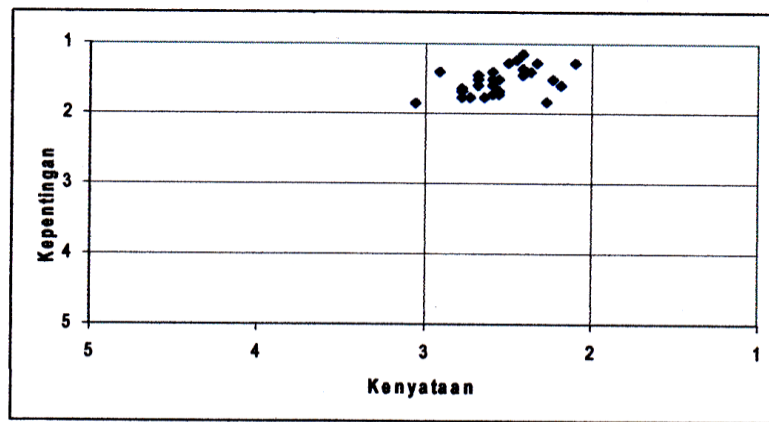
Pada diagram tersebut tampak bahwa hampir semua karakter berada pada kuadran kanan atas sehingga perlu terus dikembangkan. Namun ada satu karakter yang berada pada kuadran kiri atas, meskipun masih dekat ke kuadran kanan atas. Karakter tersebut adalah memiliki pengetahuan (memahami) pasar. Dengan demikian faktor ini perlu ditumbuhkan karena penting namun belum dipenuhi.

Tabel 2: Karakteristik Wirausaha

NO/KODE	KARAKTERISTIK WIRAUSAHA	KENYATAAN		KEPENTINGAN		
		MEAN	SD	MEAN	SD	
1	F1	Kepercayaan pada diri sendiri	2.32	0.93	1.27	0.54
2	F2	Penuh energi	2.18	0.79	1.59	0.50
3	F3	Bekerja cermat	2.45	0.85	1.23	0.42
4	F4	Kemampuan untuk menerima resiko yang diperhitungkan	2.91	0.91	1.41	0.58
5	F5	Memiliki kreativitas	2.68	0.64	1.59	0.73
6	F6	Memiliki fleksibilitas	2.55	0.79	1.73	0.76
7	F7	Memiliki reaksi positif terhadap tantangan-tantangan yang dihadapi	2.50	0.90	1.27	0.45
8	F8	Memiliki jiwa dinamis	2.68	0.93	1.45	0.59
9	F9	Memiliki jiwa pemimpin	2.59	0.73	1.41	0.58
10	F10	Memiliki kemampuan untuk bergaul dengan orang-orang	2.23	0.74	1.50	0.66
11	F11	Memiliki kepekaan untuk menerima saran-saran	2.59	0.66	1.50	0.59
12	F12	Memiliki kepekaan terhadap kritik-kritik yang dilontarkan	2.77	0.74	1.64	0.65
13	F13	Memiliki pengetahuan (memahami) pasar	3.05	0.78	1.86	0.70
14	F14	Memiliki keuletan dan kebulatan tekad untuk mencapai sasaran	2.41	0.79	1.36	0.57
15	F15	Memiliki banyak akal	2.55	0.85	1.68	0.56
16	F16	Memiliki kebutuhan akan prestasi	2.27	0.62	1.82	0.66
17	F17	Memiliki inisiatif	2.55	0.73	1.50	0.59
18	F18	Memiliki kemampuan untuk berdiri sendiri	2.73	0.76	1.77	0.80
19	F19	Memiliki pandangan tentang masa depan	2.64	0.72	1.77	0.52
20	F21	Memiliki sikap perseptif / pandangan ke depan	2.59	0.79	1.73	0.54
21	F23	Memiliki keluwesan	2.59	0.66	1.59	0.66
22	F24	Memiliki pengetahuan tentang produk	2.77	0.52	1.77	0.74
23	F25	Memiliki pengetahuan tentang teknologi	2.68	0.56	1.50	0.59
24	F26	Menghargai waktu	2.41	1.00	1.14	0.35
25	F27	Memelihara kepercayaan yang diberikan kepadanya	2.09	0.80	1.27	0.45
26	F30	Melihat perubahan sebagai kesempatan	2.77	0.80	1.68	0.71
27	F31	Tidak menunda pekerjaan	2.41	0.84	1.45	0.50
28	F32	Percaya pada kemampuan diri untuk menjalankan suatu tugas/pekerjaan	2.36	0.84	1.41	0.50
Grand Mean			2.23	0.81	1.34	0.62



Gambar 1.: Diagram Radar Karakteristik Wirausaha



Gambar 2.: Diagram Kepentingan dan Kenyataan Karakteristik Wirausaha

6. SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

1. Secara keseluruhan kepentingan karakteristik wirausaha yang dimiliki oleh pelaku usaha konstruksi berada pada tingkat lebih tinggi daripada kenyataan dimilikinya karakteristik wirausaha tersebut.
2. Semua faktor karakteristik wirausaha masing-masing mempunyai kepentingan pada tingkat yang lebih tinggi daripada kenyataan dimilikinya karakteristik wirausaha tersebut.
3. Pengetahuan (memahami) pasar adalah faktor karakteristik wirausaha yang perlu ditumbuhkan karena berada pada kuadran penting namun belum dipenuhi.

6.2 Saran

1. Pelaku usaha konstruksi perlu meningkatkan karakter wirausaha karena kenyataan dimilikinya karakter ini masih di bawah kepentingannya.
2. Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk mengukur karakter wirausaha yang tidak hanya berdasarkan pada persepsi saja tetapi berdasarkan '*assessment test*' untuk memperoleh hasil yang lebih pasti.
3. Penelitian lanjutan untuk membandingkan karakter kewirausahaan pelaku usaha di bidang konstruksi dengan bidang lain juga perlu dibandingkan.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. Barrie, Donald S. and Paulson, Boyd C. (1992) *Professional Construction Management*, Third Edition, McGraw-Hill.
2. Hendrickson, Chris dan Au, Tung (1989) *Project Management for Construction*, Prentice Hall.
3. Lambing, Peggy A. and Kuehl, Charles R. (2003) *Entrepreneurship*, Third Edition, Prentice Hall.
4. Levy, Sydney M. (2002) *Project Management in Construction*, McGraw-Hill.
5. Suryana, (2003) *Kewirausahaan Pedoman Praktis, Kiat dan Proses Menuju Sukses*, Edisi Revisi, Penerbit Salemba Empat.
6. Sutanto, Adi, (2002) *Kewirausahaan*, Ghalia Indonesia dan UMM Press.
7. Winardi, J, (2003) *Entrepreneur & Entrepreneurship*, Prenada Media.

PENGARUH UKURAN BUTIR TERHADAP WATER ABSORPTION MATERIAL CRUSHED LIMESTONE PADALARANG

Andrias Suhendra Nugraha ⁽¹⁾, Zulhazmi Ardi ⁽²⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil (S3), Universitas Katolik Parahyangan dan Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha

Email: andrias.snugraha@gmail.com

⁽²⁾ Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha

Email: ardiiezull@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu kriteria desain timbunan pada suatu konstruksi perkerasan jalan adalah parameter kompaksi. Parameter kompaksi yang dimaksud antara lain adalah berat volume kering maksimum, $\gamma_{dry\ max}$ dan kadar air optimum, w_{opt} yang diperoleh dari uji kompaksi material timbunan di laboratorium. Kadar air, w suatu material akan berdampak pada kemampuan (*workability*) material tersebut saat uji kompaksi di laboratorium dilaksanakan. Untuk kondisi dimana kadar air, w material uji melampaui nilai kadar air optimum, w_{opt} , maka terdapat kondisi di mana material uji tidak lagi mempunyai kemampuan menyerap air, sehingga jumlah air yang ditambahkan terhadap material uji tidak dapat secara optimal diserap oleh material uji. Untuk mengantisipasi tidak terjadinya ketidakmampuan material dalam hal menyerap air pada uji kompaksi, maka diperlukan suatu proses uji untuk memberikan informasi tentang kemampuan penyerapan air. Salah satu proses uji tersebut antara lain adalah uji *water absorption* (WA).

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh ukuran butir terhadap *water absorption* material *crushed limestone*. Material *crushed limestone* yang digunakan berasal dari daerah Padalarang, Jawa Barat dengan ukuran butir maksimum, $d_{max} = 2,0\text{mm}$ dan $d_{max} = 4,75\text{mm}$. Jenis gradasi dari material uji adalah *poorly graded*. Pengujian *water absorption* mengacu pada standar NF EN 1097-6:2001 (*European Standard*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan ukuran butir maksimum dari $d_{max} 2,0\text{mm}$ ke $4,75\text{mm}$ untuk material *crushed limestone* Padalarang dengan jenis gradasi *poorly graded*, menghasilkan penurunan nilai *water absorption*, WA sebesar 42,65% dan peningkatan kadar air, w maksimum sebesar 40,94%.

Kata kunci: *crushed limestone*, *water absorption*, ukuran butir

ABSTRACT

One of the design criteria of road embankment construction is the compaction parameter. The parameters of the compaction consist of the maximum dry density, $\gamma_{dry\ max}$ and the optimum moisture content, w_{opt} which obtained from the compaction test of the embankment material in the laboratory. The moisture content of a material will affect the workability of the material when the laboratory compaction test is carried out. For conditions where moisture content, w test material exceeds the optimum water content, w_{opt} , then there is a condition in which the test material no longer has the ability to absorb water, so the amount of water added to the test material can not be optimally absorbed by the test material. To anticipate the absence of material inability to absorb water in the compaction test, a test process is required to provide information on water absorption capability. One of the test process is water absorption (WA) test.

The purpose of this research was to analyze the influence of grain size to the water absorption of crushed limestone material. Crushed limestone material used comes from Padalarang, Jawa Barat with maximum grain size, $d_{max} = 2,0\text{mm}$ and $d_{max} = 4.75\text{mm}$. Type of material gradation is poorly graded. Water absorption test refers to NF EN 1097-6:2001 (European Standard).

The results showed that the increase of maximum grain size from 2.0mm d_{max} to 4.75mm for poorly graded crushed limestone material from Padalarang resulted in decrease of water absorption, WA by 42.65% and increased water content, w maximum by 40,94%.

Keywords: *crushed limestone*, *water absorption*, grain size

1. PENDAHULUAN

Salah satu kriteria desain timbunan pada suatu konstruksi perkerasan jalan adalah parameter kompaksi. Parameter kompaksi yang dimaksud antara lain adalah berat volume kering maksimum, $\gamma_{dry\ max}$ dan kadar air optimum, w_{opt} yang diperoleh dari uji kompaksi material timbunan di laboratorium. Uji kompaksi di laboratorium dilakukan dengan cara melakukan variasi kadar air, w terhadap material uji, yang selanjutnya akan diperoleh nilai berat volume kering, γ_{dry} untuk setiap kadar air yang divariasikan tersebut. Hubungan antara berat volume kering, γ_{dry} dan kadar air, w tersebut selanjutnya dinyatakan pada suatu kurva kompaksi. Kurva kompaksi akan memberikan gambaran mengenai pengaruh perubahan kadar air suatu material terhadap nilai berat volume keringnya. Kadar air pun akan memberikan gambaran dari kemampuan (*workability*) material jika terhadapnya akan dilakukan suatu proses kompaksi. Untuk kondisi dimana kadar air material uji melampaui nilai kadar air optimum, w_{opt} , maka terdapat kondisi di mana material uji tidak lagi mempunyai kemampuan menyerap air, sehingga jumlah air yang ditambahkan terhadap material uji tidak dapat secara optimal diserap oleh material uji. Untuk mengantisipasi tidak terjadinya ketidakmampuan material dalam hal menyerap air pada uji kompaksi, maka diperlukan suatu proses uji untuk memberikan informasi tentang kemampuan penyerapan air. Salah satu proses uji tersebut antara lain adalah uji *water absorption* (WA).

Material uji yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *limestone* (batu gamping) yang telah mengalami proses penghancuran (*crushing*) di pabrik, dari material yang semula berukuran *boulders* (> 300mm) menjadi material dengan ukuran butir yang lebih kecil (*crushed limestone*). Material uji *crushed limestone* berasal dari daerah Padalarang, Jawa Barat. Jenis gradasi dari material *crushed limestone* adalah *poorly graded* dengan ukuran butir maksimum, d_{max} yang digunakan adalah 2,0mm dan 4,75mm.

Pada penelitian ini akan dilakukan kajian terhadap pengaruh ukuran butir material *crushed limestone* Padalarang terhadap kemampuan material tersebut dalam menyerap air. Distribusi ukuran butir dan jenis gradasi dari material uji diperoleh dengan cara melakukan uji *sieve analysis* di laboratorium, sementara kemampuan material dalam menyerap air tersebut dinyatakan dengan nilai *water absorption*. Nilai *water absorption* selanjutnya akan dibandingkan dengan kadar air, w tertinggi (maksimum) yang diperoleh dari kurva kompaksi material *crushed limestone*.

2. TUJUAN DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh ukuran butir terhadap nilai *water absorption* material *crushed limestone* Padalarang.

Ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut:

1. Uji *sieve analysis* mengacu pada standar ASTM D 2487, ASTM C 136, dan BS 1337.
2. Uji *water absorption* mengacu pada standar NF EN 1097-6:2001 (*European Standard*), dengan menggunakan metode Piknometer.
3. Uji kompaksi mengacu pada standar ASTM D 698.
4. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha Bandung.

3. SIEVE ANALYSIS (ANALISIS AYAKAN)

Analisis ayakan adalah proses mengayak dan menggetarkan sampel tanah melalui satu set ayakan dan mesin penggetar, dimana ayakan disusun dengan lubang ayakan besar di atas dan lubang ayakan berukuran kecil di bawah secara berurutan yang bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butir agregat kasar dan halus dengan menggunakan ukuran-ukuran saringan tertentu yang telah distandarkan. Nomor ayakan dan ukuran lubang berdasarkan *U.S. standard sieve size* tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Nomor Ayakan dan Ukuran Lubang berdasarkan *U.S. Standard*

Ayakan No.	Lubang (mm)
4	4,750
6	3,350
8	2,360
10	2,000
16	1,180
20	0,850
30	0,600
40	0,425
50	0,300
60	0,250
80	0,180
100	0,150
140	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

Sumber: Das, 1995

Hasil dari analisis ayakan digambarkan sebagai kurva distribusi ukuran butir. Terdapat tiga parameter dasar yang dapat ditentukan dari kurva distribusi ukuran butir sebagai berikut :

a. Ukuran Efektif (*Effective Size*)

Diameter dalam kurva distribusi ukuran-butiran yang bersesuaian dengan 10% yang lebih halus (lolos ayakan) didefinisikan sebagai ukuran efektif, atau D_{10} .

b. Koefisien Keseragaman (*Uniformity Coefficient*)

Koefisien keseragaman dinyatakan dengan menggunakan Persamaan 1.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (1)$$

dimana :

C_u = koefisien keseragaman

D_{60} = diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan yang ditentukan dari kurva distribusi ukuran butiran

c. Koefisien Gradasi (*Coefficient of Gradation*)

Koefisien gradasi dinyatakan dengan menggunakan Persamaan 2.

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}} \quad (2)$$

Dimana :

C_c = koefisien gradasi

D_{30} = diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos ayakan yang ditentukan dari kurva distribusi ukuran butiran

Jenis gradasi dari sampel uji mengacu pada standar ASTM D2487 yang dinyatakan sebagai berikut :

- Gradasi baik (*well graded*), jika :

$C_u \geq 4$ dan $1 \leq C_c \leq 3$; untuk *gravel*

$C_u \geq 6$ dan $1 \leq C_c \leq 3$; untuk *sand*

- Gradasi buruk (*poorly graded*), jika :

$C_u < 4$ dan/atau $1 > C_c > 3$; untuk *gravel*

$C_u < 6$ dan/atau $1 > C_c > 3$; untuk *sand*

4. WATER ABSORPTION

Water absorption, WA adalah kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi SSD, *Saturated Surface Dry* (kering jenuh

permukaan). Parameter-parameter yang dihasilkan dari uji *water absorption* antara lain adalah :

1. *apparent particle density*, ρ_a
2. *particle density on an oven-dried basis*, ρ_{rd}
3. *particle density on a SSD basis*, ρ_{ssd}
4. *water absorption*, WA

Parameter-parameter tersebut di atas dinyatakan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \quad (3)$$

$$\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (4)$$

$$\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (5)$$

$$WA = \frac{100.(M_1 - M_4)}{M_4} \quad (6)$$

dimana :

ρ_w = berat jenis air pada temperatur *test*, dalam gr/cm^3 (Tabel 2)

Tabel 2. Berat Jenis Air, ρ_w

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	ρ_w (gr/cm^3)
16	0,99897
17	0,9988
18	0,99862
19	0,99843
20	0,99823
21	0,99802
22	0,99780
23	0,99757
24	0,99733
25	0,99708
26	0,99681
27	0,99654
28	0,99626
29	0,99598
30	0,99568

Sumber: NF EN 1097-6: 2001

M_1 = berat jenuh dan kering permukaan agregat di udara, dalam gram

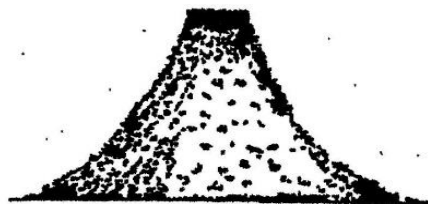
M_2 = berat piknometer berisi sampel jenuh agregat, dalam gram

M_3 = berat piknometer diisi dengan air saja, dalam gram

M_4 = berat kering oven bagian *test* di udara, dalam gram

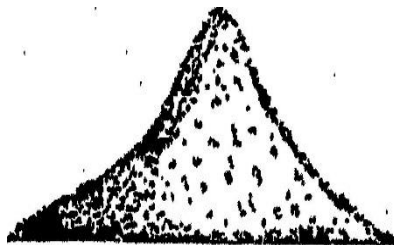
Untuk mempermudah dalam menentukan kondisi SSD, dapat menggunakan panduan berikut ini :

- a. Agregat *moist* seperti tampak pada Gambar 1, hampir mempertahankan bentuk penuh dari *mold*.



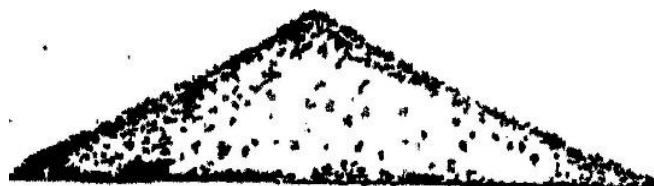
Gambar 1. Agregat Moist
Sumber: NF EN 1097-6:2001

- b. Agregat *slightly moist* seperti tampak pada Gambar 2, teramati *slump* yang cukup besar.



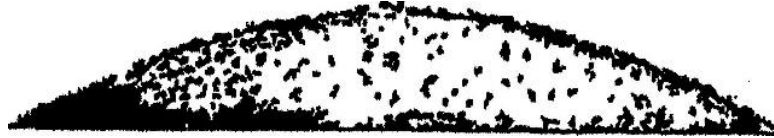
Gambar 2. Agregat Slightly Moist
Sumber: NF EN 1097-6:2001 (*European Standard*)

- c. Agregat *Saturated Surface Dry (SSD)* seperti tampak pada Gambar 3, hampir runtuh tetapi puncak masih terlihat jelas dan lereng bersudut (*angular*).



Gambar 3. Agregat Saturated Surface-Dried (SSD)
Sumber: NF EN 1097-6:2001

- d. Agregat *nearly oven dried*, seperti tampak pada Gambar 4, tidak terdapat puncak yang jelas terlihat dan permukaan garis luar hampir jadi lengkung.



Gambar 4. Agregat *Nearly Oven Dried*
Sumber: NF EN 1097-6:2001

5. HASIL ANALISIS

5.1 Hasil Pengujian Indeks Properti Material *Crushed Limestone*

Indeks properti dari material uji di antaranya adalah nilai G_s , *specific gravity* (berat jenis) dan nilai w , *water content* (kadar air) inisial. Hasil pengujian indeks properti dan penomoran material uji dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Indeks Properti

Asal Material	Nomor Material Uji	<i>Specific Gravity</i> , G_s	<i>Water Content (at initial)</i> , w (%)
Padalarang	SU1	2,68	0,278
	SU3	2,67	0,092

Berdasarkan Tabel 3 ditunjukkan bahwa, nilai G_s untuk SU1 dan SU3 berturut-turut adalah 2,68 dan 2,67, serta nilai w untuk SU1 dan SU3 berturut-turut adalah 0,278% dan 0,092%. Nilai G_s material sesuai dengan *range* nilai G_s material *limestone* yaitu; 2,3 – 2,7 (Edumine, 2016).

5.2 Hasil Pengujian *Sieve Analysis* Material *Crushed Limestone*

Setelah dilakukan pengujian *sieve analysis* yang mengacu pada standar ASTM ASTM D 2487, ASTM C 136, dan BS 1337, akan diperoleh diameter maksimum, d_{max} dan kurva distribusi ukuran butir untuk setiap material uji. Dari kurva distribusi ukuran butir akan diperoleh parameter-parameter antara lain adalah : D_{10} , D_{30} , D_{60} , C_u , (koefisien keseragaman) dan C_c (koefisien gradasi). Selanjutnya dari parameter-parameter tersebut akan diperoleh jenis gradasi.

1. *Sieve Analysis* SU1

Hasil pengujian *sieve analysis* SU1 dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

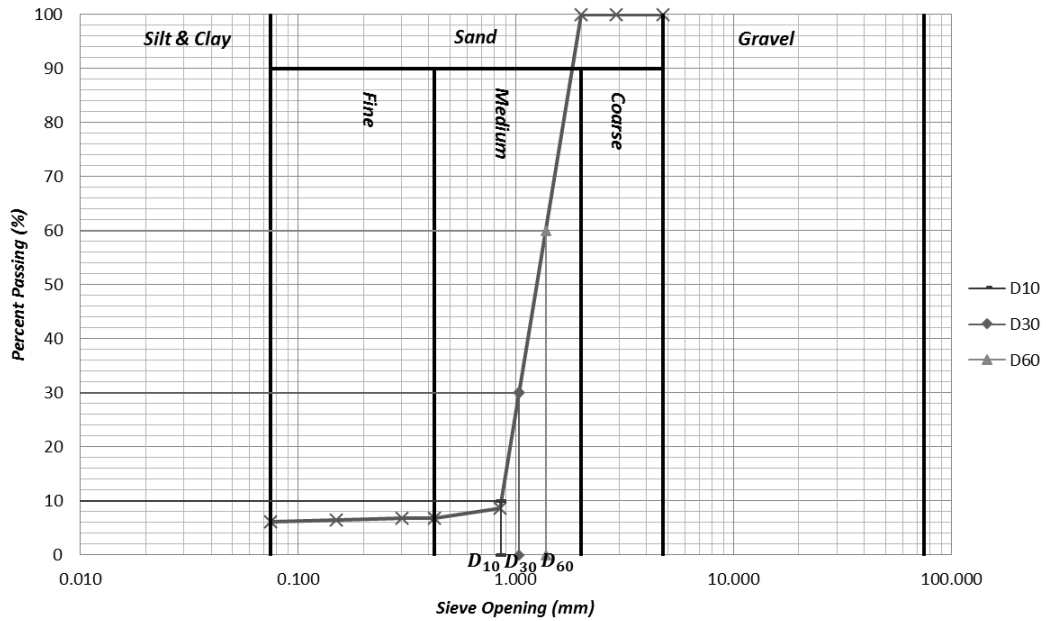
Tabel 4. Hasil Sieve Analysis SU1 Test 1

<i>Sieve No.</i>	<i>W. Container (gr)</i>	<i>W. Container + Sample (gr)</i>	<i>W. Sample (gr)</i>	<i>Sieve Opening (mm)</i>	<i>% Retained</i>	<i>% Cum Retained</i>	<i>% Passing</i>
4	73,00	73,00	0,00	4,75	0,00	0,00	100,00
10	65,50	65,50	0,00	2 (<i>dmax</i>)	0,00	0,00	100,00
20	63,40	615,62	552,22	0,85	91,37	91,37	8,63
40	68,00	79,28	11,28	0,425	1,87	93,23	6,77
50	66,60	66,60	0,00	0,3	0,00	93,23	6,77
100	66,10	68,30	2,20	0,15	0,36	93,60	6,40
200	73,20	74,76	1,56	0,075	0,26	93,86	6,14
PAN	65,50	65,89	0,39	Pan	0,06	93,92	6,08
	Σ	TOTAL	567,65				
		Berat Awal	600,40				
		Berat Akhir	567,65				
		Selisih	36,75				

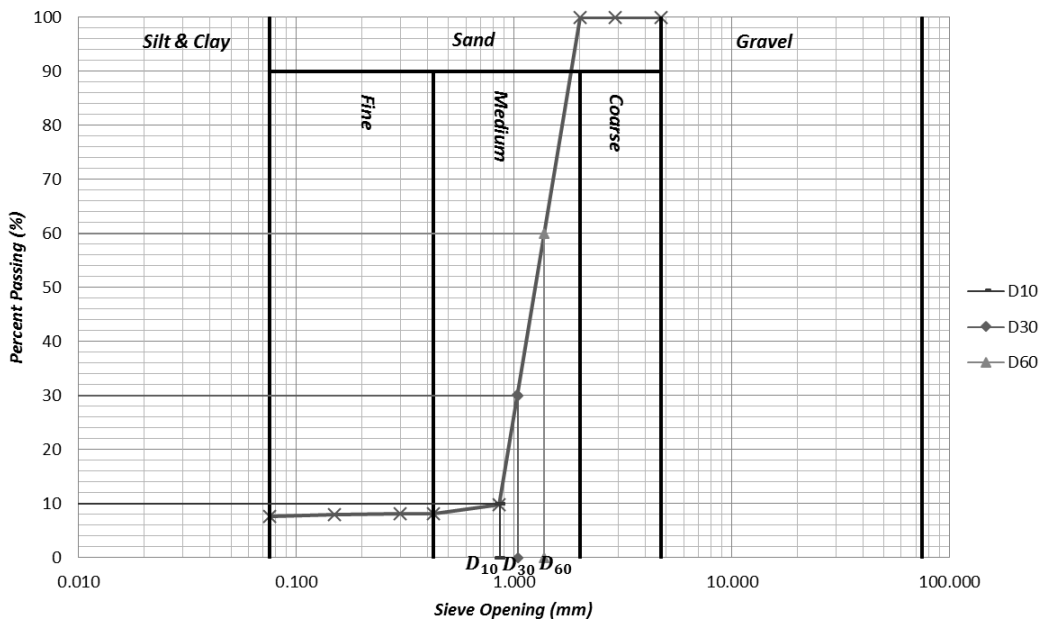
Tabel 5. Hasil Sieve Analysis SU1 Test 2

<i>Sieve No.</i>	<i>W. Container (gr)</i>	<i>W. Container + Sample (gr)</i>	<i>W. Sample (gr)</i>	<i>Sieve Opening (mm)</i>	<i>% Retained</i>	<i>% Cum Retained</i>	<i>% Passing</i>
4	73,00	73,00	0,00	4,75	0,00	0,00	100,00
10	65,50	65,63	0,00	2 (<i>dmax</i>)	0,00	0,00	100,00
20	63,40	605,80	542,40	0,85	90,29	90,29	9,71
40	68,00	77,26	9,26	0,425	1,54	91,84	8,16
50	66,60	66,60	0,00	0,3	0,00	91,84	8,16
100	66,10	67,88	1,78	0,15	0,30	92,13	7,87
200	73,20	74,40	1,20	0,075	0,20	92,33	7,67
PAN	65,50	65,67	0,17	Pan	0,03	92,36	7,64
	Σ	TOTAL	554,81				
		Berat Awal	600,70				
		Berat Akhir	554,81				
		Selisih	45,89				

Penghitungan % *retained* (tertahan) dilakukan dengan cara membagi berat sampel di masing-masing nomor ayakan dengan berat awal sampel sebelum dilakukan proses pencucian (*washing*). Untuk SU1, % *retained* terbesar berada di ayakan No.20, sehingga ukuran butir maksimumnya (*dmax*) adalah 2,0mm. Kurva distribusi ukuran SU1 *Test 1* dan *Test 2* dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Kurva Distribusi Ukuran Butir SU1 Test 1



Gambar 6. Kurva Distribusi Ukuran Butir SU1 Test 2

Dari Gambar 5 didapatkan nilai $D_{10} = 0,861$, $D_{30} = 1,038$, dan $D_{60} = 1,375$, $C_c = 0,91$ dan $C_u = 1,6$. Dari Gambar 6 didapatkan nilai $D_{10} = 0,852$, $D_{30} = 1,030$, dan $D_{60} = 1,369$, $C_c = 0,91$ dan $C_u = 1,6$. Untuk SU1, nilai rata-rata $C_c = 0,91$ dan $C_u = 1,6$, berdasarkan kriteria ASTM D 2487 diperoleh jenis gradasi SU1 adalah *poorly graded*. Ukuran butiran yang dominan pada SU1 memiliki ukuran butir yang sama dengan ukuran butir *medium sand*.

2. Sieve Analysis SU3

Hasil pengujian *sieve analysis* SU3 dapat dilihat di Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Hasil Sieve Analysis SU3 Test 1

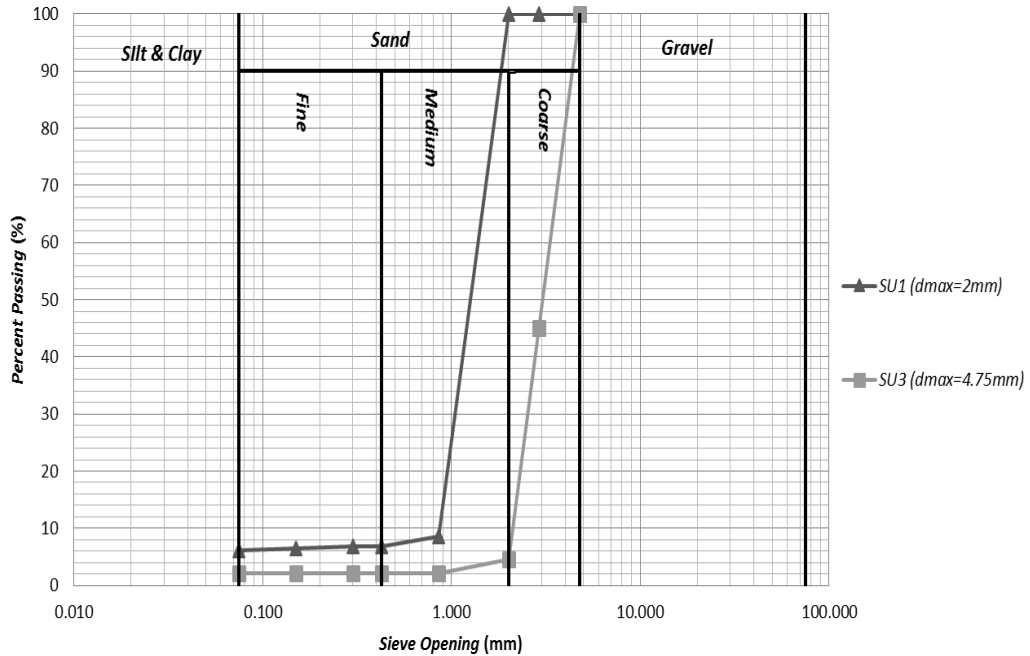
Sieve No.	W. Container (gr)	W. Container + Sample (gr)	W. Sample (gr)	Sieve Opening (mm)	% Retained	% Cum Retained	% Passing
4	108,26	108,26	0,00	4,75 (<i>dmax</i>)	0,00	0,00	100,00
6	108,26	437,98	329,72	2,9	54,94	54,94	45,06
10	108,26	351,21	242,95	2	40,48	95,99	4,01
20	108,26	122,97	14,71	0,85	2,45	98,48	1,52
40	108,26	108,49	0,23	0,425	0,04	98,52	1,48
50	108,26	108,28	0,02	0,3	0,00	98,52	1,48
100	108,26	108,37	0,11	0,15	0,02	98,54	1,46
200	108,26	108,32	0,06	0,075	0,01	98,55	1,45
PAN	108,26	108,45	0,19	Pan	0,03	98,58	1,42
Σ		TOTAL	587,99				
		Berat Awal	600,20				
		Berat Akhir	587,99				
		Selisih	12,21				

Tabel 7. Hasil Sieve Analysis SU3 Test 2

Sieve No.	W. Container (gr)	W. Container + Sample (gr)	W. Sample (gr)	Sieve Opening (mm)	% Retained	% Cum Retained	% Passing
4	108,26	108,26	0,00	4,75 (<i>dmax</i>)	0,00	0,00	100,00
6	108,26	439,29	329,72	2,9	55,15	55,15	44,85
10	108,26	349,15	242,95	2	40,13	95,29	4,71
20	108,26	123,61	14,71	0,85	2,56	97,85	2,15
40	108,26	108,62	0,23	0,425	0,06	97,91	2,09
50	108,26	108,30	0,02	0,3	0,01	97,91	2,09
100	108,26	108,45	0,11	0,15	0,03	97,94	2,06
200	108,26	108,37	0,06	0,075	0,02	97,96	2,04
PAN	108,26	108,48	0,19	Pan	0,04	98,00	2,00
Σ		TOTAL	588,19				
		Berat Awal	600,20				
		Berat Akhir	588,19				
		Selisih	12,01				

Untuk SU3 ini % *retained* terbanyak berada di ayakan No.6, sehingga ukuran butir maksimumnya (*dmax*) adalah 4,75mm. Kurva distribusi ukuran SU3 *Test 1* dan *Test 2* dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Kurva distribusi rata-rata SU1 dan SU3 tampak pada Gambar 9, sementara nilai d_{max} , C_c dan C_u rata-rata, serta jenis gradasi SU1 dan SU3 tampak pada Tabel 8.



Gambar 9. Kurva Distribusi Ukuran Butir Rata-rata SU1 dan SU3

Tabel 8. Nilai d_{max} , C_c dan C_u rata-rata serta Jenis Gradasi

Nomor Material Uji	Ukuran Butir Maksimum, d_{max} (mm)	Koefisien Keseragaman, C_c	Koefisien Gradasi, C_u	Jenis Gradasi
SU1	2,0	0,91	1,6	Poorly graded
SU3	4,75	0,91	1,6	Poorly graded

Tabel 8 menunjukkan bahwa hasil pengujian *sieve analysis* untuk SU1 dan SU3 memiliki nilai koefisien keseragaman, C_c , koefisien gradasi, C_u dan jenis gradasi yang sama walaupun ukuran butir maksimum, d_{max} untuk SU1 dan SU3 berbeda.

5.2.1 Hasil Pengujian Water Absorption Material Crushed Limestone

Pengujian *water absorption* material *crushed limestone* mengacu pada standar NF EN 1097-6:2001 dan dilakukan dengan metode piknometer. Dari pengujian ini didapatkan nilai *water absorption*, WA.

1. Water Absorption SU1

Hasil pengujian *water absorption* SU1 dapat dilihat pada Tabel 9, Tabel 10 dan Gambar 10. Uji *water absorption* untuk SU1 untuk Test 1 dan Test 2 menghasilkan nilai WA berturut-turut adalah 1,42% dan 1,30%.

Tabel 9. Hasil Pengujian Water Absorption SU1 Test 1

PARTICLE DENSITY AND WATER ABSORPTION					
Project:				Date	13-15 Sept 2016
Location:				Done by	Zulhazmi
Borehole No:					
Sample No:	SU1 TEST1	dmax = 2mm			
Depth:	1,00 - 5,00 m			Standard	NF EN 1097-6
Description:	Crushed Limestone				Picnometer Method
Fraction	New Size Fraction	% Size Friction	Condition	Weight (g)	Density (gr/cm3)
	0,075 mm - 4,75mm		Crushed	604.40	
Mass of the saturated and surface dried test portion, M1				576.60	
Mass of picnometer + fraction + water, M2				1012.30	
Temperature of water when M2 determined		24.4			
Mass of picnometer + water, M3				657.34	
Temperature of water when M3 determined		24.4			
Mass of the oven-dried test portion, M4				568.55	
Density of water at the temp. recorded when M2 determined, ρ_w					0.9972
Apparent particle density $\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}$					2.65
Particle density on an oven-dried basis, $\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$					2.56
Particle density on a saturated and surface-dried basis, $\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$					2.59
Water absorption after immersion for 24 h, $WA = \frac{100(M_1 - M_4)}{M_4}$					1.42%

Tabel 10. Hasil Pengujian Water Absorption SU1 Test 2

PARTICLE DENSITY AND WATER ABSORPTION					
Project:				Date	15-17 Sept 2016
Location:				Done by	Zulhazmi
Borehole No:					
Sample No:	SU1 TEST 2	dmax = 2mm			
Depth:	1,00 - 5,00 m			Standard	NF EN 1097-6
Description:	Crushed Limestone				Picnometer Method
Fraction	New Size Fraction	% Size Friction	Condition	Weight (g)	Density (gr/cm3)
	0,075 mm - 4,75mm		Crushed	600.70	
Mass of the saturated and surface dried test portion, M1				562.20	
Mass of picnometer + fraction + water, M2				1004.70	
Temperature of water when M2 determined		24.4			
Mass of picnometer + water, M3				657.34	
Temperature of water when M3 determined		24.4			
Mass of the oven-dried test portion, M4				555.00	
Density of water at the temp. recorded when M2 determined, ρ_w					0.9972
Apparent particle density $\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}$					2.67
Particle density on an oven-dried basis, $\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$					2.58
Particle density on a saturated and surface-dried basis, $\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$					2.61
Water absorption after immersion for 24 h, $WA = \frac{100(M_1 - M_4)}{M_4}$					1.30%

2. Water Absorption SU3

Hasil pengujian *water absorption* SU3 dapat dilihat pada Tabel 11, Tabel 12 dan Gambar 11. Uji *water absorption* untuk SU3 untuk *Test 1* dan *Test 2* menghasilkan nilai WA berturut-turut adalah 0,79% dan 0,76%.



(a)



(b)

Gambar 10. Kondisi *Saturated Surface-Dried*, SSD untuk SU1 (a) Test 1 (b) Test 2



(a)



(b)

Gambar 11. Kondisi *Saturated Surface-Dried*, SSD untuk SU3 (a) Test 1 (b) Test 2

Tabel 11. Hasil Pengujian *Water Absorption* SU3 Test 1

PARTICLE DENSITY AND WATER ABSORPTION					
Project:				Date	23-25 Sept 2016
Location:				Done by	Zulhazmi
Borehole No:					
Sample No:	SU3 TEST 1 dmax = 4,75mm			Standard	NF EN 1097-6
Depth:	1,00 - 5,00 m				Picnometer Method
Description:	Crushed Limestone			Weight (g)	Density (gr/cm ³)
Fraction	New Size Fraction	% Size Friction	Condition		
	0,075 mm - 4,75mm		Crushed	600.20	
Mass of the saturated and surface dried test portion, M1				596.40	
Mass of picnometer + fraction + water, M2				1029.20	
Temperature of water when M2 determined		24.5			
Mass of picnometer + water, M3				657.32	
Temperature of water when M3 determined		24.5			
Mass of the oven-dried test portion, M4				591.70	
Density of water at the temp. recorded when M2 determined, pw					0.9972
Apparent particle density $\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}$					2.68
Particle density on an oven-dried basis, $\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$					2.63
Particle density on a saturated and surface-dried basis, $\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$					2.65
Water absorption after immersion for 24 h, $WA = \frac{100(M_1 - M_4)}{M_4}$					0.79%

Tabel 12. Hasil Pengujian Water Absorption SU3 Test 2

PARTICLE DENSITY AND WATER ABSORPTION					
Project:				Date	24-26 Sept 2016
Location:				Done by	Zulhazmi
Borehole No:					
Sample No:	SU3 TEST 2 dmax = 4,75mm				
Depth:	1,00 - 5,00 m			Standard	NF EN 1097-6
Description:	Crushed Limestone			Picnometer Method	
Fraction	New Size Fraction	% Size Friction	Condition	Weight (g)	Density (gr/cm3)
	0,075 mm - 4,75mm		Crushed	600.20	
Mass of the saturated and surface dried test portion, M1				592.80	
Mass of picnometer + fraction + water, M2				1028.50	
Temperature of water when M2 determined				24.5	
Mass of picnometer + water, M3				657.32	
Temperature of water when M3 determined				24.5	
Mass of the oven-dried test portion, M4				588.30	
Density of water at the temp. recorded when M2 determined, pw				0.9972	
Apparent particle density $\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}$				2.70	
Particle density on an oven-dried basis, $\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$				2.65	
Particle density on a saturated and surface-dried basis, $\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$				2.67	
Water absorption after immersion for 24 h, $WA = \frac{100(M_1 - M_4)}{M_4}$				0.76%	

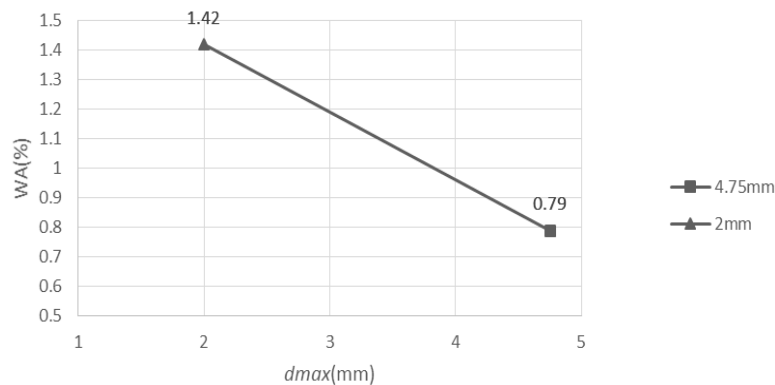
Nilai water absorption, WA rata-rata untuk SU1 dan SU3 tampak pada Tabel 13.

Tabel 13. Nilai Water Absorption, WA

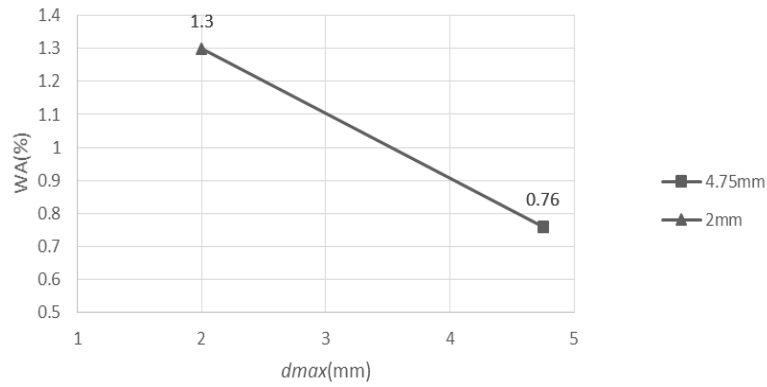
Nomor Material Uji	Water Absorption, WA (%)		
	Test 1	Test 2	Rata-rata
SU1	1,42	1,3	1,36
SU3	0,79	0,76	0,78

5.2.2 Analisis Ukuran Butir Maksimum, d_{max} terhadap Water Absorption Material Crushed Limestone

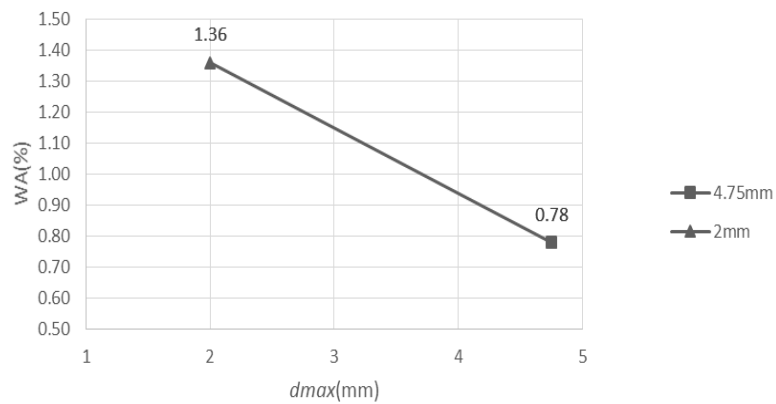
Kurva hubungan antara ukuran butir maksimum, d_{max} dan water absorption, WA untuk SU1 ($d_{max} = 2,0\text{mm}$) dan SU3 ($d_{max} = 4.75\text{mm}$) tampak pada Gambar 12 hingga Gambar 14.



Gambar 12. Kurva d_{max} dan WA (Test 1) untuk SU1 dan SU3

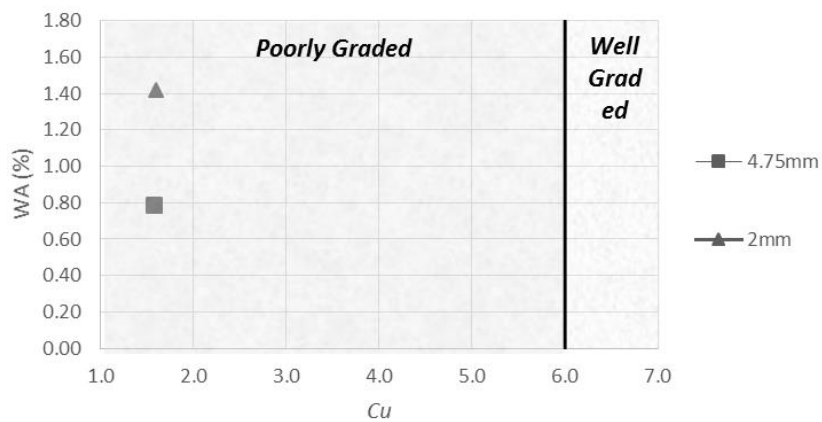


Gambar 13. Kurva d_{max} dan WA (Test 2) untuk SU1 dan SU3

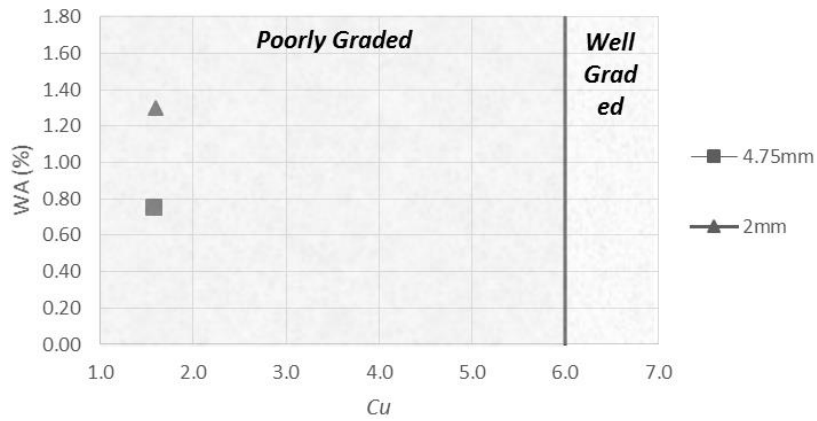


Gambar 14. Kurva d_{max} dan WA Rata-rata untuk SU1 dan SU3

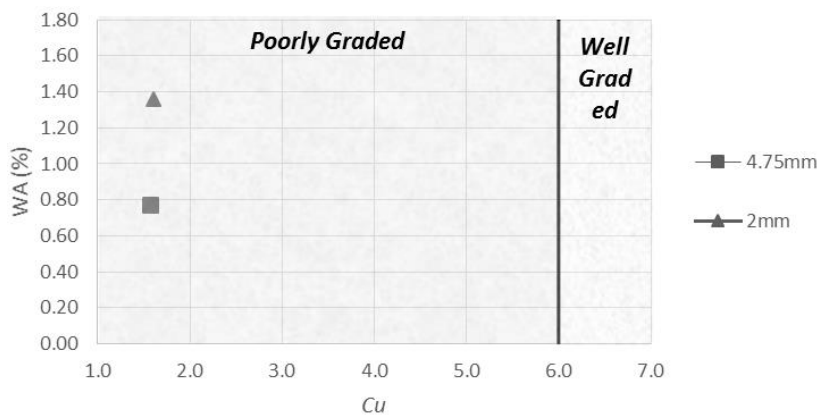
Kurva hubungan antara koefisien keseragaman, C_u dan *water absorption*, WA untuk SU1 ($d_{max} = 2,0\text{mm}$) dan SU3 ($d_{max} = 4.75\text{mm}$) tampak pada Gambar 15 hingga Gambar 17.



Gambar 15. Kurva C_u dan WA (Test 1)

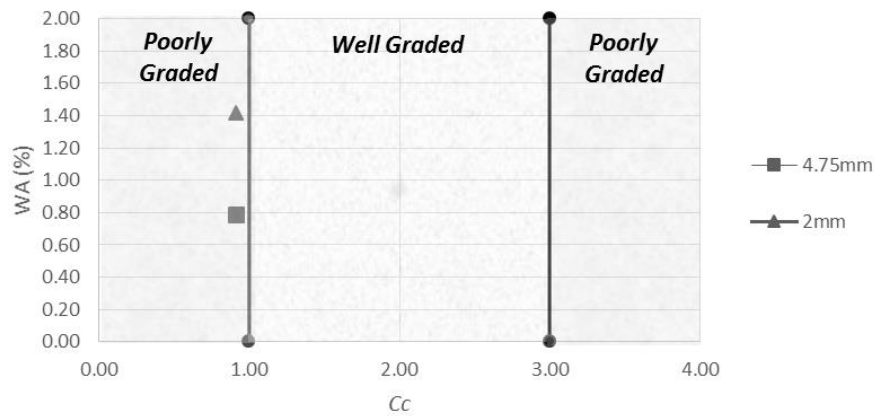


Gambar 16. Kurva C_u dan WA (Test 2)

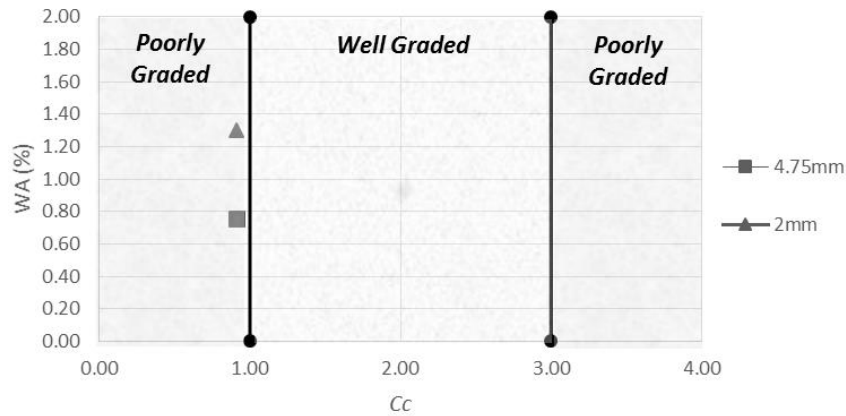


Gambar 17. Kurva C_u dan WA (Average)

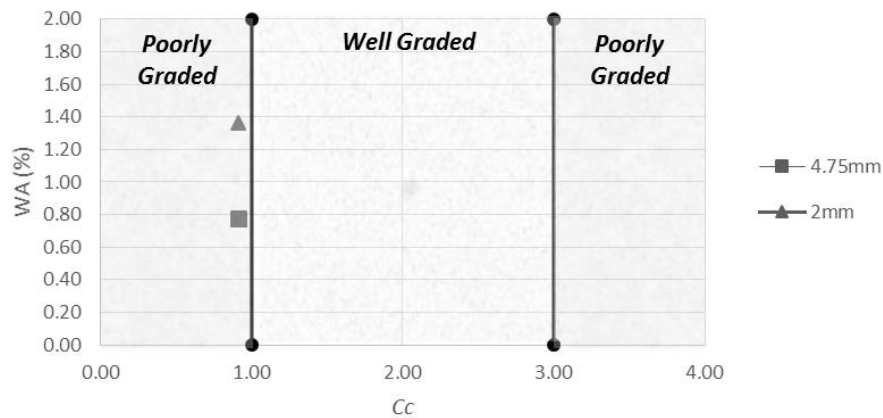
Kurva hubungan antara koefisien gradasi, C_c dan water absorption, WA untuk SU1 ($d_{max} = 2,0\text{mm}$) dan SU3 ($d_{max} = 4.75\text{mm}$) tampak pada Gambar 18 hingga Gambar 20.



Gambar 18. Kurva C_c dan WA (Test 1)



Gambar 19. Kurva C_c dan WA (Test 2)



Gambar 20. Kurva C_c dan WA (Average)

Nilai parameter-parameter yang diperoleh dari hasil uji *sieve analysis*, uji *water absorption* dan selisih nilai WA tampak pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Uji *Sieve Analysis* dan *Water Absorption*

Nomor Material Uji	Ukuran Butir Maksimum, d_{max} (mm)	Koefisien Keseragaman, C_u	Koefisien Gradasi, C_c	Jenis Gradasi	Water Absorption, WA (%)	Selisih Nilai WA terhadap Nilai WA SU1 (%)
SU1	2,0	1,6	0,91	<i>Poorly Graded</i>	1,36	-
SU3	4,75	1,6	0,91	<i>Poorly Graded</i>	0,78	42,65

Hasil kajian terhadap kurva d_{max} dan WA (Gambar 14), kurva C_u dan WA (Gambar 17), kurva C_c dan WA (Gambar 20) serta Tabel 14, menunjukkan bahwa kenaikan ukuran butir maksimum, $d_{max} = 2\text{mm}$ ke $d_{max} = 4,75\text{mm}$ untuk material *crushed limestone* Padalarang dengan jenis gradasi *poorly graded*, menyebabkan

penurunan nilai *water absorption*, WA sebesar 42,65%. Dengan kata lain bahwa semakin meningkat nilai *dmax* maka nilai WA semakin menurun.

5.2.3 Analisis Hubungan Nilai Kadar Air, *w* Tertinggi (Maksimum) dan *Water Absorption*, WA

Uji kompaksi di laboratorium untuk material *crushed limestone* Padalarang mengacu pada standar ASTM 698 dengan metoda uji *Standard Proctor*. Uji kompaksi akan menghasilkan kurva kompaksi yaitu kurva antara berat volume kering maksimum, γ_{dry} dan kadar air, *w*. Kurva kompaksi tersebut akan menghasilkan parameter kompaksi yaitu berat volume kering maksimum, $\gamma_{dry\ max}$ dan kadar air optimum, w_{opt} .

Untuk kondisi kadar air, *w* yang telah melewati kadar air optimum, w_{opt} terdapat kondisi di mana material uji tidak lagi mempunyai kemampuan untuk menyerap air, sehingga jumlah air yang ditambahkan terhadap material uji tersebut tidak secara optimal diserap oleh material uji. Nilai kadar air material uji untuk kondisi tersebut selanjutnya disebut nilai kadar air, *w* tertinggi (maksimum). Analisis hubungan antara nilai kadar air maksimum dan nilai *water absorption*, WA dilakukan untuk mengetahui kondisi batas dimana material uji masih memiliki kemampuan untuk menyerap air jika pada material uji tersebut akan diberlakukan proses kompaksi.

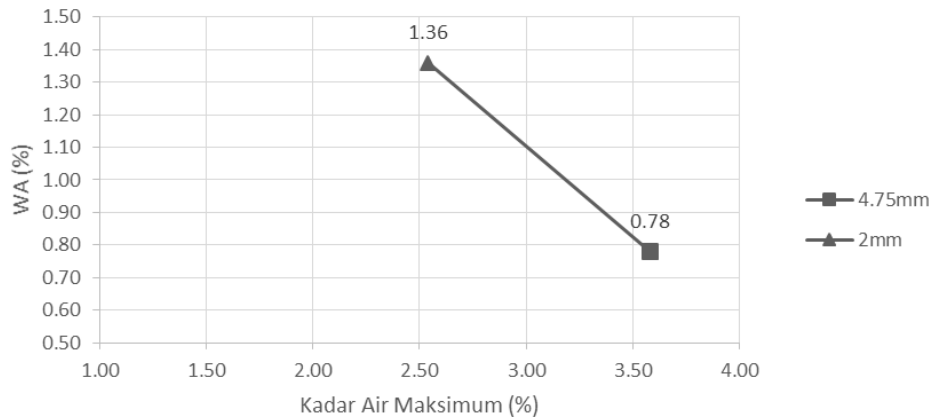
Nilai berat volume kering maksimum, $\gamma_{dry\ max}$, kadar air optimum, w_{opt} , kadar air maksimum dan *water absorption*, WA untuk material SU1 dan SU3 pada Tabel 15.

Tabel 15. Nilai $\gamma_{dry\ max}$, w_{opt} , Kadar Air Maksimum dan WA

Nomor Material Uji	Ukuran Butir Maksimum, <i>dmax</i> (mm)	Berat Volume Kering Maksimum, $\gamma_{dry\ max}$ (t/m ³)	Kadar Air Optimum, w_{opt} (%)	Water Absorption, WA (%)	Kadar Air, <i>w</i> Maksimum (%)	Selisih nilai Kadar Air Maksimum SU3 terhadap SU1 (%)
SU1	2,0	1,54*	1,21*	1,36	2,54	-
SU3	4,75	1,57 [#]	0,64 [#]	0,78	3,58	40,94

Ket. : *R. Febiferdiansa (2016), [#]J.D. Fahlevi (2015)

Kurva hubungan antara nilai kadar air maksimum dan nilai *water absorption*, WA untuk material SU1 (*dmax* = 2,0mm) dan SU3 (*dmax* = 4,75mm) tampak pada Gambar 21.



Gambar 19. Kurva Kadar Air Maksimum dan Water Absorption, WA

Hasil kajian terhadap Tabel 15 dan Gambar 21, menunjukkan bahwa kenaikan ukuran butir maksimum, $d_{max} = 2\text{mm}$ ke $d_{max} = 4,75\text{mm}$ untuk material *crushed limestone* Padalarang dengan jenis gradasi *poorly graded*, menyebabkan peningkatan nilai kadar air maksimum sebesar 40,94%. Peningkatan nilai kadar air maksimum ini akan mengakibatkan penurunan nilai *water absorption*, WA material *crushed limestone*.

6. SIMPULAN

Simpulan dari penelitian antara lain adalah :

1. Kenaikan ukuran butir maksimum, $d_{max} = 2\text{mm}$ ke $d_{max} = 4,75\text{mm}$ untuk material *crushed limestone* Padalarang dengan jenis gradasi *poorly graded*, menyebabkan penurunan nilai *water absorption*, WA sebesar 42,65%.
2. Kenaikan ukuran butir maksimum, $d_{max} = 2\text{mm}$ ke $d_{max} = 4,75\text{mm}$ untuk material *crushed limestone* Padalarang dengan jenis gradasi *poorly graded*, menyebabkan peningkatan nilai kadar air maksimum sebesar 40,94%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Artika, A.R., 2016, *Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Koefisien Permeabilitas Material Crushed Limestone*, Skripsi Strata 1 pada Program Studi Teknik Sipil, UKM Bandung
2. ASTM D 2487, 2006, *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*, American Association of State Highway and Transportation
3. Das, B.M., 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta

4. Fahlevi, J.D., 2015, *Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Parameter Kompaksi Material Crushed Limestone*, Skripsi Strata 1 pada Program Studi Teknik Sipil, UKM Bandung
5. Febiferdiansa, R, 2016, *Pengaruh Siklus Kompaksi Terhadap Parameter Kompaksi Material Crushed Limestone*, Skripsi Strata 1 pada Program Studi Teknik Sipil, UKM Bandung
6. Haryadi, 2000, *Bahan Galian Industri: Batu Kapur*, Jurnal Departemen Pertambangan Indonesia
7. Hasria, *et al.*, 2012, *Karakterisasi Sifat Fisika Batu Kapur Di Desa Labaha Kecamatan Watopute Kabupaten Muna*, Jurnal Aplikasi Fisika, Universitas Haluoleo, Vol. 8, No. 2
8. NF EN 1097-6 (European Standard), 2001, *Tests For Mechanical And Physical Properties Of Aggregates*, Afnor, French
9. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, 2005, *Ulasan Batu Kapur*
10. Roberts, *et al.*, 1996, *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design And Construction 2nd Edition*, NAPA Research and Education Foundation, Lanham, Maryland

STUDI EKSPERIMENTAL DAN ANALITIS KAPASITAS SAMBUNGAN BAJA BATANG TARIK DENGAN TIPE KEGAGALAN GESER BAUT

Noek Sulandari, Roi Milyardi, Yosafat Aji Pranata

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
Jalan Prof. drg. Suria Sumantri, MPH. No. 65 Bandung 40164

Email: noek.sulandari@eng.maranatha.edu, roi.milyardi@maranatha.edu, yosafat.ap@gmail.com

ABSTRAK

Sambungan baut pada batang tarik baja memiliki kapasitas dengan macam-macam tipe kegagalan. Kapasitas sambungan baut pada batang tarik baja dapat ditentukan melalui analisis kapasitas dan kegagalan sambungan. Pada analisis kapasitas dan kegagalan sambungan batang tarik baja, kapasitas sambungan batang tarik baja yang ditentukan dihasilkan berdasarkan banyak parameter struktur diantaranya profil dan mutu batang tarik, tebal dan mutu pelat penyambung, dan juga tebal dan mutu baut sambungan. Kapasitas sambungan batang tarik baja hasil analisis kapasitas dan kegagalan sambungan seringkali memiliki nilai yang lebih rendah dari kapasitas sambungan dalam kondisi riil. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan kapasitas sambungan batang tarik profil siku 30x30x3mm bermutu BJ-37 disambung dengan pelat mutu BJ-37 tebal 3mm dan baut penyambung diameter 8 mm dengan mutu A307 melalui studi analisis kapasitas dan kegagalan dan studi eksperimental dengan tipe kegagalan geser. Pada studi analisis kapasitas dan kegagalan sambungan batang tarik baja diperoleh kapasitas sambungan sebesar 18,9 kN dengan tipe kegagalan geser. Pada studi eksperimental dilakukan pengujian tarik sambungan baja batang tarik dengan 3 buah benda uji, didapatkan nilai rata-rata kapasitas ultimit sebesar 22,63 kN dan mengalami kegagalan geser baut pada ketiga benda uji. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah baik hasil perhitungan secara analitis dan pengujian eksperimental di laboratorium menunjukkan trend yang baik dan sama. Benda uji didesain berdasarkan perhitungan analitis untuk mengalami kegagalan geser pada baut, hasil pengujian eksperimental untuk 3 (tiga) benda uji seluruhnya menunjukkan pola kegagalan geser baut. Kekuatan nominal tarik rencana (R_n) dari hasil studi analitis dengan beban ultimit hasil studi eksperimental memiliki perbedaan sebesar 16,48 % dengan hasil eksperimental lebih tinggi. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi media pembelajaran untuk mengetahui salah satu jenis kegagalan pada sambungan batang tarik yaitu kegagalan geser baut, memperoleh gambaran perbandingan hasil perhitungan analitis yang mengacu pada standar perencanaan yang berlaku serta hasil pengujian eksperimental di laboratorium.

Kata kunci: Sambungan Batang Tarik Baja, Kegagalan Geser, Eksperimental, Analitis, Kapasitas.

ABSTRACT

The bolted connection of the tension steel rod has capacity with various types of failure. The capacity of the bolted connection on the steel rod can be determined through capacity analysis and connection failure. In the capacity analysis and failure of steel tensile connection, the specified tensile connection capacity is generated based on many structural parameters such as the cross-section and quality of the tensile rod, the thickness and quality of the connecting steel plate, and also the thickness and quality of the connection bolts. The capacity of steel tensile connections as a result of capacity analysis and connection failure often has a lower value than the connection capacity in real conditions. In this research, the comparison of 30x30x3mm angle cross-section connections with BJ-37 quality was connected with 3 mm steel plate BJ-37 using 8 mm bolt connectors with A307 quality, through capacity analysis, failure study, and experimental study with type of bolt shear failure. In the capacity analysis study and the failure of steel tensile connections obtained a nominal capacity is 18.9 kN with the type of shear failure. In the experimental study was tested 3 specimens, the average value of ultimit capacity was 22.63 kN and the failure is bolt shear for all of the three specimens. The conclusion that can be drawn from this research is both the result of analytical calculations and experimental testing in the laboratory

showed a good trend and the same. The test specimen was designed on the basis of analytical calculations for bolt shear failure, experimental test results for 3 (three) test specimens all showed a failure pattern of bolt shear. The nominal strength of the plan drag (R_n) from the results of the analytical study with the ultimate load of the experimental study results has a difference of 16.48% with higher experimental results. Through this research is expected to be a learning-media to know one type of failure on the steel connections that is bolt shear failure, obtain a comparison of analytical calculation results referring to applicable planning standards and the results of experimental testing in the laboratory.

Keywords: *Steel Tension Joint, Shear Failure, Experimental, Analytical, Capacity.*

1. PENDAHULUAN

Struktur sambungan batang tarik baja memiliki kapasitas dengan macam-macam tipe kegagalan. Kapasitas sambungan batang tarik baja dapat ditentukan melalui analisis kapasitas dan kegagalan sambungan. Pada analisis kapasitas dan kegagalan sambungan batang tarik baja, kapasitas sambungan batang tarik baja yang ditentukan dihasilkan berdasarkan banyak parameter struktur diantaranya profil dan mutu batang tarik, tebal dan mutu pelat penyambung, dan terakhir tebal dan mutu baut sambungan. Kapasitas sambungan batang tarik baja hasil analisis kapasitas dan kegagalan sambungan seringkali memiliki nilai yang lebih rendah dari kapasitas sambungan dalam kondisi riil. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan kapasitas sambungan batang tarik melalui studi analisis kapasitas dan kegagalan dan studi eksperimental dengan tipe kegagalan geser.

Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari kapasitas kekuatan sambungan aksial batang tarik baja dengan metode analitis berdasarkan prediksi kapasitas kekuatan berdasarkan literature dan pengujian ekstermental di laboratorium.

Ruang lingkup penelitian yaitu benda uji yang ditinjau adalah sambungan aksial batang tarik, metode pembebanan adalah uniaksial tarik, jumlah benda uji adalah 3 (tiga) benda uji, pengujian menggunakan *Universal Testing Machine* di Laboratorium Struktur Universitas Kristen Maranatha, dalam perhitungan analitis digunakan asumsi tegangan leleh (f_y) batang baja sebesar 240 MPa dan tegangan ultimit (f_u) batang baja sebesar 370 MPa, kegagalan yang ditinjau adalah kegagalan geser pada alat sambung mekanik baut, profil batang baja yang ditinjau adalah siku L30.30.3, baut yang digunakan adalah baut biasa diameter 8 mm mutu A307..

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Kekuatan Sambungan Batang Tarik Baja Menggunakan Baut

Analisis kekuatan sambungan batang tarik baja menggunakan baut dilakukan berdasarkan SNI 1729:2015 “Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”.

Persamaan-persamaan yang harus dipenuhi menurut metode DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan) adalah sebagai berikut:

Kekuatan batang tarik menurut batas leleh pada penampang bruto sesuai SNI 1729:2015 Bab D2 (a) ditunjukkan dengan Persamaan 1.

$$\phi R_n = \phi \times F_y \times A_g \quad (1)$$

dengan:

R_n = kuat nominal menurut batas leleh batang tarik

ϕ = faktor ketahanan kondisi batas leleh tarik, 0,90

F_y = tegangan leleh minimum material baja

A_g = luas bruto penampang batang tarik

Kekuatan batang tarik menurut batas keruntuhan pada penampang neto sesuai SNI 1729:2015 Bab D2 (b) ditunjukkan dengan Persamaan 2.

$$\phi R_n = \phi \times F_u \times A_e \quad (2)$$

dengan:

R_n = kuat nominal menurut batas keruntuhan batang tarik

ϕ = faktor ketahanan kondisi batas keruntuhan tarik, 0,75

F_u = tegangan putus minimum material baja

A_e = luas neto efektif penampang batang tarik

Luas neto efektif (A_e) dihitung mengikuti ketentuan SNI 1729:2015 Bab D3, seperti pada Persamaan (3) dan Persamaan (4).

$$A_e = U \times A_n \quad (3)$$

dengan:

U = faktor *shear lag*

A_n = luas neto penampang batang tarik

Untuk penyaluran gaya tarik pada sambungan tidak melalui semua elemen penampang, perhitungan faktor *shear lag* (U):

$$U = 1 - x/l \quad (4)$$

dengan:

x = eksentrisitas sambungan

l = panjang sambungan

Luas neto penampang batang tarik (A_n) dihitung mengikuti ketentuan SNI 1729:2015 Bab B4.3, yang dapat dituliskan seperti Persamaan (5).

$$A_n = A_g - n_{\text{baut}} \times d \times t \quad (5)$$

dengan:

- n_{baut} = jumlah lubang baut pada garis potensial keruntuhan batang tarik
- d = diameter lubang untuk perhitungan luas neto batang tarik, sesuai SNI 1729:2015 Bab B4.3 3b diambil 2mm lebih besar dari diameter nominal lubang baut. Diameter nominal lubang baut mengikuti ketentuan SNI 1729:2015 Bab J3.2 yaitu diameter baut (d_b) + 2mm untuk $d_b < 24\text{mm}$
- t = tebal pelat dimana terdapat lubang

Kekuatan geser baut pada sambungan tipe tumpu, sesuai SNI 1729:2015 Bab J3.6 ditunjukkan dengan Persamaan 6.

$$\phi R_n = \phi \times F_{nv} \times A_b \quad (6)$$

dengan:

- R_n = kuat nominal geser baut
- ϕ = faktor ketahanan kondisi batas geser baut, 0,75
- F_{nv} = tegangan geser nominal baut
- A_b = luas nominal tubuh baut tidak berulir atau bagian berulir

Kekuatan tumpu lubang baut (ϕR_n), sesuai SNI 1729:2015 Bab J3.10 (a) ditunjukkan dengan Persamaan 7.

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t \times F_u \leq 2,4 \times d_b \times t \times F_u \quad (7)$$

dengan:

- R_n = kuat nominal tumpu pada lubang baut
- ϕ = faktor ketahanan kondisi batas tumpu 0,75
- l_c = jarak bersih dalam arah gaya, antar tepi lubang baut
- t = tebal material yang disambung, digunakan yang paling tipis
- d_b = diameter baut
- F_u = tegangan putus minimum material baja

Kekuatan geser blok (ϕR_n) pada sambungan batang tarik baja, sesuai SNI 1729:2015 Bab J4.3 ditunjukkan dengan Persamaan 8.

$$R_n = 0,6 \times F_u \times A_{nv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} \leq 0,6 \times F_y \times A_{gv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} \quad (8)$$

dengan:

- R_n = kuat nominal geser blok
 ϕ = faktor ketahanan kondisi batas geser blok, 0,75
 A_{nt} = luas neto yang menahan tarik
 A_{nv} = luas neto yang menahan geser
 A_{gv} = luas bruto yang menahan geser
 U_{bs} = koefisien reduksi untuk perhitungan keruntuhan geser blok
 $U_{bs} = 1,0$ untuk tegangan tarik terdistribusi merata
 $U_{bs} = 0,5$ untuk tegangan tarik terdistribusi tidak merata
 F_u = tegangan putus minimum material baja

2.2 Pengujian Eksperimental Sambungan Batang Tarik Baja Menggunakan Baut

Pengujian eksperimental tarik sambungan batang tarik baja didasarkan pada ASTM E8/E8M – 16a Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials (ASTM, 2016) dengan kecepatan mengujian *chrosshead* sebesar 0,015 mm/mm/menit. Gambar 1 memperlihatkan *Universal Testing Machine* (UTM) yang digunakan untuk pengujian eksperimental.

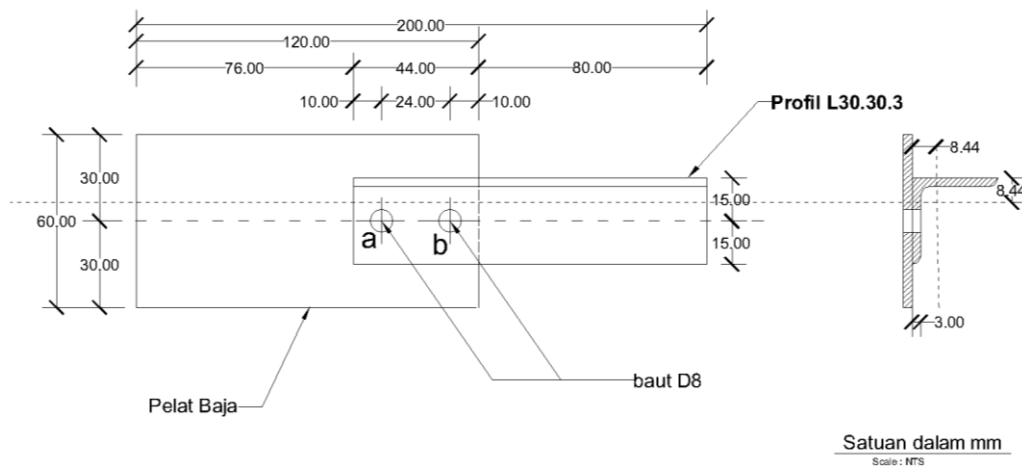


Gambar 1. Universal Testing Machine untuk pengujian tarik sambungan baja

3. STUDI KASUS

Pada penelitian ini dilakukan pengujian batang tarik baja dari profil siku sama kaki mutu BJ-37 ukuran 30x30x3mm disambung dengan pelat baja mutu BJ-37 tebal 3mm menggunakan baut mutu A307 diameter 8mm yang memiliki konfigurasi sambungan seperti Gambar 2.

Dengan konfigurasi sambungan batang tarik baja seperti terlihat pada Gambar 2, dilakukan dua model studi yaitu: studi analitis kekuatan sambungan batang tarik baja menggunakan baut menurut metode DFBK yang ditentukan SNI 1729:2015 dan studi eksperimental pengujian sambungan batang tarik baja menggunakan baut di laboratorium.



Gambar 2. Konfigurasi Sambungan Pengujian Sambungan Batang Tarik Baja

3.1 Studi Analitis Kekuatan Sambungan Batang Tarik Baja Menggunakan Baut

Data profil siku L 30.30.3, mutu BJ-37:

B	=	30 mm			
H	=	30 mm	$A_g = 1,727 \text{ cm}^2$	$F_y = 240 \text{ MPa}$	
T	=	3 mm	$C_x = C_y = 0,844 \text{ cm}$	$F_u = 370 \text{ MPa}$	

Data pelat penyambung, mutu BJ-37:

t_p	=	3 mm	$F_y = 240 \text{ MPa}$	$F_u = 370 \text{ MPa}$
-------	---	------	-------------------------	-------------------------

Data baut penyambung, mutu A307:

d_b	=	8 mm		
n_{baut}	=	2		
A_b	=	$50,27 \text{ mm}^2$	$F_{nt} = 310 \text{ MPa}$	$F_{nv} = 188 \text{ MPa}$

Kekuatan batang tarik profil siku menurut batas leleh dan batas keruntuhan dihitung menurut Persamaan 1 sampai Persamaan 5, diperoleh hasil sebagai berikut:

Kekuatan batang menurut kondisi batas leleh tarik:

$$\phi R_n = 0,90 \times F_y \times A_g$$

$$\phi R_n = 37303 \text{ N}$$

Kekuatan batang menurut kondisi batas keruntuhan tarik:

$$\phi R_n = 0,75 \times F_u \times A_e$$

$$A_n = A_g - n_{\text{baut}} \times d \times t = 172,7 - 1.(8+2+2).3 = 136,70 \text{ mm}^2$$

$$A_e = (1 - \bar{x}/l) A_n = (1 - 8,44/24) 136,70 = 88,63 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 24594 \text{ N}$$

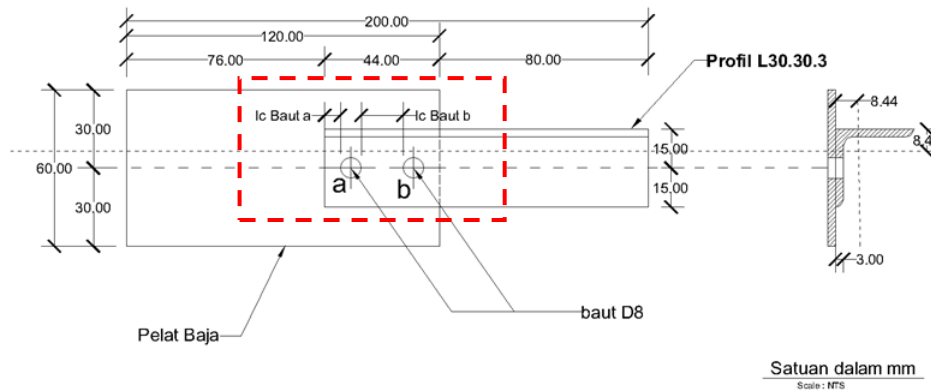
Kekuatan geser baut pada sambungan tipe tumpu dihitung menurut Persamaan 6, dengan hasil sebagai berikut:

Kekuatan geser sambungan yang menggunakan 2 buah baut:

$$\phi R_n = 0,75 \times n_{\text{baut}} \times F_{nv} \times A_b$$

$$\phi R_n = 14175 \text{ N}$$

Kekuatan tumpu lubang baut dihitung sesuai Persamaan 7. Untuk perhitungan ini perlu ditentukan jarak bersih (l_c) antar tepi lubang baut a ke tepi batang tarik yang disambung serta tepi lubang baut a dan baut b seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Penentuan jarak bersih (l_c) antar tepi lubang baut

$$t_{\text{profil}} = t_{\text{pelat}} = 3 \text{ mm} \quad l_c \text{ baut a ke tepi profil} = 4 \text{ mm}$$

$$F_u = 370 \text{ MPa} \quad l_c \text{ baut a dan baut b} = 12 \text{ mm}$$

Kekuatan tumpu lubang baut:

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t \times F_u \leq 2,4 \times d_b \times t \times F_u$$

$$\text{baut a: } 5328 \leq 21312 \rightarrow R_{na} = 5328 \text{ N}$$

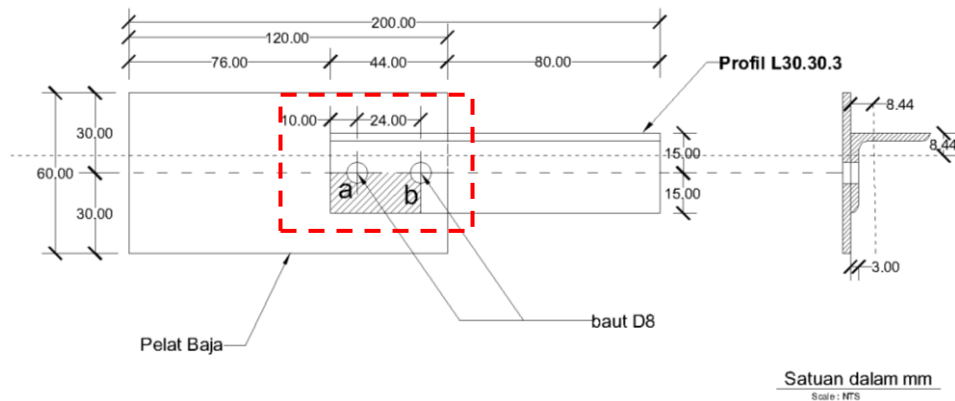
$$\text{baut b: } 15984 \leq 21312 \rightarrow R_{nb} = 15984 \text{ N}$$

$$\text{maka: } R_n = R_{na} + R_{nb}$$

$$R_n = 21312 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 15984 \text{ N}$$

Kekuatan geser blok sambungan batang tarik baja dihitung sesuai Persamaan 8. Penentuan area geser blok ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Penentuan area geser blok pada sambungan batang tarik

Kekuatan geser blok:

$$R_n = 0,6 \times F_u \times A_{nv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} \leq 0,6 \times F_y \times A_{gv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt}$$

$$A_{nv} = (10 + 24 - (3/2 \times 12)) \times 3 = 48 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = (10 + 24) \times 3 = 102 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (15 - 1/2 \times 12) \times 3 = 27 \text{ mm}^2$$

$$\text{Fraktur: } 0,6 \times F_u \times A_{nv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} = 20646 \text{ N}$$

$$\text{Leleh: } 0,6 \times F_y \times A_{gv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} = 24678 \text{ N}$$

Nilai terkecil yang menentukan, sehingga $R_n = 20646 \text{ N}$

$$\phi R_n = 15485 \text{ N}$$

Rangkuman kapasitas sambungan batang tarik baja ditunjukkan pada Tabel 1, yaitu berdasarkan perhitungan analitis kapasitas kekuatan batas leleh tarik, kekuatan keruntuhan tarik, kekuatan geser sambungan baut, kekuatan tumpu lubang baut, dan kekuatan geser blok.

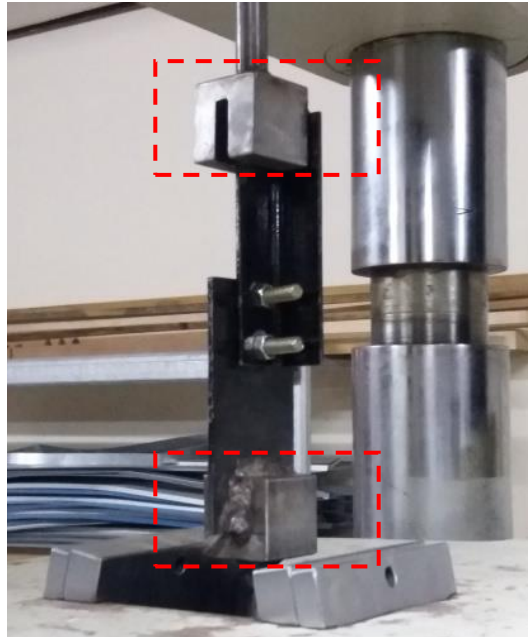
Tabel 1. Rangkuman Hasil Analisis Kapasitas Sambungan Batang Tarik Baja

Analisis	ϕR_n (kN)	R_n (kN)	Keterangan
Kekuatan batas leleh tarik	37,30	41,45	
Kekuatan batas keruntuhan tarik	24,59	32,79	
Kekuatan batas geser sambungan	14,18	18,90	menentukan
Kekuatan batas tumpu lubang baut	15,98	21,31	
Kekuatan batas geser blok	15,49	20,65	

Dari studi analitis, konfigurasi sambungan batang tarik baja pada penelitian ini seperti yang terdapat pada Gambar 1 memiliki kuat batas sebesar 18,90 kN dengan kegagalan geser pada baut yang membatasi (tanpa faktor ϕ).

3.2 Studi Eksperimental Sambungan Batang Tarik Baja

Pada studi eksperimental pengujian sambungan batang tarik baja disiapkan 3 benda uji sesuai dengan konfigurasi Gambar 1. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Pada benda uji dilas penjepit khusus dari bahan *Stainles Steel* untuk memastikan sambungan baja menerima gaya aksial secara optimal seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Penjepit Khusus Benda Uji Sambungan Batang Tarik

Sebelum pengujian tarik dimulai, ketiga benda uji dilakukan ereksi pada baut agar semua elemen sambungan batang tarik baja dapat berkerja menerima beban secara optimal. Kondisi awal ketiga benda uji sambungan batang tarik baja ditunjukkan pada Gambar 6.

Setelah benda uji siap, dilakukan pengujian tarik pada masing-masing sambungan dengan kecepatan gaya aksial tarik sebesar 5mm/menit hingga masing-masing benda uji mengalami kegagalan akibat gaya aksial tarik yang diterima. Hasil pengujian tarik pada setiap sambungan batang tarik baja ditunjukkan pada Gambar 7.



(a) Benda Uji 1 (b) Benda Uji 2 (c) Benda Uji 3

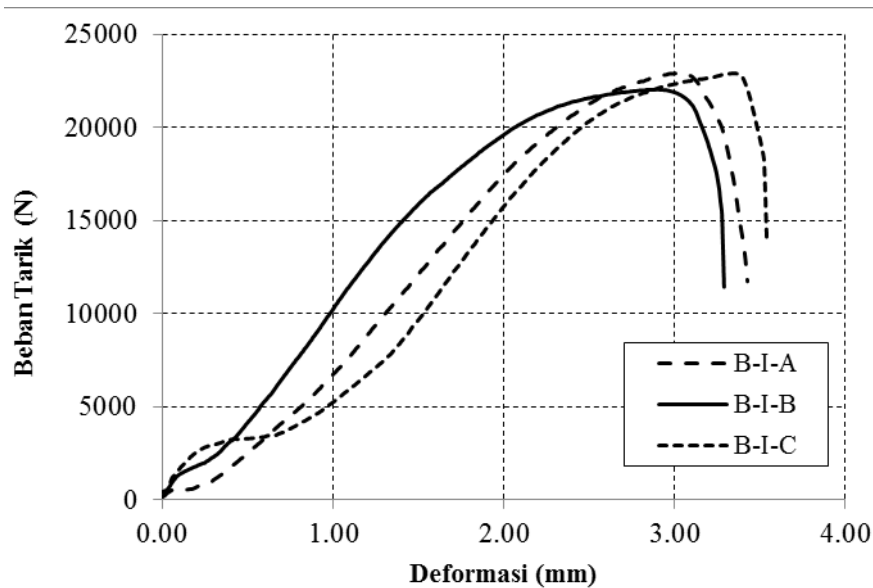
Gambar 6. Kondisi Awal Benda Uji Sambungan Batang Tarik Baja



(a) Benda Uji 1 (b) Benda Uji 2 (c) Benda Uji 3

Gambar 7. Hasil Pengujian Tarik Benda Uji Sambungan Batang Tarik Baja

Pada Gambar 7, ketiga benda uji mengalami kegagalan geser pada baut sesuai dengan prediksi hasil studi analitis. Hasil pengujian tarik menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM), didapatkan kurva beban terhadap deformasi (kurva P- D). Dari kurva P- D diperoleh nilai beban batas proporsional (P_y) dan nilai beban ultimit (P_u) benda uji sambungan batang tarik baja yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan Tabel 2.



Gambar 8. Kurva P-D Benda Uji Sambungan Batang Tarik Baja

Tabel 2. Beban Batas Proporsional (P_y) dan Beban Ultimit (P_u) Benda Uji Sambungan Batang Tarik Baja

Benda Uji	P_y (N)	D_y (mm)	P_u (N)	D_u (mm)
B-I-A	19593,68	2,25	22928,38	3,03
B-I-B	19070,76	1,92	22047,70	2,91
B-I-C	20019,27	2,46	22910,28	3,30
Rata-rata	19561,24	2,21	22628,79	3,08

Dari Tabel 2 diperoleh nilai rata-rata dari ketiga benda uji sambungan batang tarik baja. Untuk beban batas proporsional (P_y) sebesar 19561,24 N dan untuk beban ultimit (P_u) sebesar 22628,79 N.

Kuat batas desain (R_n) dari hasil studi analitis sebesar 18,90 kN atau 18900 N (tanpa faktor ϕ). Jika dibandingkan dengan nilai beban ultimit dari hasil studi eksperimental (P_u) rata-rata dari 3 (tiga) benda uji adalah sebesar 22628,79 N berarti hasil studi eksperimental memiliki nilai 16,48 % lebih besar.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi analitis dan studi eksperimental sambungan batang tarik baja dengan konfigurasi sambungan seperti pada Gambar 2 menghasilkan kesimpulan yang sama untuk kondisi batas sambungan batang tarik yaitu kegagalan geser pada baut. Benda uji didesain berdasarkan perhitungan analitis untuk mengalami

kegagalan geser pada baut, hasil pengujian eksperimental untuk 3 (tiga) benda uji seluruhnya menunjukkan pola kegagalan geser baut.

2. Kekuatan nominal tarik rencana (R_n) dari hasil studi analitis dengan beban ultimit hasil studi eksperimental memiliki perbedaan sebesar 16,48 % dengan hasil eksperimental lebih tinggi.
3. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi media pembelajaran untuk mengetahui salah satu jenis kegagalan pada sambungan batang tarik yaitu kegagalan geser baut, memperoleh gambaran perbandingan hasil perhitungan analitis yang mengacu pada standar perencanaan yang berlaku serta hasil pengujian eksperimental di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Society for Testing and Material (2016), *ASTM E8/E8M–16a Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*, American Society for Testing and Material.
2. Dewobroto, W., (2016), *STRUKTUR BAJA Perilaku, Analisis & Desain-AISC 2010 Edisi ke-2*, Penerbit Jurusan Teknik Sipil UPH, Tangerang.
3. Badan Standardisasi Nasional, (2015), *SNI 1729:2015 “Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

PEDOMAN PENULISAN JURNAL TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

1. Jurnal Teknik Sipil UKM merupakan jurnal ilmiah, hasil penelitian, atau studi literatur disertai analisis ilmiah dalam bidang teknik sipil.
2. Tulisan harus asli dan belum pernah dipublikasikan sebelumnya, dikirim dengan mencantumkan kelompok bidang keahlian dalam teknik sipil.
3. Apabila pernah dipresentasikan dalam seminar, agar diberi keterangan lengkap.
4. Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang benar, singkat, jelas dilengkapi dengan abstrak dan kata kunci dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.
5. Naskah ditulis pada kertas A4, menggunakan Microsoft® Word dengan ketentuan sebagai berikut :
 - a. Judul ditulis dengan huruf kapital, **TIMES NEW ROMAN**, ukuran 13, huruf tebal.
 - b. Abstrak ditulis dengan huruf biasa, Times New Roman, ukuran 10, spasi 1, demikian juga dengan kata kunci.
 - c. Isi naskah ditulis dengan huruf biasa, Times New Roman, ukuran 11, spasi 1.5.
 - d. Jumlah halaman beserta lampiran minimal 20 halaman, maksimal 30 halaman.
 - e. Jumlah halaman untuk lampiran maksimal 20% dari jumlah halaman total.
 - f. Nama penulis ditulis tanpa pencantuman gelar akademik.
 - g. Penulisan sub bab disertai nomor, contoh :
 - 1. HURUF KAPITAL**
 - 1.1 Huruf Biasa**
 - h. Gambar diberi nomor dan keterangan gambar ditulis dibawah gambar.
 - i. Tabel diberi nomor dan keterangan tabel ditulis diatas tabel.
 - j. Daftar pustaka ditulis dengan format sebagai berikut :
 1. Timoshenko, S.P, Young, D.H., (1995). *Theory of Structures*, McGraw Hill Book Co, New York.
 - k. Kata-kata asing (jika naskah ditulis dalam bahasa Indonesia) dicetak *miring*.
6. Menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :
 - a. Judul Naskah.
 - b. Nama penulis utama, penulis pembantu.
 - c. Abstrak dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.
 - d. Kata kunci.
 - e. Pendahuluan (berisi latar belakang, tujuan, ruang lingkup, dan metodologi).
 - f. Isi (tinjauan pustaka).
 - g. Studi Kasus (data, studi kasus, dan pembahasan)
 - h. Penutup (kesimpulan, saran, dan daftar pustaka).
7. Naskah dikirim dalam bentuk *file* via E-mail.
8. Naskah yang masuk redaksi akan ditinjau oleh penelaah ahli dalam bidangnya sebelum diterbitkan.
9. Jurnal terbit 2x dalam setahun pada bulan April dan Oktober.