

# PENGARUH PENAMBAHAN PERSENTASE DEBU BATU TERHADAP KOEFISIEN PERMEABILITAS MATERIAL *CRUSHED LIMESTONE*

MUHAMMAD MIRZA AMINUDDIN  
NRP: 0921008

Pembimbing: Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.

## ABSTRAK

*Limestone* dikenal sebagai batu kapur atau batu gamping yang dapat digunakan sebagai material alternatif untuk konstruksi timbunan jalan raya, lapangan terbang, bangunan penahan air, tanggul, bendungan, dan lainnya. Dalam penggunaan sebagai material konstruksi bangunan air, parameter permeabilitas menjadi faktor yang sangat penting.

Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh penambahan debu batu terhadap parameter permeabilitas material *crushed limestone*. Material yang digunakan untuk sampel uji adalah *crushed limestone well graded* dan *poorly graded* yang berasal dari daerah Sukabumi, Jawa Barat. Tata cara pengujian permeabilitas di laboratorium mengacu pada ketentuan standar ASTM D 2434–68 dengan metode pengujian *constant head*. Nilai angka pori yang direncanakan adalah 0,7 pada seluruh pengujian dengan asumsi tinggi sampel uji ( $L_r$ ) 8cm. Tinggi *head* yang digunakan pada pengujian permeabilitas adalah 70cm, 60cm dan 50cm. Waktu pengujian pada sampel uji *well graded* selama 300 detik dan pada sampel uji *poorly graded* selama 120 detik.

Dari hasil penelitian diperoleh nilai koefisien gradasi ( $C_c$ ) sebesar 1,44 dan nilai koefisien keseragaman ( $C_u$ ) sebesar 8 untuk sampel uji *well graded*, nilai ( $C_c$ ) sebesar 0,84 dan nilai ( $C_u$ ) sebesar 2,46 untuk sampel uji *poorly graded*. Nilai koefisien permeabilitas ( $k$ ) pada sampel uji *well graded* sebesar  $4,443 \times 10^{-3}$  cm/detik dengan nilai angka pori ( $e$ ) 0,604. Nilai  $k$  pada sampel uji *poorly graded* sebesar  $1,162 \times 10^{-2}$  cm/detik dengan  $e$  sebesar 0,722. Nilai  $k$  pada sampel uji *poorly graded* dengan penambahan 5% debu batu sebesar  $9,025 \times 10^{-3}$  cm/detik dengan  $e$  sebesar 0,634. Nilai  $k$  pada sampel uji *poorly graded* dengan penambahan 10% debu batu sebesar  $2,207 \times 10^{-3}$  cm/detik dengan  $e$  sebesar 0,557. Penambahan persentase debu batu pada sampel uji *poorly graded* sangat berpengaruh terhadap penurunan nilai parameter permeabilitas namun tidak berpengaruh terhadap perubahan gradasi material.

**Kata kunci:** *limestone*, *crushed limestone*, permeabilitas, *constant head*, koefisien permeabilitas, angka pori, koefisien keseragaman, koefisien gradasi.

# ***INFLUENCE OF STONE DUST PERCENTAGE ADDITION TOWARDS THE COEFFICIENT OF PERMEABILITY ON CRUSHED LIMESTONE MATERIALS***

**MUHAMMAD MIRZA AMINUDDIN  
NRP: 0921008**

***Supervisor: Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.***

## **ABSTRACT**

*Limestone commonly known as chalkstone or parget that could be used as an alternative materials for construction such as highway embankment, airport runway, seabank, embankment, dam, and others. In use as waterworks construction material, the permeability parameters are the most important factor.*

*The research objective is to analyze the influence of stone dust addition towards permeability parameter on crushed limestone material. The material that used for a test sample are both well and poorly graded crushed limestone that comes from Sukabumi, West Java. Laboratory test procedures are according to standard provision of ASTM D 2434-68 with constant head methods. Assumed void ratio value are 0,7 on entire test with 8cm assumed sample height ( $L_r$ ). Head heights that used on permeability test are 70cm, 60cm and 50cm. Testing time on well graded test sample is 300 second and 120 second on poorly graded test sample.*

*The result of researches are obtained as gradation coefficient ( $C_c$ ) value of 1,44 and uniformity value ( $C_u$ ) of 8 for well graded material, and  $C_c$  value of 0,84 and  $C_u$  of 2,46 for poorly graded material. Coefficient permeability ( $k$ ) value for well graded sample is  $4,443 \times 10^{-3}$  cm/sec with 0,604 void ratio. Value of  $k$  on poorly graded sample is  $1,162 \times 10^{-2}$  /sec with 0,722 void ratio. Value of  $k$  on poorly graded sample with 5% stone dust addition is  $9,025 \times 10^{-3}$  cm/sec with 0,634 void ratio. Value of  $k$  on poorly graded sample with 10% stone dust addition is  $2,207 \times 10^{-3}$  cm/sec with 0,557 void ratio. Stone dust percentage addition on poorly graded test sample are very influential for lowering the value of permeability parameters but not so influential for alteration on material gradation.*

**Keywords:** *limestone, crushed limestone, permeability, constant head test, coefficient of permeability, void ratio, uniformity coefficient, gradation coefficient.*

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN .....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN .....	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR .....	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK .....	x
ABSTRACT .....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	1
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II STUDI LITERATUR</b>	
2.1 <i>Limestone</i> .....	4
2.1.1 Komposisi <i>Limestone</i> .....	4
2.1.2 Jenis <i>Limestone</i> .....	4
2.1.3 Kegunaan <i>Limestone</i> .....	6
2.2 <i>Spesific Gravity</i> .....	8
2.3 Distribusi Ukuran Butir .....	8
2.3.1 Tanah Berbutir Halus.....	8
2.3.2 Tanah Berbutir Kasar.....	9
2.4 Permeabilitas .....	11
2.4.1 Hukum Darcy.....	12
2.4.2 Koefisien Permeabilitas .....	12
2.4.3 Pengujian Permeabilitas Metode <i>Constant Head</i> .....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	16
3.2 Persiapan Material.....	17
3.3 Persiapan Material <i>Limestone</i> Sebagai Sampel Uji.....	18
3.3.1 Persiapan Sampel Uji <i>Well Graded (SU<sub>1</sub>)</i> .....	23
3.3.2 Persiapan Sampel Uji <i>Poorly Graded (SU<sub>2</sub>)</i> .....	25
3.4 Persiapan Alat .....	27
3.5 Pengujian <i>Spesific Gravity</i> .....	28
3.6 Pengujian Permeabilitas .....	32

## **BAB IV ANALISIS DATA**

4.1	Desain Gradasi Material Sampel Uji.....	38
4.1.1	Desain Distribusi Ukuran Butir Sampel Uji <i>Well Graded</i> .....	39
4.1.2	Desain Distribusi Ukuran Butir Sampel Uji <i>Poorly Graded</i> .....	40
4.2	Indeks Properti .....	42
4.3	Hasil Uji Permeabilitas Material <i>Crushed Limestone</i> .....	43
4.3.1	Hasil Uji Permeabilitas Sampel Uji <i>Well Graded</i> ( $SU_1$ ).....	43
4.3.1.1	Hasil Uji Permeabilitas $SU_1$ -Test1 .....	43
4.3.1.2	Hasil Uji Permeabilitas $SU_1$ -Test2.....	45
4.3.2	Hasil Uji Permeabilitas Sampel Uji <i>Poorly Graded</i> ( $SU_2$ ) .....	48
4.3.2.1	Hasil Uji Permeabilitas $SU_2$ -Test1 .....	49
4.3.2.2	Hasil Uji Permeabilitas $SU_2$ -Test2.....	51
4.3.3	Hasil Uji Permeabilitas Sampel Uji <i>Poorly Graded</i> ( $SU_2$ ) Dengan Penambahan 5% Debu Batu .....	53
4.3.3.1	Hasil Uji Permeabilitas $SU_2+5\%$ Debu Batu-Test1.....	54
4.3.3.2	Hasil Uji Permeabilitas $SU_2+5\%$ Debu Batu -Test2.....	56
4.3.4	Hasil Uji Permeabilitas Sampel Uji <i>Poorly Graded</i> ( $SU_2$ ) Dengan Penambahan 10% Debu Batu .....	59
4.3.4.1	Hasil Uji Permeabilitas $SU_2+10\%$ Debu Batu -Test1.....	59
4.3.4.2	Hasil Uji Permeabilitas $SU_2+10\%$ Debu Batu -Test2.....	61
4.3.5	Evaluasi Kurva Hubungan Koefisien Permeabilitas Dengan Angka Pori dan Kurva Hubungan Persentase Penambahan Debu Batu Dengan Koefisien Permeabilitas .....	64
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Simpulan.....	69
5.2	Saran.....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		71
<b>LAMPIRAN</b> .....		73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Limestone</i> .....	4
Gambar 2.2	Kurva Distribusi Ukuran Butir .....	10
Gambar 3.1	Diagram Alir.....	16
Gambar 3.2	Peledakan Material di <i>Quarry</i> .....	17
Gambar 3.3	Pengangkutan Material <i>Limestone</i> .....	17
Gambar 3.4	Tempat Pengumpulan Material <i>Limestone</i> .....	18
Gambar 3.5	Material <i>Limestone</i> dari <i>Quarry</i> (Cibadak, Sukabumi).....	18
Gambar 3.6	Peralatan Dan Bahan Pengujian <i>Specific Gravity</i> .....	28
Gambar 3.7	Peralatan Pengujian Permeabilitas .....	32
Gambar 3.8	Diagram Alir Menentukan Angka Pori .....	34
Gambar 4.1	Material <i>Limestone</i> .....	38
Gambar 4.2	Ukuran Butir Sampel Uji Permeabilitas .....	39
Gambar 4.3	Kurva Distribusi Ukuran Butir <i>Well Graded</i> .....	39
Gambar 4.4	Kurva Distribusi Ukuran Butir <i>Poorly Graded</i> .....	41
Gambar 4.5	Kurva Aliran Konstan $SU_1$ - <i>Test 1</i> .....	44
Gambar 4.6	Kurva Aliran Konstan $SU_1$ - <i>Test 2</i> .....	46
Gambar 4.7	Hubungan Koefisien Permeabilitas Dengan Angka Pori Sampel Uji $SU_1$ .....	48
Gambar 4.8	Kurva Aliran Konstan $SU_2$ - <i>Test 1</i> .....	49
Gambar 4.9	Kurva Aliran Konstan $SU_2$ - <i>Test 2</i> .....	51
Gambar 4.10	Hubungan Koefisien Permeabilitas Dengan Angka Pori Sampel Uji $SU_2$ .....	53
Gambar 4.11	Kurva Aliran Konstan $SU_{2+5\%}$ Debu Batu- <i>Test 1</i> .....	54
Gambar 4.12	Kurva Aliran Konstan $SU_{2+5\%}$ Debu Batu- <i>Test 2</i> .....	56
Gambar 4.13	Hubungan Koefisien Permeabilitas Dengan Angka Pori Sampel Uji $SU_{2+5\%}$ Debu Batu.....	58
Gambar 4.14	Kurva Aliran Konstan $SU_{2+10\%}$ Debu Batu- <i>Test 1</i> .....	59
Gambar 4.15	Kurva Aliran Konstan $SU_{2+10\%}$ Debu Batu- <i>Test 2</i> .....	61
Gambar 4.16	Hubungan Koefisien Permeabilitas Dengan Angka Pori Sampel Uji $SU_{2+10\%}$ Debu Batu.....	63
Gambar 4.17	Kurva Hubungan Koefisien Permeabilitas Dengan Angka Pori Pada Seluruh Sampel Uji.....	64
Gambar 4.18	Hubungan Persentase Penambahan Debu Batu Dengan Koefisien Permeabilitas.....	64
Gambar 4.19	Kurva Distribusi Ukuran Butir <i>Poorly Graded</i> + 5% Debu Batu.....	66
Gambar 4.20	Kurva Distribusi Ukuran Butir <i>Poorly Graded</i> + 10% Debu Batu.....	67
Gambar 4.21	Kurva Gabungan Distribusi Ukuran Butir <i>Poorly Graded</i> .....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Saringan Standar Amerika .....	9
Tabel 2.2	Nilai Umum dari Koefisien Permeabilitas .....	13
Tabel 2.3	Nilai Permeabilitas Tanah pada Temperatur 20 <sup>0</sup> C .....	15
Tabel 3.1	Langkah-langkah Persiapan Material Sampel Uji .....	18
Tabel 3.2	Langkah-langkah Persiapan Material Sampel Uji <i>Well Graded</i> .....	23
Tabel 3.3	Langkah-langkah Persiapan Material Sampel Uji <i>Poorly Graded</i> ..	25
Tabel 3.4	Langkah-langkah Pengujian <i>Spesific Gravity</i> .....	29
Tabel 3.5	Persiapan Sampel Uji Permeabilitas .....	33
Tabel 3.6	Pengujian Permeabilitas <i>Constant Head</i> .....	34
Tabel 4.1	Persentase Ukuran Butir Sampel Uji <i>Well Graded</i> .....	40
Tabel 4.2	Nilai <i>Cu, Cc, D<sub>10</sub>, D<sub>30</sub>, dan D<sub>60</sub></i> .....	40
Tabel 4.3	Persentase Ukuran Butir Sampel Uji <i>Poorly Graded</i> .....	41
Tabel 4.4	Nilai <i>Cu, Cc, D<sub>10</sub>, D<sub>30</sub>, dan D<sub>60</sub></i> .....	41
Tabel 4.5	Indeks Properti .....	42
Tabel 4.6	<i>Average Specific Gravity of Various Rock Types</i> .....	42
Tabel 4.7	Perhitungan Aliran Konstan <i>SU<sub>1</sub>-Test 1</i> .....	44
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Permeabilitas <i>SU<sub>1</sub>-Test 1</i> .....	45
Tabel 4.9	Perhitungan Aliran Konstan <i>SU<sub>1</sub>-Test 2</i> .....	46
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Permeabilitas <i>SU<sub>1</sub>-Test 2</i> .....	47
Tabel 4.11	Parameter Permeabilitas Sampel Uji <i>SU<sub>1</sub></i> .....	48
Tabel 4.12	Perhitungan Aliran Konstan <i>SU<sub>2</sub>-Test 1</i> .....	49
Tabel 4.13	Hasil Pengujian Permeabilitas <i>SU<sub>2</sub>-Test 1</i> .....	50
Tabel 4.14	Perhitungan Aliran Konstan <i>SU<sub>2</sub>-Test 2</i> .....	51
Tabel 4.15	Hasil Pengujian Permeabilitas <i>SU<sub>2</sub>-Test 2</i> .....	52
Tabel 4.16	Parameter Permeabilitas Sampel Uji <i>SU<sub>2</sub></i> .....	53
Tabel 4.17	Perhitungan Aliran Konstan <i>SU<sub>2</sub>+5% Debu Batu-Test 1</i> .....	54
Tabel 4.18	Hasil Pengujian Permeabilitas <i>SU<sub>2</sub>+5% Debu Batu-Test 1</i> .....	55
Tabel 4.19	Perhitungan Aliran Konstan <i>SU<sub>2</sub>+5% Debu Batu-Test 2</i> .....	56
Tabel 4.20	Hasil Pengujian Permeabilitas <i>SU<sub>2</sub>+5% Debu Batu-Test 2</i> .....	57
Tabel 4.21	Parameter Permeabilitas Sampel Uji <i>SU<sub>2</sub>+5% Debu Batu</i> .....	58
Tabel 4.22	Perhitungan Aliran Konstan <i>SU<sub>2</sub>+10% Debu Batu-Test 1</i> .....	59
Tabel 4.23	Hasil Pengujian Permeabilitas <i>SU<sub>2</sub>+10% Debu Batu-Test 1</i> .....	60
Tabel 4.24	Perhitungan Aliran Konstan <i>SU<sub>2</sub>+10% Debu Batu-Test 2</i> .....	61
Tabel 4.25	Hasil Pengujian Permeabilitas <i>SU<sub>2</sub>+10% Debu Batu-Test 2</i> .....	62
Tabel 4.26	Parameter Permeabilitas Sampel Uji <i>SU<sub>2</sub>+10% Debu Batu</i> .....	63
Tabel 4.27	Persentase Ukuran Butir Sampel Uji <i>SU<sub>2</sub>+5% Debu Batu</i> .....	65
Tabel 4.28	Nilai <i>Cu, Cc, D<sub>10</sub>, D<sub>30</sub>, dan D<sub>60</sub></i> .....	66
Tabel 4.29	Persentase Ukuran Butir Sampel Uji <i>SU<sub>2</sub>+10% Debu Batu</i> .....	67
Tabel 4.30	Nilai <i>Cu, Cc, D<sub>10</sub>, D<sub>30</sub>, dan D<sub>60</sub></i> .....	68

## DAFTAR NOTASI

A	Luas Penampang Silinder ( $\text{cm}^2$ )
$C_c$	Koefisien Gradasi ( <i>coefficient of gradation</i> )
$C_u$	Koefisien Keseragaman ( <i>coefficient of uniformity</i> )
D	Diameter Silinder (cm)
$D_{10}$	10% berat butiran total berdiameter lebih halus
$D_{30}$	30% berat butiran total berdiameter lebih halus
$D_{60}$	60% berat butiran total berdiameter lebih halus
e	Angka Pori
$e_r$	Angka Pori Rencana
$G_s$	<i>Specific Gravity</i>
h	Tinggi <i>Head</i> (cm)
i	Koefisien Hidrolik
k	Koefisien Permeabilitas (cm/detik)
$k_T$	Koefisien Permeabilitas Pada Temperatur Saat Percobaan
$k_{20^\circ\text{C}}$	Koefisien Permeabilitas Pada Temperatur Standar
L	Panjang Sampel (cm)
$L_r$	Panjang Sampel Rencana (cm)
Q	<i>Discharge</i> ( $\text{cm}^3$ )
$Q_{\text{ave}}$	<i>Discharge</i> Rata-rata ( $\text{cm}^3$ )
SU	Sampel Uji
t	Waktu (detik)
T	Temperatur ( $^\circ\text{C}$ )
V	Volume Sampel Tanah ( $\text{cm}^3$ )
$V_r$	Volume Rencana ( $\text{cm}^3$ )
w	Kadar Air (%)
$W_s$	Berat Sampel Tanah (gr)
$Z_1$	Tinggi Silinder (cm)
$Z_2$	Tebal Batu Pori (cm)
$Z_3$	Tinggi Sisa (cm)
$\gamma$	Berat volume
$\gamma_w$	Berat volume air ( $1\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\eta_T$	Kekentalan Air Pada Temperatur Saat Percobaan
$\eta_{20^\circ\text{C}}$	Kekentalan Air Pada Temperatur $20^\circ\text{C}$

## DAFTAR LAMPIRAN

L.1	Hasil Uji <i>Initial Water Content</i> .....	73
L.2	Hasil Uji <i>Specific Gravity Poorly Graded</i> .....	74
L.3	Contoh Perhitungan Manual .....	75
L.4	<i>Viscosity of Water (Millipoises)</i> .....	77

