

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengantar

Tinjauan pustaka dihadirkan sebagai tahap awal penelitian sebelum melakukan pengujian lebih lanjut di laboratorium. Data-data ditampilkan sebagai bahan perbandingan dalam menganalisis hasil percobaan dan teori-teori pengujian dari literatur akan dipaparkan sebagai dasar untuk proses adopsi dan modifikasi metode pengujian dan sebagai bahan perbandingan pada tahap analisa hasil percobaan.

Pada bagian pertama bab ini akan diberikan informasi mengenai karakteristik sampah perkotaan, baik sampah perkotaan Indonesia maupun pembandingnya yaitu tipe Amerika Serikat. Karakteristik sampah perkotaan yang dimaksud meliputi komposisi, dan kompresibilitas sampah perkotaan.

Pada bagian selanjutnya akan dibahas mengenai metode pengujian kompresibilitas pada tanah lempung, yang akan menjadi acuan dalam melakukan pengujian kompresibilitas sampah perkotaan di laboratorium. Tinjauan terhadap penelitian yang pernah dilakukan dibahas pada bagian ketiga. Pada bagian akhir diketengahkan rangkuman bab ini.

2.2 Perbandingan Sampah Perkotaan di Indonesia dengan Amerika Serikat

2.2.1 Perbandingan Komposisi Sampah Perkotaan di Indonesia dan Amerika Serikat

Sampah perkotaan merupakan sisa atau buangan dari aktivitas yang dilakukan oleh komunitas masyarakat perkotaan. Sampah perkotaan ini antara lain bersumber dari rumah tangga, pasar, industri, fasilitas perdagangan, fasilitas intitusional, jalan dan sebagainya.

Komposisi sampah perkotaan digunakan untuk mendeskripsikan komponen-komponen individual yang membentuk keseluruhan timbulan sampah perkotaan serta distribusi penyebarannya di suatu wilayah tertentu, dapat dinyatakan dalam persentase berat maupun persentase volume. Komponen-komponen sampah dapat terdiri dari :

- Organik : daun-daunan, buah-buahan, sayuran, sisa makanan.
- Kertas : kertas koran, majalah, buku, kemasan, karton, kardus.
- Kain : pakaian, kapas, perca.
- Karet : ban kendaraan, peralatan karet.
- Kayu : alat rumah tangga, dahan pohon, serbuk gergaji.
- Plastik : plastik film, ember, botol, pembungkus, tas plastik
- Kaca : botol beling, kaca cermin.
- Logam : besi, timah, alumunium, kaleng.

Komposisi sampah perkotaan pada tiap-tiap wilayah di dunia tidak sama, karena pengaruh kondisi geografis, perundang-undangan, tingkat pendapatan dan gaya hidup masyarakat. Pada tabel berikut digambarkan pengaruh pendapatan per kapita penduduk suatu negara terhadap komponen dalam sampah perkotaan.

Tabel 2.1 Distribusi komponen dalam sampah perkotaan pada suatu negara dengan tingkat pendapatan tertentu ¹

Komponen	Persentase limbah padat (berdasarkan pendapatan per kapita penduduk)		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Sisa makanan	40-85	20-65	6-30
Kertas	1-10	8-30	20-45
Karton	1-5	2-6	5-15
Plastik	1-5	2-10	2-8
Tekstil	1-5	1-4	2-6
Karet	1-5	1-10	0-2
Kulit	-	-	0-2
Sampah pekarangan	1-10	1-10	10-20
Kayu	1-5	1-5	1-4
Bahan organik lain	1-40	1-30	-
Kaca	1-10	1-10	4-12
Kaleng timah			2-8
Alumunium	1-5	1-5	0-1
Logam lain			1-4
Debu, abu, dsb.	1-40	1-30	0-10

¹ Tchobanoglous, 1993

Indonesia memiliki komposisi material sampah perkotaan yang berbeda. Perbedaan komposisi ini disajikan dalam tabel 2.2. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa komposisi sampah perkotaan di Indonesia sebagian besar berupa material organik, sedangkan komposisi sampah perkotaan di Amerika Serikat didominasi oleh material non-organik.

Tabel 2.2 Perbandingan Komposisi Sampah Perkotaan di Indonesia dan AS ²

Nama Kota	Persentase Berat Kering (%)									
	Organik	Kertas	Kaca	Plastik	Logam	Kayu	Kain	Karet	Baterai	lainnya
Indonesia										
Surabaya	94.00	1.00	2.00	2.00						1.00
Medan	70.70	1.45	2.15	10.90	4.50	2.50	0.50	0.90		6.40
Bandung	63.56	10.42	1.45	5.64	0.95		1.76	4.12		12.10
Jakarta Barat	73.92	10.18	1.75	7.86	2.04	0.98	1.57	0.55	0.29	0.86
Jakarta Selatan	73.99	8.28	1.77	5.44	2.08	3.77	3.16	0.56		0.95
Jakarta Pusat	73.52	11.05	1.54	7.91	2.12	1.18	1.59	0.21		0.88
Jakarta Timur	73.99	8.28	1.77	5.44	2.08	3.77	3.16			0.95
Cianjur	79.11	3.84	1.34	8.25	0.38	0.17	1.44			5.47
Cirebon	74.01	5.32	0.59	6.24	1.52		1.43	0.19		10.59
Bogor	81.60	5.44	1.78	6.00	1.57		1.78	0.86		1.47
Depok	71.60	7.60	2.60	5.90	2.20	2.20	1.50	2.40		4.60
Manado	83.50	5.50		3.50	1.50					5.50
Yogyakarta	84.58	6.43	0.48	62.83	0.45		12.91			0.49
Samarinda	55.00	10.00	2.50	15.00	5.50					12.00
Makasar	85.60	4.50	0.30	6.00	2.30	0.15		1.10		0.05
Balikpapan	76.00	8.00	2.00	6.00	2.00					6.00
Solo	62.50	14.75	0.05	18.65	2.10					1.95
Amerika Serikat										
California	24.10	41.00	5.80	10.70	7.90	5.00	2.40	2.50		0.50
Kota lain (umumnya)	27.50	40.00	8.00	7.00	9.50	2.00	2.00	1.00		3.00

5

² Dinas PU, 2003 dan Tchobanoglous, 1993

2.2.2 Berat jenis (*unit weight*) sampah perkotaan

Berat jenis sampah perkotaan merupakan ukuran berat sampah per satuan volume. Berat unit sampah perkotaan dipengaruhi komposisi material³ dan kadar airnya⁴. Berat unit dari sampah perkotaan pada beberapa kondisi dan perlakuan disajikan dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Berat unit dari sampah perkotaan⁵

Kondisi Sampah Perkotaan	Berat Unit (kN/m ³)
Terpadatkan dengan pemadatan menengah hingga berat	4.7-6.3
Terpadatkan dengan pemadatan berat hingga pemadatan sempurna	8.6-9.4
Terbungkus karung	8.6-14.1
Pada TPA aktif dengan kubangan air sampah (<i>leachate</i>)	6.6
Pada TPA pasca penutupan	9.7
Berdasarkan pengujian dengan penggalian lahan TPA	8.9-16.2
Setelah degradasi dan pemadatan (<i>settlement</i>)	9.9-11.0
Setelah proses pembakaran	7.2-16.6
Didominasi Serpihan kayu (kering)	2.3
Didominasi Serpihan kayu (dengan kadar air 64%)	3.8
Kompos dari dedaunan	2.6

2.2.3 Ukuran Partikel Sampah Perkotaan dan Persebarannya

Perihal ukuran partikel dan distribusi sampah perkotaan merupakan pertimbangan penting dalam penanganan sampah. Ukuran partikel yang lebih kecil meningkatkan luas permukaan bidang kontak komponen-komponen sampah. Keadaan ini mengakibatkan semakin tingginya laju penyerapan air oleh komponen-komponen tersebut dan meningkatkan unit weight sampah tersebut. Peningkatan unit weight akan mempengaruhi kompresibilitas sampah perkotaan.

⁶ _____

³ Oweis dan Khera, 1990 dalam jurnal *Stability of Landfills* oleh Issa S.Oweis

⁴ Isenberg, 2003

⁵ NSWMA, 1985 dalam jurnal *Stability of Landfills* oleh Issa S.Oweis

Semakin luasnya bidang kontak juga memperluas bidang kontak antara sampah dengan dekomposer. Akibatnya laju dekomposisi sampah meningkat. Peristiwa dekomposisi sendiri memberi pengaruh penting terutama dalam kompresibilitas sekunder sampah perkotaan.⁶

2.2.4 Dekomposisi Pada Sampah Perkotaan

Secara garis besar dekomposisi sampah perkotaan dapat dijabarkan sebagai peristiwa penguraian unsur-unsur penyusun sampah oleh mikroorganisme menjadi gas dan cairan. Gas yang terbentuk umumnya berupa metana, amonia dan karbon dioksida sedangkan cairan yang terbentuk berupa *leachate* yang mengandung unsur Fe.

Peningkatan jumlah gas hasil peristiwa dekomposisi memberi pengaruh pada kompresibilitas sampah perkotaan. Semakin tinggi kandungan gas yang dapat dihasilkan, semakin tinggi pula kompresibilitas yang dimiliki timbulan sampah.⁷ Peristiwa dekomposisi secara efektif terjadi 30 hari setelah penimbunan (pemeraman).

Laju dekomposisi sampah tidak selalu sama. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi laju dekomposisi sampah antara lain :⁸

- (1) kandungan air
- (2) oksigen
- (3) derajat keasaman
- (4) kandungan alkalin
- (5) suhu
- (6) tekanan hidrogen
- (7) nutrien
- (8) kandungan sulfat
- (9) logam
- (10) senyawa organik

Kadar air merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi faktor dekomposisi. Laju dekomposisi akan berlangsung cepat jika kadar air mencapai

⁷_____

⁶ Hossein, MD. Sahadat, 2002, Mechanics of Compressibility and Strength of Solid Waste Bioreactor Landfills, Tesis.

⁷ Hossein, MD. Sahadat, 2002, Mechanics of Compressibility and Strength of Solid Waste Bioreactor Landfills, Tesis.

⁸ Yuen, 2001 dalam disertasi doktoral oleh de Abreu, 2003

nilai optimum 60 % berat sampah basah atau lebih. Kandungan air yang cukup diperlukan untuk metabolisme dan perkembangbiakan mikroorganisme dekomposer.

Derajat keasaman (pH) menunjukkan kandungan ion H^+ yang terdapat pada timbunan sampah. Dalam peristiwa dekomposisi larutan asam akan memecah sampah menjadi gas metana (metanogenesis). Nilai pH optimum dalam reaksi metanogenesis berkisar antara 6 sampai 8.

Suhu juga sangat berpengaruh dalam peristiwa dekomposisi. Untuk mendapatkan laju dekomposisi yang optimal maka mikrobakteri dekomposer memerlukan suhu antara $34-41^{\circ}C$. Suhu ini merupakan suhu lapangan yang terjadi di Indonesia.

Satu faktor lagi yang sangat berpengaruh dalam peristiwa dekomposisi adalah kandungan sulfat. Larutan yang mengandung sulfat merupakan larutan penghambat bagi pertumbuhan bakteri-bakteri dan jamur dekomposer. Dengan demikian, semakin tinggi kandungan sulfat dalam timbunan sampah, maka semakin lambat laju dekomposisi yang terjadi.

2.2.5 Kompresibilitas Sampah Perkotaan

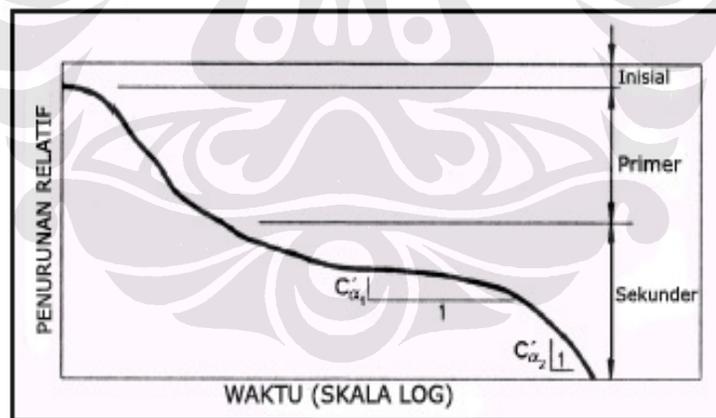
Kompresibilitas atau pemadatan merupakan suatu properti geoteknik yang terkait dengan pengurangan volume akibat pemberian tegangan. Kompresibilitas sampah perkotaan (*waste settlement*) dapat diartikan sebagai penurunan yang terjadi pada lahan tempat pembuangan akhir sampah (TPA) akibat beban yang bekerja di atasnya maupun sebagai akibat dari efek dekomposisi material sampah. Beban yang dimaksud dapat berupa beban dari struktur yang dibangun di atas lahan TPA, maupun beban dari timbunan sampah itu sendiri. Kompresibilitas sampah perkotaan merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam proyek pembangunan di atas lahan TPA, karena mempengaruhi desain struktur, seperti perkerasan jalan dan pondasi.

Kompresi yang terjadi pada sampah perkotaan meliputi kompresi primer dan kompresi sekunder. Kompresi primer merupakan pemadatan sampah perkotaan yang disebabkan oleh proses jangka pendek dan tidak dipengaruhi faktor dekomposisi material sampah. Penurunan pada kompresi primer lebih

terkait dengan pembebanan yang mengakibatkan mengalirnya gas dari dalam rongga udara dan berkurangnya angka pori. Kompresi primer umumnya membutuhkan waktu kurang dari 30 hari setelah pembebanan diberikan.⁹

Kompresi sekunder merupakan pemadatan jangka panjang yang dipengaruhi oleh proses dekomposisi material organik dan restrukturisasi material sampah. Penurunan yang terjadi akibat kompresi sekunder ini sangat bervariasi, tergantung dari karakteristik lahan TPA dan komposisi sampah di dalamnya. Kompresi sekunder yang terjadi pada lahan-lahan TPA di Amerika Serikat berlangsung selama beberapa dekade dengan penurunan mencapai 15 hingga 20 persen dari kedalaman lahan sebelumnya.¹⁰

Menurut Sowers (1973), kompresi primer dan sekunder dimulai pada saat yang bersamaan. Pada awal pembebanan, kompresi primer yang terjadi lebih besar daripada kompresi sekunder. Pada usia 30 hari setelah pembebanan, pemadatan primer sama dengan pemadatan sekunder. Pemadatan sekunder terus berlangsung setelah pemadatan primer berakhir. Fase-fase kompresi sampah perkotaan dijelaskan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Fase-fase kompresi sampah perkotaan¹¹

9

⁹ Sowers, 1973 dalam disertasi doctoral oleh de Abreu, 2003

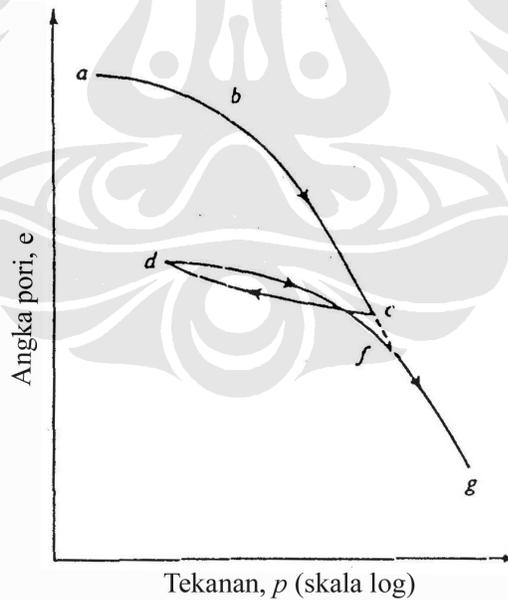
¹⁰ Bouazza dan Kavanjian, 2001

¹¹ Boutwell dan Fiore, 1995 dalam disertasi de Abreu, 2003

2.2.5.1 Pemodelan kompresibilitas sampah perkotaan

Merumuskan pemodelan kompresibilitas sampah perkotaan merupakan hal yang sulit untuk dilakukan. Pengembangan teori konsolidasi Terzaghi dalam pemodelan kompresibilitas sampah perkotaan tidak selalu dapat diterima mengingat asumsi yang diberikan hanya berlaku untuk tanah lempung yang jenuh air. Meskipun demikian, pemodelan kompresibilitas sampah perkotaan berdasarkan teori klasik ini merupakan yang paling banyak digunakan.¹²

Suatu kurva hubungan antara tegangan efektif ($\log p$) dengan angka pori (e) berdasarkan teori konsolidasi tanah lempung, diperlihatkan pada Gambar 2.2. Kurva ini menunjukkan bahwa tegangan meningkat dan angka pori menurun, seiring penambahan beban secara bertahap (\overline{ac}). Pada kondisi ini dikatakan bahwa lempung terkonsolidasi secara normal. Jika kemudian beban dikurangi secara bertahap, maka diperoleh kurva pengembangan \overline{cd} . Sebagian besar dari kompresi tidak dapat kembali, sehingga kurva pengembangan jauh lebih landai dari kurva kompresi.



Gambar 2.2 Hubungan antara tegangan efektif dengan angka pori

10
¹² de Abreu, 2003

Jika beban ditambah lagi secara bertahap, maka akan didapat kurva kompresi ulang \overline{df} . Pada keadaan ini lempung dikatakan terkonsolidasi secara berlebihan, karena sebelumnya pernah menerima beban tegangan yang lebih besar. Kurva kompresi ulang akan membentuk garis lurus kembali setelah tegangan maksimum yang terdahulu telah terlampaui (\overline{fg}). Bagian garis lurus dari kurva diatas disebut sebagai kurva kompresi *virgin*.

Untuk kasus sampah perkotaan, kurva kompresinya membentuk garis lurus (kurva kompresi *virgin*), sebagaimana yang terjadi pada lempung yang terkonsolidasi normal. Hal ini adalah karena sampah perkotaan dianggap belum pernah mengalami beban tegangan yang lebih besar dari tegangan yang ada sekarang. Sehingga persamaan kompresibilitas sampah perkotaan dapat diturunkan berdasarkan persamaan konsolidasi untuk lempung yang terkonsolidasi normal.

Persamaan 2.1 dan 2.2 merupakan sebuah pemodelan kompresibilitas sampah perkotaan berdasarkan pendekatan teori konsolidasi Terzaghi :

- Untuk kompresibilitas primer :

$$S_p = HC_{ce} \log \left(\frac{\sigma_{wo'} + \Delta\sigma}{\sigma_{wo'}} \right) \quad (2.1)$$

- Dimana :
- S_p = penurunan primer
 - C_{ce} = indeks kompresi primer
 - H = ketebalan awal lapisan sampah
 - $\sigma_{wo'}$ = Tegangan efektif awal di tengah lapisan
 - $\Delta\sigma$ = kenaikan tegangan vertikal akibat pembebanan

- Untuk kompresibilitas sekunder :

$$C_{ae} = \left(\frac{\Delta H}{\log \Delta t} \right) \frac{1}{H} \quad (2.2)$$

- Dimana :
- C_{ae} = indeks kompresi sekunder
 - H = ketebalan awal lapisan sampah
 - $\frac{\Delta H}{\log \Delta t}$ = kemiringan kurva log tegangan terhadap penurunan

2.2.5.2 Parameter kompresibilitas sampah perkotaan

Informasi mengenai parameter kompresibilitas sampah perkotaan yang ditemukan di literatur kebanyakan berasal dari Amerika Serikat. Tabel 2.4 berikut ini memperlihatkan data-data parameter kompresibilitas berupa indeks kompresi sampah perkotaan Amerika Serikat yang berhasil didapat.

Tabel 2.4 Parameter kompresibilitas sampah perkotaan Amerika¹³

Referensi	Index Kompresi	
	Primer, C_{ce}	Sekunder, C_{ae}
Sowers, 1973	0.1-0.41	0.02-0.07
Zoino, 1974	0.15-0.33	0.013-0.03
Converse, 1975	0.25-0.3	0.7
Chang and Hannon, 1976	--	0.013
Rao et al., 1977	0.16-0.235	0.012-0.046
York et al., 1977	0.08-0.21	0.02-0.04
Landva et al., 1984	0.2-0.5	0.0005-0.029
Burlingame, 1985	0.15-0.35	0.04
Oweis and Khera, 1986	0.08-0.217	--
Bjarnagarrd & Edgers, 1990	--	0.004-0.04
Lukas, 1992	--	0.001-0.024
Wall and Zeiss, 1995	0.21-0.25	0.033-0.056
Gabr and Valero, 1995	0.2-0.23	0.015-0.023
Boutwell and Fiore, 1995	0.09-0.19	0.006-0.012
Stulgis et al., 1995	0.16	0.02
Green and Jamenjad, 1997	--	0.01-0.08
Landva et al., 2000	0.17-0.24	0.010-0.016

2.3 Metode Constant Rate of Strain

2.3.1 Metode Pengujian *Constant Rate of Strain*

Kelemahan dari metode pembebanan konvensional untuk pengujian tanah lempung, yang melibatkan penambahan beban, adalah lamanya waktu yang

¹²_____

¹³ Faset et al. (1994) dan Landva et al (2000), dalam *Proceeding Fifth International Conference in Geotechnical Engineering*, New York, 2004

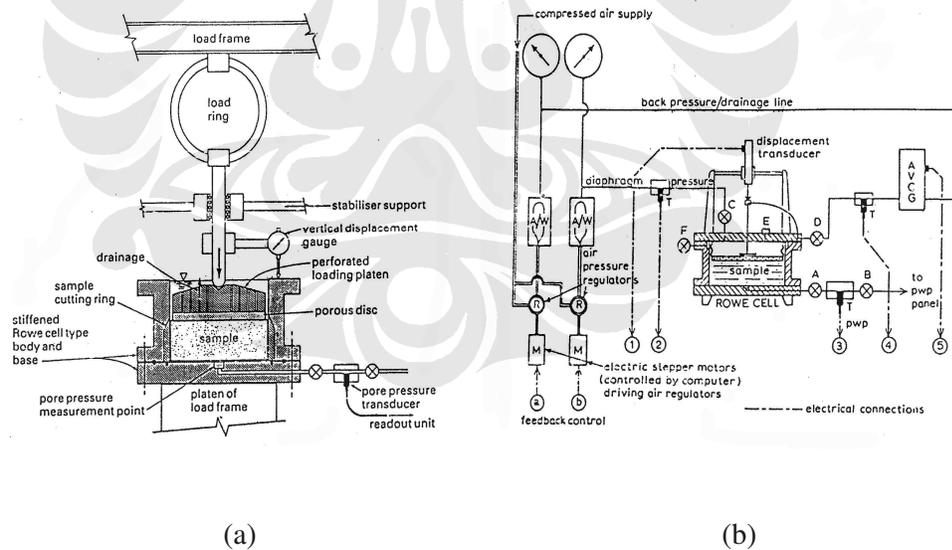
dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah pengujian. Metode pembebanan menerus dikembangkan berdasarkan teori konsolidasi Terzaghi untuk mereduksi waktu pengujian. Metode alternatif ini diaplikasikan dengan meningkatkan tegangan efektif secara konstan.

Salah satu metode pembebanan alternatif ini adalah metode pembebanan *constant rate of strain* yang diperagakan oleh Smith dan Wahls (1969) untuk tanah lempung. Dengan metode ini, deformasi yang diberikan terhadap sampel bekerja pada kecepatan konstan. Dengan kata lain, beban diberikan pada sampel dengan menambah deformasi (tegangan vertikal) pada kecepatan yang konstan.

2.3.2 Peralatan pembebanan dan instrumen pengukuran

Ada dua cara pembebanan pada benda uji (Gambar 2.3) :

1. Pembebanan hidrolik, dengan menggunakan tekanan udara (*Rowe cell*).
2. Pembebanan mekanik, dengan menggunakan cincin pembeban (*load frame*) dengan unit pengompres yang dapat beroperasi pada berbagai kecepatan.



Gambar 2.3 Peralatan pembebanan : (a) *rowe cell* (b) *load frame* ¹⁴

13
¹⁴ Head, 1980

Indikator deformasi berupa *displacement gauge* dengan kemampuan pembacaan setidaknya 50% dari tinggi benda uji. Indikator tegangan berupa *dial gauge*.

2.3.3 Pencatatan dan Pengolahan Data Percobaan

Tujuan dari percobaan laboratorium adalah untuk mencatat hasil pengujian sesuai dengan yang terobservasi. Komentar yang bersifat deskriptif mengenai apa yang terjadi selama pengujian harus dicatat sebagai bagian dari data pengujian. Selama pengujian, ketidak-akuratan yang mungkin terjadi harus ditanggapi.

Pada saat pengolahan dan pengeplotan data, nilai-nilai yang kurang sesuai dengan *trend* atau sebaran nilai pada umumnya, harus diselidiki. Jika pengecekan ulang tak mengindikasikan adanya kesalahan dalam perhitungan, maka sebaiknya percobaan diulang khusus untuk data bersangkutan atau dilakukan diskualifikasi terhadap data tersebut.

2.4 Tinjauan Penelitian

Berikut ini ditampilkan dua buah penelitian kompresibilitas sampah perkotaan yang telah dilakukan. Penelitian pertama dilakukan oleh A.O Landva, A.J Valsangkar, dan S.G Pelkey di Kanada. Penelitian ini dipublikasikan dalam sebuah jurnal berjudul “Lateral Earth Pressure At Rest and Compresibility of Municipal Solid Waste” pada 4 Desember 2000. Sedangkan penelitian kedua dilakukan oleh Febri Adi Purnama dalam sebuah skripsi berjudul “Pengujian Kompresibilitas Primer pada Sampah Perkotaan Artifisial dengan Metode Constant Rate of Strain” pada tahun 2005.

2.4.1 Penelitian Landva et al.

2.4.1.1 Komposisi material dalam penelitian Landva et al.

Pengujian dilakukan terhadap 5 sampel sampah yang berbeda (Tabel 2.5). Dua sampel pertama (SL1 dan SL2) diambil dari *Spruce Lake* pada kedalaman 4-5 meter dan diperkirakan berusia antara 2 hingga 5 tahun. Sampel ketiga (AR1) merupakan sampel sampah buatan yang telah dipersiapkan selama 9 tahun di dalam kontainer. Dua sampel terakhir (MA1 dan MA2) merupakan hasil

pencampuran antara sampel SL2 dengan AR1. Komponen sampah yang berukuran lebih besar dari 150 mm dipotong-potong.

Tabel 2.5 Persentase komposisi sampel sampah perkotaan (Landva et al.)

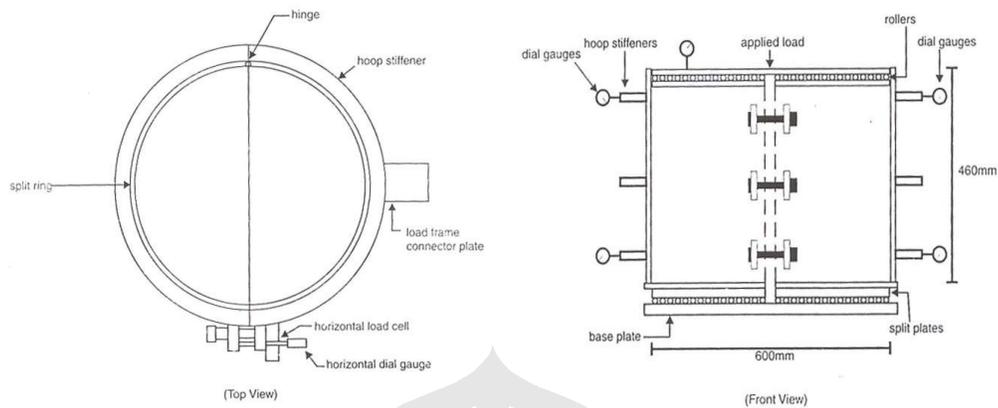
Komponen	Spruce Lake		Artifisial	Campuran	
	SL1	SL2	AR1	MA1	MA2
Kertas	46.3	22.8	8	12.5	8.1
Material halus	24.7 ^a	22.8 ^b	66.0 ^b	59.0 ^b	43.5 ^a
Batu	10.3	-	4	4.4	-
Plastik	6.3	12.8	2	8	9.5
Kayu	3.7	2.8	7.0	5.1	1.4
Kaca	3.5	0.9	-	0.8	-
Logam	2.8	3.6	5.0	5.6	2.8
Tekstil	2.2	3.1	-	1.1	2.5
Karet	-	0.6	8.0	3.5	3.9
Sisa makanan	0.26	5.8	-	-	-
Lain-lain	-	0.8	-	-	28.3

^aMaterial halus yang lolos saringan 4.75 mm

^bMaterial halus yang lolos saringan 12.5 mm

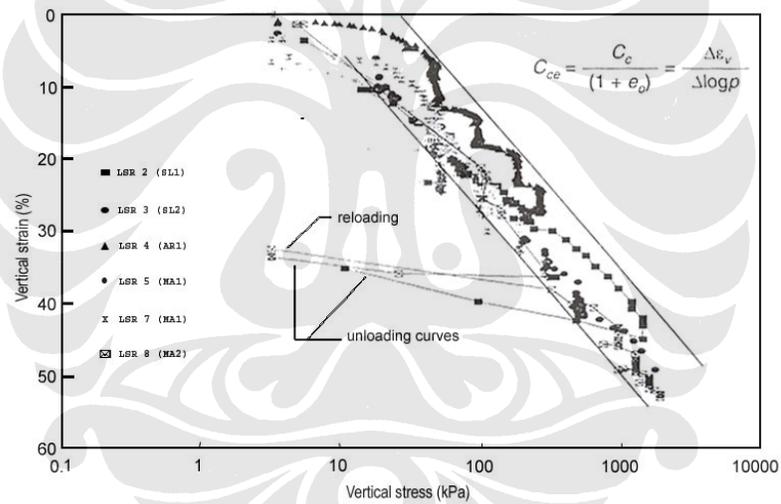
2.4.1.2 Peralatan pengujian dalam penelitian Landva et al.

Mold (*split ring*) yang digunakan dalam penelitian Landva et al. berbentuk silinder dengan diameter 600 mm dan tinggi 460 mm. Mold ini mampu mengakomodasi material yang berukuran besar. Mold terdiri atas 2 bagian yang dapat dipisahkan, dan dilengkapi dengan pelat konektor *load frame* dan *dial gauge* (Gambar 2.4). Pematatan dilakukan dengan metode *compaction* menggunakan alat penumbuk (*rammer*).



Gambar 2.4 Mold yang digunakan dalam penelitian Landva et al.

2.4.1.3 Hasil percobaan Landva et al



Gambar 2.5 Grafik kompresi primer sampah perkotaan (Landva et al.)

C_c , indeks kompresi; C_{ce} , indeks kompresi primer; e_0 , angka pori inisial; p ,
tegangannya
vertikal, ϵ_v , vertikal strain

Gambar 2.5 dan Tabel 2.6 memperlihatkan hasil pengujian kompresibilitas primer dari sampel sampah perkotaan dalam penelitian Landva et al.

Tabel 2.6 Parameter kompresibilitas sampah perkotaan (Landva et al.)

No. Uji	Deskripsi Sampel	Berat Unit Inisial (γ_i)	Kadar air optimum (%)	Koefisien konsolidasi primer, C_{ce}
LSR2	Sampel SL1, usia 6 tahun, 24.7% material < 4.75 mm, 52.6% kertas dan plastik	10.4	15.6	0.17
LSR3	Sampel SL2, usia 3 tahun, 46.8% material < 12.5 mm, 35.6% kertas dan plastik	8.9	18.8	0.22
LSR4	Sampel AR1, 66% material < 12.5 mm	7.9	53.1	0.22
LSR5	Sampel MA1, 59% material < 12.5 mm, 20.5% kertas dan plastik	7.6	51.3	0.24
LSR7	Sampel MA1, 59% material < 12.5 mm, 20.5% kertas dan plastik	7.6	51.3	0.23
LSR8	Sampel MA2, 43.5% material < 4.75 mm, 28.3% material lain-lain	8.2	-	0.21

2.4.2 Penelitian Febri Adi Purnama

Dalam Penelitiannya Febri Adi P menyelidiki sampah perkotaan artifisial dengan komposisi yang disesuaikan dengan kondisi perkotaan di Indonesia. Metode yang digunakan merupakan adopsi dari metode Constant Rate of Strain.

2.4.2.1 Komposisi Material dalam Penelitian Febri Adi P

Pengujian dilakukan terhadap 26 sampel sampah artifisial. SPA yang diuji terdiri dari tiga jenis. Jenis pertama didominasi oleh kandungan komponen organik, tipe kedua didominasi material non organik yang merupakan tiruan dari sampah perkotaan Amerika Serikat. Dan tipe kedua memiliki kandungan material antara keduanya.

Tabel 2.7 Komposisi Sampah Perkotaan Artifisial (dalam % Berat Kering) dalam penelitian Febri Adi P

<i>Komponen SPA</i>	<i>Tipe 1</i>	<i>Tipe 2</i>	<i>Tipe 3</i>
Organik (Kompos)	72.5	52.5	32.5
Kertas	5	12	18.75
Kardus	5	12	18.75
Plastik Film	5	5.25	5.5
Plastik Keras	5	5.25	5.5
Karet	2.5	4	5
Kain dan Kulit	2.5	4	5
Logam	2.5	5	9
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

2.4.2.2 Peralatan Pengujian dalam Penelitian Febri Adi P

Pengujian dilakukan dengan pemberian tegangan kompresi menggunakan alat *Unconfined Compression Station (UCS)* dan Multipleks 50-E dan mold berdiameter 10 cm dengan ketinggian 11,7 cm.

Dalam tabel berikut ini disajikan spesifikasi dari mold dan pelat yang digunakan dalam pengujian.

Tabel 2.8 Data Ukuran Mold

Besaran	Mold I	Mold II	Mold III
D_{mold} (cm)	10.175	10.155	10.175
T_{mold} (cm)	11.75	11.72	11.7
T_{mold + tambahan} (cm)	16.765	16.765	16.785
M_{mold} (gr)	2945	3265	3170
M_{mold + tambahan} (gr)	3810	4115	4030

2.4.2.3 Hasil Percobaan Febri Adi P

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Febri Adi P disusun dalam tabel 2.9 berikut:

Tabel 2.9 Data hasil pengujian

No.	Type	Kadar Air (%)	σ -kompresi (kPa)	Strain Rate (mm/min)	Unit Weight (kN/m ³)	Indeks Kompresi	Indeks Rekompresi	
Pengujian Awal (<i>Initial Testing</i>)	1	1	50	40	0.2	4.1157	0.3678	0.00848
	2	1	50	40	0.5	4.4278	0.3839	0.00767
	3	1	50	40	1.0	4.3277	0.3799	0.00593
	4	1	50	40	2.0	4.4775	0.3820	0.00894
	5	1	50	40	5.0	4.2325	0.3683	0.00770
	6	1	100	100	0.2	6.2474	0.3865	0.00887
	7	1	100	100	1.0	7.5557	0.3668	0.01142
	8	1	100	100	5.0	6.7231	0.3910	0.01745
	9	2	50	40	0.2	5.0218	0.4019	0.00825
	10	2	50	40	0.5	4.8878	0.3523	0.00818
	11	2	50	40	1.0	4.9848	0.3686	0.00778
	12	2	50	40	2.0	5.0603	0.3925	0.00799
	13	2	50	40	5.0	5.0493	0.3813	0.00803
	14	3	50	40	0.2	5.5811	0.3776	0.01118
	15	3	50	40	0.5	5.5281	0.3578	0.00614
	16	3	50	40	1.0	5.3091	0.3678	0.00646
	17	3	50	40	2.0	5.2532	0.3705	0.00692
	18	3	50	40	5.0	5.7973	0.3659	0.00992
Pengujian Utama (<i>Main Testing</i>)	19	1	50	40	1.0	4.2213	0.3638	0.00833
	20	1	100	40	1.0	5.7606	0.3655	0.00757
	21	1	50	100	1.0	5.1280	0.3871	0.00903
	22	1	100	100	1.0	6.9649	0.3683	0.00951
	23	3	50	40	1.0	5.4801	0.3694	0.00688
	24	3	100	40	1.0	8.2815	0.3748	0.01159
	25	3	50	100	1.0	6.4911	0.3437	0.01074
	26	3	100	100	1.0	9.3104	0.3430	0.01220

Setelah dilakukan analisis dari hasil penelitian yang dilakukan, disimpulkan bahwa sampah perkotaan Indonesia memiliki properti geoteknik sebagai berikut:

- (1) Berat unit : 4,11-7,55 kN/m³
- (2) Indeks Kompresi Primer (C_{ce}) = 0,365-0,387
- (3) Indeks Rekompresi (C_{re}) = 0,006 – 0,0175

2.5 Ringkasan

Sebagaimana telah dijelaskan di awal, tinjauan pustaka berfungsi sebagai acuan sebelum melangkah ke tahapan penelitian yang selanjutnya. Hasil-hasil yang diperoleh pada tahapan berikut semestinya dapat diperbandingkan dengan landasan-landasan yang telah dikemukakan.

Untuk menyelidiki kompresibilitas primer SPA yang dipengaruhi oleh ukuran partikel dan dekomposisi diadopsi metode pengujian kompresibilitas tanah lempung. Sebagai bahan perbandingan dihadirkan dua buah penelitian yang dilakukan oleh Landva et al. dan Febri Adi P. Berikut ditampilkan perbandingan hasil penelitian Landva et al. dan Febri Adi P.

Tabel 2.10 Perbandingan Hasil Pengujian Oleh Landva et al. Dengan Febri Adi P.

Peneliti	Berat Unit (kN/m ³)	Indeks Kompresi	Indeks Rekompresi
Landva et al.	7,6-10,4	0.2-0.5	0.0005-0.029
Febri Adi P.	4,11-7,55	0,365-0,387	0,006-0,0175

Mengingat peristiwa dekomposisi yang memakan waktu cukup lama dipertimbangkan untuk mengaplikasikan faktor-faktor pemicu kelajuan dekomposisi seperti pengaturan suhu optimum dan pengaturan derajat keasaman.