

ANALISIS PENGGUNAAN TIMBUNAN MORTAR BUSA PADA PEMBANGUNAN FLYOVER JALAN PELAJAR PEJUANG 45 – JALAN GATOT SUBROTO KOTA BANDUNG

Eris Kusdhianto¹, Abdul Chalid²

¹ Program Pascasarjana Megister Teknik Sipil Universitas Sangga Buana, Bandung
Email: eriskusdhianto@gmail.com, khaleedu@yahoo.com

ABSTRACT

The type of subgrade is a very important factor because Indonesia's road network is spread over areas with various types of soil. Some of these soil types, such as soils that are weak or susceptible to soil plasticity conditions are referred to as geotechnical conditions that are difficult to carry loads in road construction. The use of Lightweight Cellular Concrete (LCC) as an embankment material has recently been widely used, including in fly-over works located at Jalan Pelajar Pejuang 1945 and Jalan Gatot Subroto, Bandung City. This study conducted a study on the properties of LCC including compressive strength, workability properties, and the relationship between density and compressive strength of LCC. The results showed that as the age of the LCC sample increased, the compressive strength of the LCC increased. LCC density is getting smaller at increasing LCC compressive strength.

Key words: Lightweight Cellular Concrete (LCC), embankment material, compressive strength.

1. LATAR BELAKANG

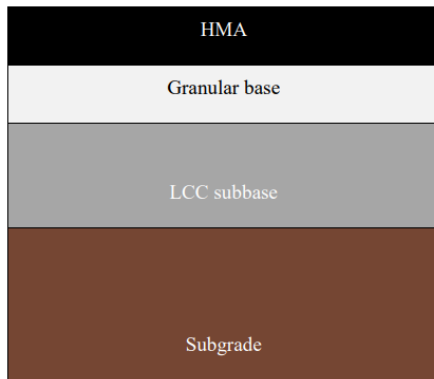
Jenis tanah dasar merupakan faktor yang sangat penting karena jaringan jalan Indonesia tersebar di wilayah-wilayah dengan berbagai jenis tanah yang ada. Beberapa dari jenis tanah ini, seperti tanah yang lemah atau rentan terhadap kondisi plastisitas tanah disebut sebagai kondisi geoteknik yang sulit untuk memikul beban pada konstruksi jalan. Selain jenis tanah, untuk negara yang memiliki empat musim menyebabkan fluktuasi suhu yang serius pada bulan-bulan musim dingin, serta pencairan selama bulan-bulan musim semi, memainkan peran penting dalam kinerja perkerasan sehubungan dengan tanah dasar. Embusan embun beku di bulan-bulan musim dingin serta pencairan selama bulan-bulan musim semi memengaruhi penurunan perkerasan dan mengurangi daya dukung lapisan perkerasan. Material yang biasa digunakan pada lapisan *sub-base* termasuk material *granular unbound*, yang memiliki sifat insulasi rendah dan dapat menyebabkan penetrasi embun beku melalui struktur perkerasan langsung ke tanah dasar (Hoff et al., 2002).

Sebagian besar, bahan pengisi ringan semakin banyak digunakan dalam pekerjaan teknik sipil seperti penimbunan kembali, stabilisasi lereng, material timbunan, dan alas pipa (Horpibulsuk et al., 2014). Tujuan utama dari bahan pengisi ringan ini adalah untuk digunakan sebagai bahan konstruksi alternatif yang secara signifikan mengurangi berat bahan pengisi, sehingga mengurangi penurunan yang

berlebihan dan kegagalan bantalan. Hal ini selanjutnya dapat menghasilkan desain yang lebih ekonomis untuk struktur seperti dinding penahan dan lapisan dasar jalan raya.

2. DESAIN PERKERASAN PADA LCC

Struktur perkerasan tipikal, sehubungan dengan penggunaan LCC sebagai *subbase*, biasanya terdiri dari lapisan LCC yang ditempatkan di tanah dasar, diikuti oleh bahan dasar Granular yang tidak terikat dan lapisan beton aspal sebagai permukaan atas. Struktur perkerasan tipikal dengan LCC disajikan pada Gambar 4-1. Meskipun LCC berbeda dari bahan granular tradisional dan harus diperlakukan sebagai bahan yang distabilkan semen, tidak ada faktor kalibrasi dan model kinerja yang dirancang untuk beton seluler ringan. Dalam manual Pekerjaan Beton Mortar Busa, dicatat bahwa jika lapisan dasar yang distabilisasi semen berada di bawah lapisan dasar Granular yang tidak terikat dan lapisan aspal hot-mix (HMA), desain perkerasan harus memperlakukannya sebagai lapisan yang tidak terikat dengan modulus lapisan yang konstan.



Gambar 1 Struktur Perkerasan Menggunakan LCC

3. MATERIAL DAN METODE

3.1 Pengetesan Material

Tes *Falling Weight Deflectometer* (FWD) merupakan salah satu alat ukur tidak merusak (*non-destructive test*) yang mengukur lendutan permukaan perkerasan pada pembebanan tertentu. Alat ini terdiri atas pelat pembebanan berdiameter 30 cm, sebuah load cell, geophone, odometer, sensor pengukur temperatur, dan sebuah prosesor. dan Benkelman Beam bertujuan untuk menentukan lendutan balik dari perkerasan dengan beban dan tekanan angin ban standar, dengan atau tanpa memperhitungkan temperatur. Dari lendutan balik selanjutnya dapat dihitung/direncanakan tebal lapis tambah perkerasan lentur. Kedua metode ini adalah yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi kinerja bagian LCC hingga saat ini.

Beberapa proyek menggunakan proses campuran "kering" dan beberapa "basah". Adalah umum untuk menggunakan proses campuran "kering" untuk memproduksi material untuk proyek-proyek, di mana diperlukan volume LCC yang relatif tinggi. Namun, pada pekerjaan Flyover Jalan Pelajar Pejuang 45 – Jalan Gatot Subroto Kota Bandung proses pelaksanaan pekerjaan LCC terjadi dalam tiga tahap dan di bulan yang berbeda karena adanya penutupan jalan yang spesifik dan lokasi jalan di pusat kota. Dalam proyek itu, proses campuran "basah" digunakan. Untuk menggunakan LCC dalam struktur perkerasan sebagai *subbase*, kegiatan tertentu harus dipertimbangkan dan diimplementasikan ke dalam proses konstruksi. Sejumlah pengamatan umum yang dapat diterapkan pada sebagian besar proyek LCC telah dilakukan dengan mempelajari ruas jalan dan bangunan jembatan di eksisting yang menggunakan

material LCC. Pengamatan ini disajikan dalam paragraf berikut.

2.2 Beton Seluler Ringan (LCC)

ASTM C796 (2012) mendefinisikan LCC sebagai: "Produk ringan yang terdiri dari Semen Portland, semen-silika, semen-pozzolan, limepozzolan, atau pasta kapur-silika, atau pasta yang mengandung campuran bahan-bahan ini dan memiliki kekosongan homogen atau struktur sel, diperoleh dengan bahan kimia pembentuk gas atau bahan pembusa (untuk beton seluler yang mengandung bahan pengikat selain, atau sebagai tambahan dari Semen Portland, pengawetan autoklaf biasanya digunakan)".

Beton seluler relatif homogen dibandingkan beton konvensional, karena tidak mengandung agregat kasar, sehingga variasi sifatnya terbatas. Properti dari Beton Seluler Ringan (Lightweight Cellular Concrete - LCC) bergantung pada mikrostruktur dan komposisinya, metode pembentukan pori dan pengeringannya. LCC ringan, mudah dibuat, dan ekonomis dari segi transportasi. LCC terdiri dari matriks mortar semen atau kapur, di mana rongga udara dijebak oleh agen aerasi yang sesuai (Ramamurthy, Nambiar dan Ranjiani, 2009). Tradisional Kepadatan komponen campuran beton dapat bervariasi antara 1000 kg / m³ (air) dan 3200 kg / m³ (semen) (Darshan, 2016). Dengan metode produksi yang tepat, kepadatan LCC jauh lebih rendah, berkisar dari 250 kg / m³ hingga 1800 kg / m³, tetapi biasanya antara 400 kg / m³ dan 600 kg / m³ (Dolton et al., 2016). Hal ini membuat LCC diinginkan sebagai material dengan kepadatan sangat rendah. Jaringan pori seluler LCC juga menyediakan insulasi termal tingkat tinggi, serta penghematan material yang cukup besar. Gambar 2-1 menunjukkan tekstur LCC basah saat ditempatkan dari pipa

2.3 Komposisi LCC

LCC biasanya terdiri dari Semen Portland, air, bahan pembusa yang telah dibentuk sebelumnya, tanpa agregat kasar. Terkadang bahan pozzolan seperti fly ash, silica fume, slag, atau berbagai bahan kimia campuran juga disertakan (Ozlutas, 2015).

▪ Semen Portland

Komponen penyemenan utama LCC adalah Semen Portland. Kandungan sekitar 300-400 kg / m³ dalam campuran beton seluler ringan dan dapat bervariasi tergantung pada kepadatan dan

kekuatan produk akhir yang diinginkan (Jones, 2001).

▪ **Bahan Pozzolan**

Pozzolans adalah kelas yang luas dari bahan yang mengandung silika atau silika dan aluminus, yang, dengan sendirinya, memiliki sedikit atau tidak ada nilai semen. Untuk meningkatkan kekuatan tekan dan lentur, mengurangi biaya, panas hidrasi, penyusutan pengeringan, konduktivitas termal dan keberlanjutan, abu terbang, terak tanur sembur atau asap silika dapat ditambahkan ke PC (Dolton et al., 2016; Kearsley dan Wainwright 2001 ; 2002). Jones et.al., (2017) menyatakan bahwa mengganti Semen Portland dengan fly ash hingga 40% dapat secara signifikan mengurangi karbondioksida yang terkandung sebesar 65% dibandingkan dengan campuran Semen Portland 100% sementara memiliki kuat tekan 28 hari yang sama (0,25 MPa dibandingkan dengan 0,31 MPa) . Namun kekurangan dari penggunaan fly ash adalah kecepatan penguatan yang lambat, dan hal ini dapat menyebabkan ketidakstabilan busa karena kebutuhan air dapat meningkat (Ozlutas, 2015).

▪ **Agregat Halus**

Pasir halus biasanya terdiri dari agregat ukuran maksimum 2mm untuk digunakan di LCC dengan kepadatan kering sama dengan atau lebih besar dari 600kg / m³. Pada LCC dengan kepadatan rendah, pengisi seperti fly ash dapat digunakan sebagai gantinya (BCA, 1994; Dransfield, 2000). Nanotube karbon (CNT) juga telah dimasukkan ke campuran LCC sebagai pengisi untuk dukungan. Mereka ditemukan mengembangkan struktur sel yang lebih homogen dengan gelembung sel tertutup (Yakovlev et al., 2006). Namun, CNT dapat membentuk gumpalan dan pada akhirnya menyebabkan ketidakstabilan busa, hal ini memerlukan dispersi dalam air yang mungkin tidak terbukti efektif (Ozlutas, 2015).

▪ **air**

Rasio semen terhadap air yang digunakan untuk LCC berkisar antara 0,4 hingga 1,25 (Kearsley, 1996). Perlu dicatat bahwa jumlah air yang dibutuhkan tergantung pada komposisi dan penggunaan bahan yang mengandalkan konsistensi dan stabilitas (Ramamurthy, Nambiar dan Ranjani, 2009). Kelebihan air

dalam campuran menyebabkan pemisahan sementara kandungan air yang tidak mencukupi dapat merusak campuran (Nambiar dan Ramamurthy, 2006).

▪ **Busa**

Agen berbuisa biasanya ditambahkan ke campuran dasar (bubur semen) untuk menghasilkan struktur gelembung pada bahan LCC. Agen berbuisa dapat dicampur dengan campuran dasar setelah diproduksi secara terpisah atau dicampur bersama dengan bahan untuk campuran dasar (Byun, Song and Park, 1998). Yang pertama lebih sering digunakan. Syarat utamanya adalah bahan pembuisa harus stabil dan kokoh untuk menahan tekanan mortar (Koudriashoff, 1949). Busa bisa basah atau kering. Penelitian telah melaporkan masalah stabilitas dengan ukuran gelembung penghasil busa basah antara 2 mm sampai 5 mm. Namun, busa kering dilaporkan memiliki keandalan lebih dalam hal stabilitas dengan ukuran gelembung 1mm (Aldridge, 2005). Contoh bahan pembuisa termasuk deterjen, sabun resin, protein terhidrolisasi, saponin, dan neopar (Ramamurthy, Nambiar dan Ranjani, 2009; Valore, 1954a).

3.2 Tanah

Secara umum, permasalahan utama yang ingin diatasi dengan menggunakan LCC adalah proses penyelesaian pekerjaan timbunan jalan pendekat. Pada sebagian besar studi kasus, penurunan terjadi karena tanah dasar yang lemah. Ini bisa berupa bahan organik (gambut) atau tanah anorganik (lanau lempung lunak hingga keras hingga lempung berlumpur atau lanau dan pasir yang dipadatkan). Menempatkan lapisan tebal bahan granular yang tidak terikat di atas jenis tanah dasar tersebut, untuk mengatasi masalah penurunan, dapat menyebabkan lebih banyak penurunan di masa depan karena berat keseluruhan struktur yang berlebihan. Selain itu, banyak penggalian sering diperlukan untuk menghilangkan tanah yang lemah sebelum menempatkan material Granular yang tidak terikat.

3.3 air

Penempatan LCC saat hujan ringan dimungkinkan tetapi harus dihindari saat hujan deras. Air merupakan faktor penting yang mempengaruhi konstruksi perkerasan menggunakan LCC. Kontrol rembesan air tanah dari penggalian, di mana LCC

akan ditempatkan, diperlukan. Hal ini perlu dilakukan untuk mencegah material mengapung, karena target densitas LCC dalam studi kasus adalah 475 kg/m³, yang lebih kecil dari densitas air (1000 kg/m³). Mengabaikan keberadaan air dalam galian dapat menyebabkan gaya apung yang mempengaruhi penuangan dan mungkin diperlukan untuk memulai kembali produksi dan penempatan dari awal.

3.4 Drainase

Drainase sangat penting untuk mencegah kelembaban dari melemahnya struktur perkerasan setelah dalam pelayanan. Biasanya, perkerasan membutuhkan kemiringan 2% untuk mengalirkan air hujan dari permukaan perkerasan, dan air bawah permukaan mengalir oleh gaya gravitasi. Untuk mencapai kemiringan 2%, LCC harus ditempatkan secara bertahap, menggunakan bekisting.

3.4 Quality Control Mortar busa

- a. Standard Pelaksanaan Mortar Busa Material Ringan:
SNI 03-4433-1997 dan SKh-1.7.21-2017.
- b. Sebelum Pelaksanaan pekerjaan mortar busa material ringan, dengan melakukan trial mix untuk base semen mortar yang akan disupply oleh batching plant setempat, maupun mortar busa material ringannya produksi Kami.
- c. Semen mortar diangkut dengan truck mixer menuju ke lokasi pengecoran mortar busa.
- d. Injeksi foaming dan pencampuran foam/busanya dengan base semen mortar dilakukan di dalam lokasi pengecoran mortar busa.
- e. Rencana Density Foam = 70-80 gram/liter
- f. Rencana Wet Density Mortar Busa= 900 – 980 kg/m³ atau 9 – 9,8 KN/m³.
- g. Rencana Dry Density Mortar Busa = 815 Kg/ m³ atau 8 KN/m³
- h. Kuat tekan rencana Minimal sebesar 800 KPa atau setara 8.25 Kg/cm²
- i. Untuk *quality control-based* semen mortar bekas batching plant dari ready mix company telah diambil benda uji 1 silinder ukuran Φ 150-300 ml.
- j. Untuk *quality control* mortar busa material ringan, pengambilan sampel uji sebanyak 4 buah silinder Φ 100-200 mm untuk setiap pengecoran 110 m³, dan masing-masing 1 buah sampel silinder untuk diuji pada hari ke 1, 3, 7, dan 14 hari.

- k. Berhubung mortar busa sangat sensitive terhadap air luatr seperti air hujan dan panas terik sinar matahari, maka untukantisipasi cuaca hujan dan panas, maka digunakan atap terpalpenahan air hujan dan panas sinar matahari tersebut.

3.5 Persiapan Material

Langkah awal dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium ini adalah melakukan persiapan terhadap benda uji yang meliputi pencarian sumber material yang diinginkan, pengangkutan, penyaringan, pencucian dan penyimpanan material. Sumber material yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Semen tipe I produksi PT. TIGA RODA
- b. Agregat halus dipakai pasir dari **Cimalaka**
- c. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Puslitbang Bandung yang memenuhi syarat-syarat Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat.
- d. Foaming Agent dari PT. Grable Indonesia

3.6 Pengujian Material

Dengan menggunakan metode SK SNI T-15-1990-3 dilakukan pengujian dari material atau bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Bahan-bahan yang akan diuji di laboratorium yaitu: agregat halus (pasir Cimalaka) dilakukan pengujian terhadap parameter sifat fisis dan mekanis agregat halus yaitu berat volume, analisa saringan, specific gravity, kadar air, kadar lumpur dan kadar organik serta kandungan kimia agregat halus (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃)

3.7 Perhitungan Analisis Perencanaan Campuran

Perhitungan analisis perencanaan campuran didapat setelah melakukan pra pengujian berdasarkan analisis dari beberapa jurnal penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sehingga mendapatkan proporsi yang tepat dalam melakukan pelaksanaan campuran. Perencanaan campuran mencakup perbandingan semen dengan pasir, faktor air semen dan jumlah foam dalam mortar. Prosedur Pelaksanaan sebagai berikut:

1. Cetakan benda uji Pada penelitian ini digunakan cetakan untuk benda uji berbentuk kubus 5x5x5 cm berbahan dasar baja. Pencampuran benda uji dilakukan manual menggunakan sendok spesi dan pengaduk

2. Persiapan Alat dan Material Sebelum dilaksanakan pekerjaan pengadukan, seluruh material yang digunakan dipersiapkan terlebih dahulu. Agregat halus dari pasir Cimalaka yang digunakan adalah pasir yang telah dicuci berdasarkan hasil pengujian kandungan kimia yang terdapat dalam pasir sementara untuk pasir Cimalaka tidak dicuci karena hasil percobaan menunjukkan kandungan organik dan kandungan kimia pada agregat memenuhi batas
3. Pengadukan Mortar Foam Material yang telah diuji untuk pembuatan mortar ditimbang sesuai dengan yang diperlukan. Material yang terdiri dari agregat halus, semen, dan air setelah masing-masing ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam tempat pengadukan dan dilakukan juga pengadukan foaming agent dengan air. Kemudian setelah Foaming agent bercampur merata dengan air dituangkan ke dalam campuran mortar sampai Foam dan mortar tercampur merata.
4. Pencetakan Benda Uji Pencetakan benda uji dibuat untuk meneliti kuat tekan mortar pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari dan menguji penyerapan disiapkan 4 benda uji untuk masing-masing umur beton begitu juga untuk uji kuat tekan. Cetakan benda uji yang berbentuk kubus 5 x 5 x 5 cm dipersiapkan terlebih dahulu, kemudian cetakan dibersihkan dan diolesi dengan minyak pelumas atau oli. Hal ini bertujuan agar beton yang telah mengeras tidak melekat pada
5. cetakan sehingga memudahkan proses pelepasan dari cetakan. Pengisian adukan ke dalam cetakan dilakukan dalam 3 tahap. Setiap tahap pengisian, adukan dimasukkan sepertiga dari tinggi cetakan, lalu digoyang supaya menghasilkan specimen yang homogen. Untuk lapisan berikutnya dilakukan hal yang sama. Setelah adukan memenuhi cetakan, maka permukaan tersebut diratakan dengan menggunakan sendok spesi. Setelah didiamkan minimal 24 jam, benda uji dapat dikeluarkan dari cetakan dan direndam dalam air pada suhu laboratorium. Pada benda uji diberi identitas untuk membedakan tanggal pengecoran dan agregat halus yang digunakan
6. Benda uji yang sudah diberi identitas kemudian direndam (curing) pada suhu air 27oC selama 2, 3, 7, 14, dan 28 hari sesuai dengan umur uji mortar. Untuk uji penyerapan benda uji tersebut dikeringkan selama 3 jam pada suhu laboratorium, setelah itu sampel dimasukkan dalam oven dengan suhu 100oC selama 72 jam setelah 24, 36, 48, 60, dan 72 jam dilakukan penimbangan untuk memastikan berat sampel sampai mendapat nilai konstan. Setelah itu dilakukan perendaman dan dilakukan penimbangan pada umur 0, 1,2,3, 5, 7, 12, 24 jam sampai berat konstan.
7. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut sampel dikeluarkan dari rendaman untuk beberapa jam sampai permukaannya menjadi kering setelah itu perlu dilakukan perataan permukaan pada dua sisi sampel untuk memastikan konsentrasi kuat tekan terjadi pada seluruh permukaan.
8. Uji kuat tekan menggunakan mesin kuat tekan mortar dengan kecepatan 0.1- 0.3 mm/detik sesuai dengan standar American Concrete Institute (ACI) USA No. 221, 1995

4 Hasil Tes Laboratorium

Pada Tabel 4.2 hasil kuat tekan pada pekerjaan Flyover yang terletak di Jalan pelajar Pejuang 1945 dan Jalan Gatot Subroto Kota Bandung pada umur 3, 7, dan 14 hari semua sampel uji melebihi 3 pada masing-masing umur sampel. Hasil kuat tekan seperti terlihat pada Gambar 4.12 dan 4.13 menunjukkan bahwa ada kenaikan kuat tekan bersamaan meningkatnya umur beton busa mortar.



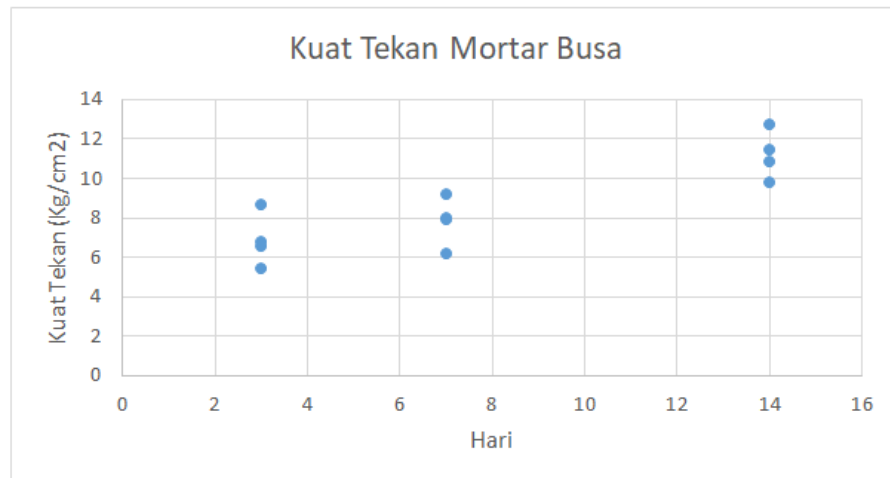
Gambar 1. Penujian Krucut Rawa Pada Beton LCC



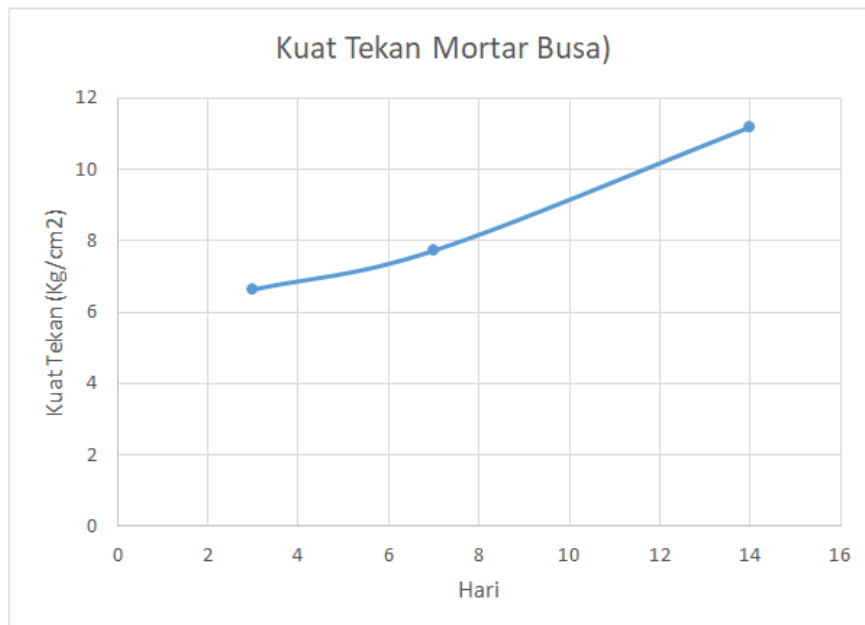
Gambar 2. Hambaran Struktur Beton LCC Pada Pekerjaan Pendekat

Tabel 4.2 Hasil Tes Beton Busa Mortar pada umur 3, 7, dan 14 Hari

Umur (hari)	Berat Sampel (Gram)	Densitas (gr/cm ³)	Nilai Dial/detik				Dial maksimum	Faktor Kalibrasi	kgf	Luas Penampang	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Kpa
			30	60	90	120						
3	1453	0.9250	17	29			29	14.6967	426.2043	78.5	5.429	532.403
3	1503	1.0141	30	43			43	14.6967	631.9581	78.5	8.65	848.275
3	1740	1.1071	23	36			36	14.6967	529.0812	78.5	6.739	660.870
3	1686	1.0730	27	37			37	14.6967	543.7779	78.5	6.927	679.307
3	1725	1.0981	25	35			35	14.6967	514.3845	78.5	6.553	642.630
3	1445	0.9200	20	33			33	14.6967	484.9911	78.5	6.178	605.855
7	1480	0.9422	30	40			40	14.6967	587.868	78.5	7.988	783.355
7	1501	0.9556	25	33			33	14.6967	484.9911	78.5	6.1382	601.952
7	1386	0.8824	33	42			42	14.6967	617.2614	78.5	7.863	771.097
7	1362	0.8671	25	37			37	14.6967	543.7779	78.5	6.527	640.080
7	1420	0.9010	33	43			43	14.6967	631.9581	78.5	6.05	593.302
7	1595	1.0154	35	44			44	14.6967	646.6548	78.5	8.237	807.774
14	1450	0.9230	40	68			68	14.6967	999.3756	78.5	12.73	1,248.387
14	1380	0.8785	40	61			61	14.6967	896.4987	78.5	11.42	1,119.919
14	1500	0.9549	35	52			52	14.6967	764.2284	78.5	9.735	954.677
14	1472	0.9371	35	58			58	14.6967	852.4086	78.5	10.858	1,064.806



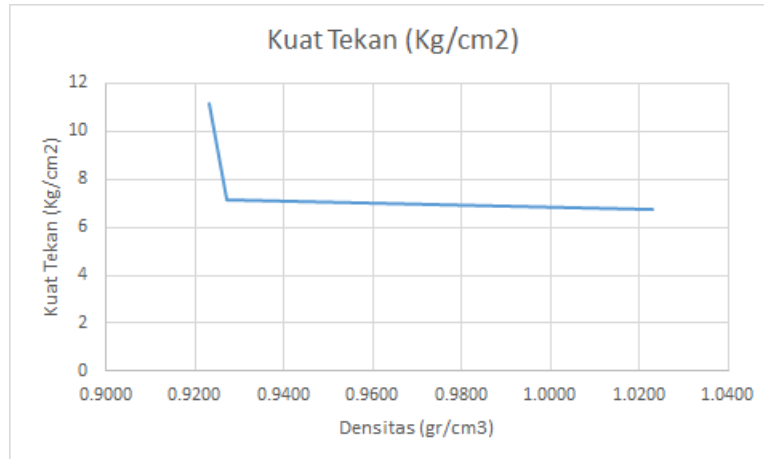
Gambar 3 Hasil Kuat Tekant Betor Busa Mortar pada Umur 3, 7, dan 14 Hari



Gambar 4 Hasil Kuat Tekant Betor Busa Mortar rata-rata pada Umur 3, 7, dan 14 Hari

4.3 Hubungan antara Densitas dan Kuat Tekan LCC

Pada Gambar 4.14 hubungan antara densitas dan kuat tekan beton LCC, pada Gambar menunjukkan bahwa densitas yang semakin mengecil kuat tekan LCC memiliki trend yang meningkat.



Gambar 5. Hubungan antar Densitas dan Kuat Tekan LCC

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Sampel LCC cor lapangan biasanya memiliki prosedur curing yang sama sekali berbeda. Karena suhu tinggi selama periode pemeraman, diasumsikan bahwa sampel memperoleh kekuatan tinggi dalam beberapa hari pertama.
2. Hasil yang diperoleh mungkin menjadi alasan dari kemungkinan kerusakan struktur gelembung karena tidak ada getaran yang harus dilakukan pada material meskipun untuk menguji sampel mereka diangkut ke laboratorium pada hari ke-4. Tidak ada persyaratan khusus setelah hari apa sampel dapat diangkut.
3. Dari hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa semakin meningkat umur sample maka kuat tekan LCC juga akan meningkat
4. Ada hubungan yang erat antara densitas LCC dengan kuat tekan beton. Makin kecil densitas kuat tekan beton LCC makin meningkat.

5.2 Saran

Beton Seluler Ringan (LCC) adalah produk ringan, terdiri dari Semen Portland, air, dan bahan pembusa yang mengandung gelembung udara. LCC relatif homogen dibandingkan beton konvensional, karena tidak mengandung agregat kasar. Ini memiliki keuntungan konstruktif seperti kepadatan rendah dengan kekuatan pound untuk pound yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton alami dan bahan pengisi lainnya. Sifat-sifat LCC tergantung pada struktur mikro dan komposisinya, metode pembentukan pori dan

pengawetannya. Selain ringan, LCC adalah bahan yang hemat biaya dan berkelanjutan serta memiliki sifat termal yang unggul, ketahanan beku-cair, dan kemampuan mengalir yang baik. Ini dapat digunakan dalam beberapa aplikasi termasuk tetapi tidak terbatas pada pengurukan, stabilisasi tanah, timbunan dan alas pipa, tetapi penelitian bisa difokuskan untuk mempelajari bahan ini sebagai bahan konstruksi alternatif untuk mengurangi berat pondasi bawah dalam teknik perkerasan, sehingga mengurangi penurunan yang berlebihan dan kegagalan bantalan. Untuk sampel cor lapangan korelasi antara kuat tekan dan modulus elastisitas tidak ditemukan kuat. Ini bisa dipelajari lebih teliti dengan mengumpulkan lebih banyak sampel, sehingga memiliki kumpulan data yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldridge, D. (2005). Introduction to foamed concrete: what, why, how? In Use of Foamed Concrete in Construction: Proceedings of the International Conference held at the University of Dundee, Scotland, UK on 5 July 2005 (pp. 1-14). *Thomas Telford Publishing*.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) C796/C796M. (2012). Standard Test Method for Foaming Agents for Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D4694-09 (2015). Standard Test Method for Deflections with a Falling-

- Weight-Type Impulse Load Device. American Society for Testing and Materials (ASTM) D4695-03 (2015). *Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements*.
- ACI Commite 211, 1995, Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweigh, dan Mass Concrete (ACI 211.1-91), American Concrete Institute, Detriot Michigan.
- British Cement Association (BCA) (1994). "Foamed concrete- Composition and properties". *First published in 1991*, British Cement Association.
- Byun, K. J., Song, H. W., Park, S. S., & Song, Y. C. (1998). Development of structural lightweight foamed concrete using polymer foam agent. *ICPIC-98*, 9.
- Dolton, B., Witchard, M., Luzzi, D., & Smith, T. J. (2016). Application of Lightweight Cellular Concrete to Reconstruction of Settlement Prone Roadways in Victoria. *GEOVancouver*.
- Dransfield, J. M. (2000, March). Foamed concrete: Introduction to the product and its properties. In One-day awareness seminar on Foamed Concrete: Properties, Applications and Potential, University of Dundee, Scotland (pp. 1-11).
- Hoff Inge, Watn A, Oiseth E, EMDAL A., Amundsgard, K O., (2002). Light Weight Aggregate (LWA) Used In Road Pavements. Proceedings of the 6th international conference on the bearing capacity of roads and airfields, Lisbon, Portugal, 2, pp. 1013-22.
- Horpibulsuk, S., Suddepong, A., Suksiripattanapong, C., Chinkulkijniwat, A., Arulrajah, A., & Disfani, M. M. (2014). Water-void to cement ratio identity of lightweight cellular- cemented material. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 26(10), 06014021.
- Insan, M. K., Hariati, F., & Taqwa, F. M. L. (2019). Studi Pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash sebagai Material Stabilisasi Tanah Dasar (Studi Kasus: Pekerjaan Subgrade Untuk Jalan Lingkungan di PLTU Sulawesi Utara II, Kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara). *Jurnal Komposit*, 3(2), 1–6. <http://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/komposit/article/view/3257/1900>
- Kearsley, E.P. (1996) The Use of Foamed Concrete for Affordable Development in Third World Countries. In *Appropriate Concrete Technology*; Dhir, R.K., McCarthy, M.J., Eds.; E & FN Spon: London, UK, pp. 233–243
- Kearsley E.P., Wainwright P.J. (2001). The effect of high fly ash content on the compressive strength of foamed concrete. *Cement Concrete Research*, 31, pp. 105–12.
- Kearsley E.P, Wainwright PJ (2002). Ash content for optimum strength of foamed concrete. *Cement Concrete Research*, 32, pp. 241–6
- Ozlutas, K. (2015). Behavior of ultra-low density foamed concrete (*Doctoral dissertation, University of Dundee*).
- Ramamurthy, K., Nambiar, E. K., & Ranjani, G. I. S. (2009). A classification of studies on properties of foam concrete. *Cement and Concrete Composites*, 31(6), 388-396.
- SK SNI T-15-1990-03, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Yayasan LPMB, Bandung
- Taqwa, F. M. L., Chayati, N., Alimuddin, A., & Salman, N. (2019). Pemeriksaan Hasil Pelaksanaan Pematatan Timbunan Tanah di Lokasi Pembangunan Jalan Akses Gardu Induk PLN Kasus Pembangunan Gardu Induk PLN Pd. Indah II Kec. Ciputat Timur, Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Komposit*, 3(2), 53-57.
- Taqwa, F. M. L., & Irfan, A. M. (2020). Studi Uji Kuat Tekan Bebas (UCS) pada Tanah Distabilisasi dengan Fly Ash dan Semen untuk Kontruksi Lapis Fondasi Jalan. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 14*, 47–55.
- Yakovlev, G., Kerienè, J., Gailius, A., & Girnienè, I. (2006). Cement based foam concrete reinforced by carbon nanotubes. *Materials Science [Medžiagotyra]*, 12(2), 147-151.