

## Pengendalian mutu pada struktur lapisan perkerasan kaku proyek Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Betung – Jambi

Saphira Ashya Aulia<sup>1</sup>, Muhamad Abdul Hadi<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

---

### Article Info

Available online

---

### Keywords:

Toll Roads  
Rigid Pavement  
Quality Control

---

### Corresponding Author:

Muhamad Abdul Hadi  
[muhamad.abdul.hadi@uii.ac.id](mailto:muhamad.abdul.hadi@uii.ac.id)

### Abstract

*The infrastructure development of the Trans Sumatra Toll Road (JTTS) Project on the Betung-Jambi section has a significant impact on economic growth. This type of rigid pavement is a solution to distribute the load of heavy vehicles effectively and evenly without experiencing significant damage. Quality control is a stage carried out to ensure the quality of the structure of the road pavement layer. The purpose of this study is to analyze the results of quality control testing and compare the results with applicable technical specifications. The data used in this study was obtained from the results of tests in the field and in the laboratory with contractors. The focus of observation in this study is Main Road Sta. 165 + 325 to 165 + 425 L1 side. The results of the analysis showed that the CBR values of 0.1 inch and 0.2 inch top subgrade were in the range of 14.23% - 17.56%, and the field density reached 100.55% - 101.69%, without excessive deformation in the proof rolling test. The capping/separator layer and drainage layer also meet the density standards, 100.11% - 101.95% and 99.39% - 100.77%, respectively. Lean concrete with  $f_c$  10 MPa concrete quality showed a compressive strength of 13.66 N/mm<sup>2</sup> at the age of 28 days, while concrete slab with  $f_s$  concrete quality of 45 kg/cm<sup>2</sup> had a flexural strength of 51.53 kg/cm<sup>2</sup> at the age of 28 days. Overall, the quality control has met the applicable technical specifications, so that the rigid pavement at this project site is ensured to be able to provide optimal performance and service life as planned.*

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

---

### Pendahuluan

#### Latar belakang

Pada negara berkembang seperti Indonesia, pembangunan infrastruktur merupakan faktor utama dalam pertumbuhan ekonomi. Salah satu bentuk pembangunan infrastruktur yang memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi adalah proyek jalan tol. Berdasarkan PP No. 15 Tahun 2005 tentang jalan tol, menjelaskan bahwa definisi jalan tol adalah suatu jalan umum yang menjadi bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang

penggunanya akan dikenakan tarif tol. Pembangunan jalan tol ini membutuhkan lahan yang sangat luas karena jalan tol dirancang khusus sebagai jalan alternatif tanpa hambatan (Novitasari & Hidayati, 2023). Selain untuk mendorong pertumbuhan ekonomi, jalan tol juga memiliki tujuan untuk memperlancar arus lalu lintas dan mempercepat waktu tempuh perjalanan serta meningkatkan konektivitas antarwilayah terutama untuk mendukung pelayanan distribusi barang dan jasa.

Salah satu proyek jalan tol yang sedang dibangun saat ini adalah pembangunan Jalan

Tol Trans Sumatera (JTTS) Ruas Betung – Jambi yang menjadi penghubung berbagai pusat kegiatan ekonomi di Pulau Sumatera, yang secara signifikan juga meningkatkan konektivitas antar wilayah khususnya Provinsi Sumatera Selatan dan Provinsi Jambi. Dengan mempertimbangkan karakteristik lalu lintas jalan tol yang secara umum didominasi oleh kendaraan bermuatan berat, seperti truk pengangkut barang, maka perkerasan jalan tol harus dirancang dan dibangun dengan sistem perkerasan yang dapat menahan beban berulang selama masa layanan yang direncanakan tanpa menimbulkan kerusakan yang parah. Oleh karena itu, perkerasan kaku dipilih sebagai sistem perkerasan utama karena keunggulannya dalam hal ketahanan terhadap beban berat kendaraan, serta umur layanan yang lebih lama, jika dibandingkan dengan perkerasan lentur. Ketahanan pada perkerasan kaku ini memungkinkan perkerasan untuk mendistribusikan beban kendaraan secara efektif dan merata ke area yang lebih luas di bawah tanah dasar, serta mampu menahan tekanan dari kendaraan berat dan volume lalu lintas yang sangat padat tanpa mengalami deformasi yang signifikan. Selain itu juga, perkerasan kaku memiliki visibilitas permukaan pengendalian yang lebih baik dan perawatan yang lebih sedikit (Suganda & Untari, 2024).

Secara umum, struktur lapisan perkerasan kaku pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) Ruas Betung – Jambi terdiri dari beberapa lapisan utama, yaitu lapis tanah dasar (*subgrade*), lapis *capping/separator*, lapis drainase, lapis *lean concrete* dan lapis permukaan (*concrete slab*). Setiap lapisan perkerasan tersebut harus memiliki kualitas yang baik agar dapat bekerja secara optimal dalam menyalurkan beban lalu lintas ke lapisan tanah dasar tanpa menimbulkan deformasi berlebihan atau kerusakan. Oleh karena itu, pengendalian mutu menjadi solusi utama dalam mencegah kerusakan pada struktur lapisan perkerasan. Menurut (Pratiwi & Pudyastuti, 2023), pengendalian mutu adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan

untuk menjamin bahwa segala aspek dari kualitas material, proporsi campuran, metode pelaksanaan, kualitas produk akhir, hingga prosedur perawatan, semuanya memenuhi standar atau spesifikasi yang telah ditentukan. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan dini seperti retak, deformasi berlebihan, dan penurunan kinerja jalan yang jika tidak diantisipasi dapat menyebabkan tingginya biaya pemeliharaan serta mengganggu kelancaran operasional jalan tol. Wijaya (2023) menegaskan bahwa sistem pengendalian mutu sangat efektif dalam meminimalkan penyimpangan yang dapat berdampak fatal pada keseluruhan pekerjaan di proyek.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil pengujian pengendalian mutu di lapangan dan di laboratorium yang telah dilakukan selama proses konstruksi, serta membandingkan hasil tersebut dengan spesifikasi teknis yang berlaku guna memastikan kualitas serta performa dari perkerasan kaku pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) Ruas Betung – Jambi.

## Metodelogi Penelitian

### *Teknik pengumpulan data*

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui hasil pelaksanaan pengujian mutu pada struktur lapisan perkerasan kaku yang dilakukan secara langsung di lapangan dan di laboratorium bersama kontraktor PT. Utama Karya Infrastruktur bagian *quality control*. Adapun jenis data lapangan meliputi hasil uji *California Bearing Ratio* (CBR), uji *sandcone* (kepadatan lapangan), dan uji *proof rolling*. Sedangkan jenis data laboratorium meliputi hasil uji *slump*, uji kuat tekan sampel beton silinder kelas E umur 7 hari dan 28 hari, serta uji kuat lentur sampel beton *beam* kelas P umur 7 hari dan 28 hari.

### *Lokasi penelitian*

Penelitian ini berlokasi pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) Ruas Betung – Jambi Seksi IV, tepatnya di segmen Tempino – IC Ness (Sta. 150+100 s/d Sta. 168+590), dengan

fokus pengamatan berada di *Main Road* Sta. 165+325 s/d 165+425 pada sisi L1.

### **Pengujian CBR lapangan**

Pengujian CBR merupakan salah satu standar yang digunakan didalam bidang geoteknik dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan lapisan jalan ataupun material perkerasan lainnya (Raharja, Setiyono, & Hariyanti, 2024). Prosedur pengujian CBR dimulai dengan mempersiapkan lokasi pengujian yang terbebas dari material lepas, kemudian alat CBR diletakkan di atas permukaan tanah. Selanjutnya, beban penetasi diberikan secara bertahap dengan menggunakan kendaraan truk atau alat penahan beban lainnya sebagai reaksi dari gaya tekan. Berdasarkan SNI 1738-2011, hasil pengujian diperoleh dari nilai tegangan yang telah dikoreksi, diambil pada titik penetrasi 2,54 mm (0,1 inci) dan 5,08 mm (0,2 inci) berdasarkan kurva hubungan tegangan-penetrasi. Selanjutnya, nilai CBR *test* dihitung dalam persen dengan membandingkan tegangan koreksi tersebut terhadap tegangan bahan standar sebesar 1000 Psi untuk penetrasi 2,54 mm dan 1500 Psi untuk penetrasi 5,08 mm.

### **Pengujian sand cone**

Safrina, Wiqoyah, & Nuswantoro (2023) menjelaskan bahwa pengujian *sand cone* bertujuan untuk menentukan kepadatan tanah di lokasi proyek dan membandingkannya dengan kepadatan maksimum yang dicapai di laboratorium. Perbandingan ini dikenal sebagai kepadatan relatif yang dihitung berdasarkan hasil uji pemadatan kompaksi yang mengikuti pedoman ASTM D-1556 dan SNI 03-2828-1992.

Rumus menentukan kepadatan relatif tanah (%) menggunakan Persamaan 1 berikut.

$$D (\%) = \frac{\gamma_d}{\text{Kepadatan Laboratorium}} \quad (1)$$

dengan,

$\gamma_d$  = Berat isi kering (gr/cm<sup>3</sup>)

D = Derajat Lapangan (%)

### **Pengujian proof rolling**

*Proof rolling test* merupakan salah satu metode pengujian yang dilakukan dengan pengamatan visual terhadap pemadatan tanah atau lapis agregat sebelum dilakukannya pengujian kepadatan lapangan (*sand cone*) dan CBR lapangan (Salim dkk., 2023). Pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Betung – Jambi Seksi IV, *proof rolling* dilakukan dengan cara melintasi permukaan lapisan menggunakan kendaraan dump truk tronton (konfigurasi sumbu 1-2, 2) dengan muatan material tanah dengan berat total 40 Ton. Selama pengujian berlangsung, kontraktor mengamati adanya deformasi berlebihan atau tidak, jika saat dilintasi menunjukkan adanya deformasi berlebihan maka lapisan tersebut belum memenuhi persyaratan daya dukung, sehingga belum bisa dilakukan pekerjaan lapis selanjutnya.

### **Slump test**

Pengujian *slump* beton adalah sebuah metode yang dilakukan untuk mengukur tingkat kekentalan beton segar yang akan berpengaruh pada kemudahan pengecoran di lapangan (Nurokhman, Suharyanto, & Rochmawati, 2021). Pengujian ini dilakukan sebagai bagian dari pengendalian mutu beton pada tahap pelaksanaan pembeconan dengan cara melakukan pengukuran terhadap tinggi penurunan permukaan beton setelah cetakan *slump* diangkat sesuai dengan prosedur yang diatur dalam SNI 03-1972-1990.

### **Pengujian kuat tekan beton**

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang diberikan pada sampel benda uji beton yang menyebabkan benda uji tersebut menjadi hancur ketika diberikan pembebanan dengan besar gaya tekan tertentu yang dihasilkan dari mesin uji tekan (Huwae dkk., 2023). Prosedur pengujian kuat tekan ini dilakukan dengan meletakkan sampel benda uji beton berbentuk silinder pada mesin tekan secara sentris, kemudian diberikan beban tekan secara bertahap dengan laju penambahan beban secara konstan hingga sampel benda uji hancur sesuai SNI 03-1974-2011.

Beban maksimum yang diperoleh dari hasil pengujian dicatat dan dilakukan perhitungan kuat tekan beton dengan menggunakan Persamaan 2 berikut.

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Dengan,

$f_c$  = Kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup> atau MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

**Pengujian kuat lentur beton**

Berdasarkan SNI 03-4431-1997 dan revisinya SNI 4431-2011, kuat lentur beton diartikan sebagai kemampuan dari sampel benda uji beton berbentuk balok (*beam*) yang diletakkan pada dua titik tumpuan untuk menahan gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu longitudinal (sumbu panjang) benda uji hingga terjadi keruntuhan atau patahan. Pane, Tanudjaja, & Windah (2015) menjelaskan bahwa saat sebuah balok menerima beban, bentuknya akan berubah atau berdeformasi. Perubahan bentuk ini secara otomatis menghasilkan momen lentur di dalam material balok, yang berfungsi sebagai gaya perlawanan terhadap beban eksternal yang diterimanya.

Keruntuhan atau patahan yang terjadi pada tengah bentang benda uji dapat dihitung dengan Persamaan 3 berikut.

$$F_s = (P \times L) / (b \times d^2) \quad (3)$$

dengan,

$F_s$  = Kuat lentur beton (N/mm<sup>2</sup> atau MPa)

P = Beban maksimum (N)

L = Panjang benda uji (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = Tinggi benda uji (mm)

**Hasil dan Pembahasan**

**Pengujian pada lapis atas tanah dasar (*top subgrade*)**

Lokasi proyek dalam penelitian ini merupakan area dengan tanah timbunan, sehingga analisis pengendalian mutu difokuskan pada lapisan paling atas dari tanah dasar (*top subgrade*). Hal ini dikarenakan lapisan *top subgrade* adalah lapis tanah dasar yang langsung menerima beban dari lapisan yang berada di atasnya, sehingga lapisan ini dianggap sebagai

lapisan kritis yang memiliki pengaruh terbesar terhadap kestabilan struktur di atasnya. Adapun pengujian sebagai pengendalian mutu yang dilakukan pada lapis *top subgrade* terdiri atas *CBR test*, *sand cone test* dan *proof rolling test*.

Pengujian CBR pada lapis *top subgrade* dilakukan menggunakan alat CBR kapasitas 6000 lbs. Pengujian ini dilakukan pada 2 titik yaitu *main road* Sta. 165+330 dan Sta. 165+420 sisi L1. Hasil nilai pengujian CBR diambil berdasarkan penetrasi di 0,1 inch dan 0,2 inch. Selain untuk menentukan kemampuan tanah dasar dalam menahan beban di atasnya, nilai CBR juga sangat penting dalam menentukan ketebalan suatu lapisan perkerasan serta untuk mengevaluasi kebutuhan perbaikan atau pemadatan tambahan pada lapisan tanah dasar sebelum pekerjaan lapisan berikutnya dilanjutkan (Karoeboka & Barnas, 2018). Adapun hasil pengujian CBR *top subgrade* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian CBR lapangan

Titik Sta.	CBR 0,1 inch	CBR 0,2 inch
	(%)	(%)
165 + 330 L	17.56	14.69
165 + 420 L	16.87	14.23

Berdasarkan spesifikasi teknis yang berlaku, nilai CBR minimum untuk lapisan *top subgrade* harus lebih besar dari 6%. Semakin tinggi nilai CBR maka semakin tinggi kekuatan dari suatu lapisan untuk menahan beban lalu lintas berat. Hasil analisis pada Sta. 165+330 L menunjukkan nilai CBR 0,1 inch sebesar 17,56% dan CBR 0,2 inch sebesar 14,69%. Sedangkan pada Sta. 165+420 L menunjukkan nilai CBR 0,1 inch sebesar 16,87% dan CBR 0,2 inch sebesar 14,23%. Hasil pengujian CBR lapangan pada *lapis top subgrade* menunjukkan bahwa sudah melebihi nilai minimum 6%, sehingga lapisan tersebut memiliki kemampuan lebih untuk menahan struktur lapisan perkerasan baik.

Setelah pelaksanaan pengujian CBR lapangan, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian *sand cone* untuk mengetahui tingkat kepadatan lapisan tanah

dasar di lapangan. Kepadatan lapisan tanah dasar ini menjadi syarat penting agar tanah tidak mudah mengalami deformasi berlebihan selama masa layanan jalan. Persyaratan kepadatan pada lapisan *top subgrade* harus mencapai nilai minimal 100% dari kepadatan maksimum di laboratorium. Secara singkat, tahapan pengujian *sand cone* dimulai dengan melakukan penggalian lubang kecil di titik yang akan dilakukan pengujian, kemudian hasil galian tersebut ditimbang untuk mengetahui berat tanahnya. Selanjutnya, lubang tersebut diisi dengan pasir tertentu menggunakan alat *sand cone*, dan dilakukan pengukuran berat terhadap pasir yang digunakan untuk menentukan volume lubang. Hasil berat tanah dan volume lubang yang diperoleh digunakan untuk mengukur kepadatan tanah di lapangan, serta dilakukan

perbandingan dengan kepadatan maksimum di laboratorium agar diperoleh tingkat kepadatan dari lapisan tanah tersebut.

Untuk menentukan volume lubang hasil penggalian pada pengujian *sand cone*, digunakan berat pasir dalam corong beserta *plate* sebesar 1451 gr, dan berat isi pasir sebesar 1,431 gr. Selain itu, untuk menentukan kepadatan lapangan, digunakan nilai *Mix Dry Density* (MDD) sebesar 1,606 gr/cc, dan nilai *Optimum Moisture Content* (OMC) sebesar 17,40% yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium terhadap material timbunan yang digunakan pada lokasi pengujian. Adapun hasil analisis pengujian *sand cone* pada lapis *top subgrade* dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian *sandcone* pada lapis *top subgrade*

No	Uraian	Sta.	165+330	165+355	165+380	165+420
		L/R	L	L	L	L
		Layer	TSG	TSG	TSG	TSG
1	Berat pasir+botol sebelum	gram	7488	7465	7432	7411
2	Berat pasir+botol sesudah	gram	2899	2931	2954	2977
3	Berat sisa pasir (1-2)	gram	4589	4534	4478	4434
4	Berat pasir dalam corong + <i>plate</i>	gram	1451	1451	1451	1451
5	Berat pasir dalam lubang (3-4)	gram	3138	3083	3027	2983
6	Berat isi pasir	gram/cm <sup>3</sup>	1,431	1,431	1,431	1,431
7	Volume Lubang (5/6)	cm <sup>3</sup>	2192,9	2154,4	2115,3	2084,6
8	Berat material basah + pan	gram	149	158	128	168
9	Berat material kering + pan	gram	136	144	118	152
10	Berat pan	gram	61	61	61	61
11	Berat air (8-9)	gram	13	14	10	16
12	Berat material kering (9-10)	gram	75	83	57	91
13	Kadar air ((11/12)*100)	%	17,33	16,87	17,50	17,58
14	Berat tanah + pan	gram	4169	4122	4025	3978
15	Berat pan	gram	10	10	10	10
16	Berat tanah (14-15)	gram	4159	4112	4015	3968
17	Berat isi basah (16/7)	gram/cm <sup>3</sup>	1,897	1,909	1,898	1,904
18	Berat isi kering ((17*100)/(100+13))	gr/cc	1,616	1,633	1,615	1,619
19	MDD Lab	gr/cc	1,606	1,606	1,606	1,606
20	OMC	%	17,40	17,40	17,40	17,40
21	% Kepadatan ((18/19)*100)	%	100,65	101,69	100,55	100,80

Berdasarkan hasil analisis pengujian *sand cone* pada lapis *top subgrade* sepanjang Sta. 165+325 s/d 165+425 L1, diperoleh hasil kepadatan lapangan pada 4 titik yaitu Sta. 165+330 sebesar 100,65%, Sta. 165+355 sebesar 101,69%, Sta. 165+380 sebesar 100,55% dan Sta. 165+420 sebesar 100,80%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengujian ini telah memenuhi persyaratan kepadatan yang harus lebih besar dari nilai minimum sebesar 100%.

Pengujian selanjutnya adalah *proof rolling* yang dilakukan dengan cara melakukan pengamatan visual terhadap permukaan lapis *top subgrade* yang dilintasi oleh kendaraan dump truck dengan berat total 40 ton. Permukaan yang dilintasi tidak boleh mengalami penurunan berlebihan, jika terjadi harus dilakukan perbaikan terhadap lapis *top subgrade*. *Proof rolling* merupakan pengujian yang efektif untuk mengidentifikasi area yang tidak stabil, sehingga dapat mencegah terjadinya kegagalan struktur lapisan perkerasan jalan selama masa layannya. Berdasarkan hasil pengamatan, lapis *top subgrade* di Sta. 165+325 s/d 165+425 L1 tidak mengalami lendutan atau penurunan berlebihan, sehingga lapis ini dianggap stabil dan siap untuk dilaksanakan pekerjaan lapisan selanjutnya. Adapun dokumentasi hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Hasil *Proof Rolling Test* Lapis *Top Subgrade*

### ***Pengujian pada lapis capping/separator***

Setelah lapisan tanah dasar dilakukan beberapa pengujian sebagai pengendalian mutu dan telah memenuhi spesifikasi yang berlaku, pekerjaan selanjutnya adalah melakukan pengendalian mutu terhadap pekerjaan lapis *capping/separator*. Lapis ini merupakan bagian dari lapisan perkerasan kaku yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung dari lapis tanah dasar. Jenis material yang digunakan pada lapisan ini berupa material granular. Pengendalian mutu pada lapisan *capping/separator* hanya melalui pengujian *sand cone* dan *proof rolling*. Pengujian yang dilakukan pada lapisan ini hampir sama dengan pengujian yang dilakukan pada lapis tanah dasar sebelumnya, yang membedakan hanya pada pengujian *sand cone* yang memperhitungkan berat agregat kasar (tertahan saringan no. 3/4) dan berat agregat halus (lolos saringan no. 3/4).

Pada pengujian *sand cone* digunakan nilai berat pasir dalam corong beserta *plate* sebesar 1665 gr, nilai berat isi pasir sebesar 1,509 gr, nilai *Mix Dry Density* (MDD) sebesar 2,055 gr/cc, dan nilai *Optimum Moisture Content* (OMC) sebesar 7,80% serta nilai *Specific Gravity* (SPGR) agregat kasar sebesar 2,633 gr. Adapun hasil analisis pengujian *sand cone* pada lapis *capping/separator* disajikan pada Tabel 3, kemudian untuk hasil *Proof Rolling Test* Lapis *Capping/Separator* dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Hasil *Proof Rolling Test* Lapis *Capping/Separator*

Tabel 3. Hasil pengujian *sand cone* pada lapis *capping/separator*

No	Uraian	Sta.	165+330	165+355	165+380	165+420
		L/R	L	L	L	L
		Layer	TOP	TOP	TOP	TOP
1	Berat pasir + botol	gram	7678	7645	7641	7604
2	Sisa pasir + botol	gram	2702	2707	2681	2629
3	Berat sisa terpakai (1-2)	gram	4976	4936	4960	4975
4	Berat pasir dalam corong	gram	1665	1665	1665	1665
5	Berat pasir dalam lubang (3-4)	gram	3311	3271	3295	3310
6	Berat isi pasir	gram/cm <sup>3</sup>	1,509	1,509	1,509	1,509
7	Volume Lubang (5/6)	cm <sup>3</sup>	2194,17	2167,66	2183,57	2195,51
8	Berat agregat basah + tempat	gram	180	174	160	156
9	Berat agregat kering + tempat	gram	174	168	155	151
10	Berat tempat	gram	84	84	84	84
11	Berat air (8-9)	gram	6	6	5	5
12	Berat agregat kering (9-10)	gram	90	84	71	67
13	Kadar air ((11/12)*100)	%	6,67	7,14	7,04	7,46
14	Kadar air optimum (OMC)	%	7,80	7,80	7,80	7,80
15	Berat agregat dalam lobang + tempat	gram	5022	4988	5010	5039
16	Berat tempat	gram	10	10	10	10
17	Berat agregat dalam lubang (15-16)	gram	5012	4978	5000	5029
18	Berat agregat kasar	gram	713	742	838	818
19	Berat agregat halus	gram	4299	4236	4162	4211
20	P.C = % agregat kasar # ¾ ((18/17)*100)	%	14,23	14,91	16,76	16,27
21	P.C = % agregat halus # ¾ ((19/17)*100)	%	85,77	85,09	83,24	83,73
22	SPGR agregat kasar	gram	2,633	2,633	2,633	2,633
23	Berat isi basah (17/7)	gr/cm <sup>3</sup>	2,284	2,296	2,290	2,293
24	Berat isi kering ((23*100)/(100+13))	gr/cc	2,141	2,143	2,139	2,133
25	100% MDD	gr/cc	2,055	2,055	2,055	2,055
26	Koreksi: ((25*22)/((20*25)+(21*25))*100)		2,121	2,125	2,133	2,131
27	Kepadatan lapangan ((24/26)*100)	%	100,95	100,89	100,27	100,11

Berdasarkan hasil analisis pengujian *sand cone* pada lapis *capping/separator* sepanjang Sta. 165+325 s/d 165+425 L1, diperoleh hasil kepadatan lapangan pada 4 titik yaitu Sta. 165+330 sebesar 100,95%, Sta. 165+355 sebesar 100,89%, Sta. 165+380 sebesar 100,27% dan Sta. 165+420 sebesar 100,11%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengujian ini telah memenuhi persyaratan kepadatan yang harus lebih besar dari nilai minimum sebesar 100%.

Setelah terpenuhinya persyaratan uji *sandcone*, pengujian selanjutnya adalah *proof rolling*. Tahapan pengujian *proof rolling* pada lapis *capping/separator* sama seperti pengujian *proof rolling* pada lapis *top subgrade*. Hasil dari pengujian *proof rolling* ini menunjukkan tidak ada lendutan atau penurunan berlebihan pada permukaan lapisan, sehingga pekerjaan lapis selanjutnya sudah bisa dilaksanakan.

**Pengujian pada lapis drainase**

Pengendalian mutu pada lapis drainase sama seperti lapis *capping/separator* yaitu dilakukan melalui pengujian *sandcone* dan *proof rolling*. Pengujian *sandcone* pada lapisan ini menggunakan nilai berat pasir dalam corong beserta *plate* sebesar 1665 gr,

nilai berat isi pasir sebesar 1,509 gr, nilai *Mix Dry Density* (MDD) sebesar 2,020 gr/cc, dan nilai *Optimum Moisture Content* (OMC) sebesar 5.50% serta nilai *Specific Gravity* (SPGR) agregat kasar sebesar 2,624 gr. Hasil analisis pengujian *sand cone* pada lapis drainase dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil pengujian *sand cone* pada lapis drainase

No	Uraian	Sta.	165+330	165+355	165+380	165+420
		L/R	L	L	L	L
		Layer	TOP	TOP	TOP	TOP
1	Berat pasir + botol	gram	7679	7660	7642	7619
2	Sisa pasir + botol	gram	2944	2857	2852	2872
3	Berat sisa terpakai (1-2)	gram	4735	4803	4790	4747
4	Berat pasir dalam corong	gram	1665	1665	1665	1665
5	Berat pasir dalam lubang (3-4)	gram	3070	3138	3125	3082
6	Berat isi pasir	gram/cm <sup>3</sup>	1,509	1,509	1.509	1,509
7	Volume Lubang (5/6)	cm <sup>3</sup>	2034,46	2079,52	2070.91	2042,41
8	Berat agregat basah + tempat	gram	175	181	165	159
9	Berat agregat kering + tempat	gram	170	176	161	155
10	Berat tempat	gram	84	84	84	84
11	Berat air (8-9)	gram	5	5	4	4
12	Berat agregat kering (9-10)	gram	86	92	77	71
13	Kadar air ((11/12)*100)	%	5,81	5,43	5,19	5,63
14	Kadar air optimum (OMC)	%	5,50	5,50	5,50	5,50
15	Berat agregat dalam lobang + tempat	gram	5042	5121	5105	5012
16	Berat tempat	gram	10	10	10	10
17	Berat agregat dalam lubang (15-16)	gram	5032	5111	5091	5002
18	Berat agregat kasar	gram	2823	2904	2985	2912
19	Berat agregat halus	gram	2209	2207	2106	2090
20	P.C = % agregat kasar # ¾ ((18/17)*100)	%	56,10	56,82	58,63	58,22
21	P.C = % agregat halus # ¾ ((19/17)*100)	%	43,90	43,18	41,37	41,78
22	SPGR agregat kasar	gram	2,624	2,624	2,624	2,624
23	Berat isi basah (17/7)	gr/cm <sup>3</sup>	2,473	2,458	2,458	2,449
24	Berat isi kering ((23*100)/(100+13))	gr/cc	2,337	2,331	2,337	2,318
25	100% MDD	gr/cc	2,020	2,020	2,020	2,020
26	Koreksi: ((25*22)/((20*25)+(21*25))*100)		2,320	2,324	2,335	2,333
27	Kepadatan lapangan ((24/26)*100)	%	100,77	100,31	100,08	99,39

Lapis drainase merupakan lapisan yang berfungsi untuk mempercepat pengaliran air dari dalam sistem perkerasan agar tidak terjadi penumpukkan air yang dapat merusak kekuatan dan daya tahan perkerasan. Oleh

karena itu, berdasarkan fungsinya, nilai kepadatan minimum yang harus didapatkan dari hasil pengujian pada lapis drainase berbeda dengan lapis sebelumnya yaitu hanya sebesar 95%. Hal ini disebabkan oleh

karakteristik dari material lapis drainase yang terdiri dari agregat kasar dengan butiran yang relatif besar dan memiliki gradasi terbuka, sehingga sedikit sulit untuk dilakukan pemadatan hingga 100%. Berdasarkan hasil analisis data pengujian yang dilakukan sepanjang Sta. 165+325 s/d 165+425 L1, tepatnya pada 4 titik pengujian yaitu Sta. 165+330 sebesar 100,77%, Sta. 165+355 sebesar 100,31%, Sta. 165+380 sebesar 100,08%, dan Sta. 165+420 sebesar 99,39%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengujian ini telah memenuhi persyaratan kepadatan yang harus lebih besar dari nilai kepadatan minimum 95%.

Selanjutnya, hasil pengujian *proof rolling* pada permukaan atas lapis drainase tidak memperlihatkan adanya lendutan atau deformasi berlebihan, sehingga dapat disimpulkan bahwa lapis drainase tersebut memiliki daya dukung dan stabilitas yang memadai untuk menahan beban dari struktur di atasnya secara aman. Adapun dokumentasi hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Hasil *Proof Rolling Test* Lapis Drainase

#### ***Pengujian pada lapis lean concrete***

Setelah lapisan tanah dan agregat memenuhi spesifikasi mutu yang berlaku, selanjutnya pekerjaan lapis *lean concrete* sudah bisa dilakukan. *Lean concrete* merupakan lapisan yang berfungsi sebagai lantai kerja dengan memberikan permukaan rata dan padat di atas

lapis drainase, sehingga dapat memudahkan proses pengecoran lapis *concrete slab* di atasnya. Lapisan ini dibuat menggunakan campuran beton dengan mutu beton kelas E dan memiliki ketebalan sebesar 10 cm dari permukaan lapisan di bawahnya. Pengendalian mutu pada lapisan *lean concrete* dilakukan melalui pengujian *slump*, dan dan pengujian kuat tekan sampel beton berbentuk silinder pada umur 7 hari dan 28 hari. Pelaksanaan pengujian ini dilakukan di laboratorium *batching plant* PT. Semen Indogreen Sentosa yang bekerja sama dengan Proyek Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) Ruas Betung – Jambi Seksi IV.

Persyaratan nilai slump rencana untuk *lean concrete* dengan mutu beton kelas E ( $f_c' 10$  MPa ) pada proyek ini yaitu  $10 \pm 2$  cm. Pengujian *slump* ini dilakukan dengan cara menuangkan beton segar ke dalam kerucut *abrams* secara bertahap sebanyak 3 lapis, dan ditusuk 25 kali setiap lapisnya menggunakan batang besi berdiameter 16 mm dan panjang 60 cm. Setelah terisi penuh, angkat kerucut *abrams* dengan arah vertikal secara perlahan-lahan, lalu lakukan pengukuran terhadap penurunan beton yang terjadi, hasil pengukuran tersebut akan menjadi nilai *slump* beton tersebut. Berdasarkan pengujian *slump* yang telah dilakukan, diperoleh nilai *slump* pada rentang 10 hingga 11 cm, sehingga nilai *slump* beton untuk lapis *lean concrete* mutu beton kelas E telah memenuhi persyaratan *slump* rencana. Hasil nilai *slump* yang memenuhi persyaratan ini dapat memudahkan proses pengecoran dan finishing saat di lapangan, serta dapat mengurangi risiko-risiko yang menyebabkan terjadinya penurunan mutu beton, seperti pemisahan material dan cacat pada permukaan lapisan.

Setelah dilakukan pengujian *slump* beton, tahap selanjutnya adalah mengambil beberapa sampel beton berbentuk silinder ukuran 15 x 30 cm untuk dilakukan pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari yang mengacu pada SNI 03-1974-2011. Adapun hasil uji kuat tekan sampel beton silinder *lean*

concrete pada umur 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

Tabel 5. Data benda uji silinder *lean concrete* umur 7 hari

No	Tanggal		Berat (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )
	Produksi	Pengujian		
1	19-Apr-25	26-Apr-25	12,44	176,71
2	19-Apr-25	26-Apr-25	12,31	176,71
3	19-Apr-25	26-Apr-25	12,36	176,71

Tabel 6. Hasil uji kuat tekan benda uji silinder *lean concrete* umur 7 Hari

No	Load (kN)	Kuat Tekan Umur 7 Hari	
		N/mm <sup>2</sup>	%
1	167	9,45	94,50
2	165	9,34	93,37
3	158	8,94	89,41
Rata - rata		9,24	92,43

Sedangkan hasil uji kuat tekan sampel beton silinder *lean concrete* pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 berikut.

Tabel 7. Data benda uji silinder *lean concrete* umur 28 hari

No	Tanggal		Berat (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )
	Produksi	Pengujian		
1	19-Apr-25	17-May-25	12,42	176,71
2	19-Apr-25	17-May-25	12,52	176,71
3	19-Apr-25	17-May-25	12,44	176,71

Tabel 8. Hasil uji kuat tekan benda uji silinder *lean concrete* umur 28 hari

No	Load (kN)	Kuat Tekan Umur 28 Hari	
		N/mm <sup>2</sup>	%
1	241	13,64	136,07
2	239	13,52	135,25
3	244	13,81	138,08
Rata - rata		13,66	136,57

Persyaratan nilai kuat tekan beton silinder pada penelitian ini mengacu pada perbandingan kekuatan tekan beton (N/mm<sup>2</sup>) hasil pengujian dengan kekuatan minimum mutu beton kelas E yang digunakan yaitu  $f_c' 10$  MPa atau 10 N/mm<sup>2</sup>. Untuk hasil perhitungan persentase, nilai kuat tekan beton silinder umur 7 hari harus memenuhi syarat kuat tekan sebesar 80% dari nilai kuat tekan minimum  $f_c 10$  yaitu sebesar 8 N/mm<sup>2</sup> dan umur 28 hari sebesar 100% dari nilai kuat tekan minimum  $f_c 10$  yaitu sebesar 10 N/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil analisis data pengujian kuat tekan beton silinder *lean concrete*, diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada

umur 7 hari sebesar 9,24 N/mm<sup>2</sup> > 8 N/mm<sup>2</sup> dengan persentase kuat tekan beton sebesar 92,43% dan pada umur 28 hari sebesar 13,66 N/mm<sup>2</sup> > 10 N/mm<sup>2</sup> dengan persentase kuat tekan beton 136,57%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan telah memenuhi persyaratan yang berlaku. Hasil nilai kuat tekan yang memenuhi persyaratan ini menunjukkan bahwa lapis *lean concrete* memiliki kestabilan yang cukup tinggi untuk menahan beban berat dari kendaraan lalu lintas, serta kemampuan untuk mencegah terjadinya deformasi atau kerusakan-kerusakan yang dapat mempengaruhi kualitas struktur lapisan yang ada di atasnya.

#### ***Pengujian pada lapis permukaan (concrete slab)***

Lapis permukaan atau *concrete slab* merupakan lapisan pelat beton yang berfungsi untuk menahan dan mendistribusikan beban lalu lintas secara langsung. Lapis ini menggunakan campuran beton dengan mutu beton kelas P atau setara dengan  $f_s 45$  Kg/cm<sup>2</sup> dengan ketebalan lapisan sekitar 30 cm. Pada lapisan ini dilakukan pengendalian mutu berupa pengujian *slump* dan kuat lentur beton. Pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas beton dalam menahan gaya lentur yang bekerja, terutama dalam mengatasi tegangan tarik dibagian bawah pelat beton akibat beban lalu lintas. Benda uji yang digunakan pada uji kuat lentur berbentuk balok (*beam*) dengan ukuran panjang 45 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. Pelaksanaan pengujian lapis *concrete slab* ini dilakukan di laboratorium *batching plant* PT. Super Beton Prima yang bekerja sama dengan Proyek Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) Ruas Betung – Jambi Seksi IV.

Pada pengujian *slump*, persyaratan *slump* rencana untuk lapis *concrete slab* mutu beton kelas P adalah 3±2 cm. Proses pengujian pada lapis ini sama seperti proses pengujian pada lapis *lean concrete*. Berdasarkan pengujian *slump* yang telah dilakukan, diperoleh nilai *slump* rata-rata sebesar 3 cm, sehingga nilai

slump beton untuk lapis *concrete slab* mutu beton kelas P telah memenuhi persyaratan *slump* rencana.

Selanjutnya, melakukan analisis data hasil pengujian kuat lentur beton. Adapun hasil uji kuat lentur sampel beton *concrete slab* yang berbentuk balok (45 x 15 x 15 cm) pada umur 7 hari dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 berikut.

Tabel 9. Data benda uji balok *concrete slab* umur 7 hari

No	Tanggal		L (cm)	b (cm)	d (cm)
	Produksi	Pengujian			
1	26-Apr-25	03-May-25	45	15	15
2	26-Apr-25	03-May-25	45	15	15
3	26-Apr-25	03-May-25	45	15	15
4	26-Apr-25	03-May-25	45	15	15
5	26-Apr-25	03-May-25	45	15	15

Tabel 10. Hasil uji kuat lentur benda uji balok *concrete slab* umur 7 hari

No	Berat (kg)	Load (kN)	Kuat Lentur Umur 7 Hari	
			(kg/cm <sup>2</sup> )	%
1	32,55	31,00	42,15	91,85
2	32,43	32,00	43,51	96,68
3	32,48	32,50	44,19	98,19
4	32,51	32,00	43,51	96,68
5	32,57	31,00	42,15	93,66
Rata - rata			43,10	95,78

Note: 1 kN = 101,971 kg

Sedangkan hasil uji kuat lentur sampel beton *concrete slab* yang berbentuk balok (45 x 15 x 15 cm) pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12 berikut.

Tabel 11. Data benda uji balok *concrete slab* umur 28 Hari

No	Tanggal		L (cm)	b (cm)	d (cm)
	Produksi	Pengujian			
1	26-Apr-25	24-May-25	45	15	15
2	26-Apr-25	24-May-25	45	15	15
3	26-Apr-25	24-May-25	45	15	15
4	26-Apr-25	24-May-25	45	15	15
5	26-Apr-25	24-May-25	45	15	15

Tabel 12. Hasil uji kuat lentur benda uji balok *concrete slab* umur 28 hari

No	Berat (kg)	Load (kN)	Kuat Lentur Umur 28 Hari	
			(kg/cm <sup>2</sup> )	%
1	32,88	38,00	51,66	114,81
2	32,64	39,00	53,02	117,83
3	32,58	37,50	50,99	113,30
4	32,44	37,00	50,31	111,79
5	32,81	38,00	51,66	114,81
Rata - rata			51,53	114,51

Note: 1 kN = 101,971 kg

Persyaratan nilai kuat lentur beton berbentuk balok (*beam*) pada penelitian ini mengacu pada perbandingan kekuatan lentur beton (kg/cm<sup>2</sup>) hasil pengujian dengan mutu beton kelas P yang digunakan yaitu fs 45 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk hasil perhitungan persentase, nilai kuat lentur beton *beam* umur 7 hari harus memenuhi syarat kekuatannya sebesar 80% dari kuat lentur minimum fs 45 yaitu sebesar 36 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan umur 28 hari sebesar 100% kuat lentur minimum fs 45 yaitu sebesar 45 kg/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil analisis data pengujian kuat lentur beton *beam* lapis *concrete slab*, diperoleh rata-rata nilai kuat lentur beton berbentuk balok (*beam*) pada umur 7 hari sebesar 43,10 kg/cm<sup>2</sup> > 36 kg/cm<sup>2</sup> dengan persentase kuat lentur sebesar 95,78% dan pada umur 28 hari sebesar 51,53 kg/cm<sup>2</sup> > 45 kg/cm<sup>2</sup> dengan persentase kuat lentur sebesar 114,51%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian kuat lentur yang dilakukan telah memenuhi persyaratan yang berlaku. Hasil yang memenuhi persyaratan ini menunjukkan bahwa lapis *concrete slab* memiliki kemampuan yang cukup menahan beban berat lalu lintas tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan dini, sehingga dapat memperpanjang umur layan konstruksi jalan serta mengurangi biaya pemeliharaan kedepannya.

### Kesimpulan

Pengendalian mutu pada struktur lapisan perkerasan kaku (*rigid pavement*) Proyek Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) Ruas Betung – Jambi Seksi IV, khususnya *main road* Sta. 165+325 s/d 165+425 sisi L1 dilakukan melalui beberapa pengujian di lapangan dan di laboratorium. Berdasarkan hasil analisis data pengujian, menunjukkan bahwa seluruh tahapan pengendalian mutu, mulai dari lapis *top subgrade*, lapis *capping/separator*, lapis drainase, lapis *lean concrete*, hingga lapis *concrete slab*, telah memenuhi persyaratan dan spesifikasi teknis yang berlaku. Hal ini mengindikasikan bahwa pengendalian mutu yang dilakukan pada segmen perkerasan kaku tersebut tidak hanya dapat meningkatkan kualitas dari hasil konstruksi saja, akan tetapi

juga dapat memberikan jaminan keamanan dan kenyamanan bagi para pengguna jalan dalam jangka waktu yang panjang.

### Daftar Pustaka

- Huwae, D. D. M., Tuanakotta, A., Tutupoho, I., & Uneputty, S. (2023). *1723-Article Text-8941-1-10-20240405*. 2(2), 214–222.
- Karopeboka, B. & Barnas, E. (2018). PENELITIAN KEKUATAN TANAH METODE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) di SPBG Bogor 1 Bubulak JL KH R Abdullah bin Nuh. *Jurnal KaLIBRASI: Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 1(2). <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v9i0.326>
- Novitasari, & Hidayati, N. (2023). Analisis Pengendalian Mutu Pada Pekerjaan Rigid Pavement Proyek Jalan Tol Jakarta – Cikampek Ii Selatan Paket 3. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023*, (Hardiyatmo 2011).
- Nurokhman, N., Suharyanto, I., & Rochmawati, U. (2021). Evaluasi Mutu Beton Dari Berbagai Ready Mix Pada Gedung Parkir Yogyakarta International Airport. *CivETech*, 3(2), 55–65. <https://doi.org/10.47200/civetechn.v3i2.1058>
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Pratiwi, S. A., & Pudyastuti, P. S. (2023). Pengawasan Dan Pengendalian Mutu Beton Pada Pelaksanaan Pembangunan Bendungan Jlantah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 50–57.
- Raharja, A. R., Setiyono, R., & Hariyanti, I. (2024). Perancangan Dan Implementasi California Bearing Ratio (Cbr) Dengan Menggunakan C# Dan Arduino. *Jurnal Responsif: Riset Sains dan Informatika*, 6(1), 54–62. <https://doi.org/10.51977/jti.v6i1.1425>
- Safrina, S., Wiqoyah, Q., & Nuswantoro, D. (2023). Analisis Kepadatan Lapangan Menggunakan Uji Sand Cone Pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Keyongan - Batas Kab. Sragen R.205. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 355–360.
- Salim, M., Irawan, A., Muhammad, S., Studi Teknik Bangunan Rawa Politeknik Negeri Banjramasin, P., & Studi Bisnis Digital Politeknik Negeri Banjramasin, P. (2023). Proof Rolling Test Application Initial Design Measuring Class a Aggregate Foundation Layer Defects Using a Camera Perancangan Awal Aplikasi Uji Proof Rolling Mengukur Lendutan Lapis Fondasi Agregat Kelas a Menggunakan Kamera. *Journal of Sciencetech Research and Development*, 5(2), 1046–1057. Diambil dari <https://idm.or.id/JSCR/in>
- Suganda, R., & Untari, Y. (2024). Metode Konstruksi Rigid Pavement Pada Proyek Jalan Tol. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(1), 275–288. <https://doi.org/10.24912/jmts.v7i1.26652>
- Wijaya, A. (2023). *Analisis Pengendalian Mutu Pengerasan Jalan Kaku pada Proyek Infrastruktur Jalan Tol dengan Metode QPASS dan QLASSIC (Studi Kasus Jalan Tol Bangkinang-Pangkalan)*.