



**REPUBLIK INDONESIA**  
**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT**  
**DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA**

**SPESIFIKASI KHUSUS**



**PEKERJAAN PEMADATAN KONSTRUKSI JALAN MENGGUNAKAN  
TEKNOLOGI PEMADATAN CERDAS**

**SKh-1.3.34**



**2024**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT**  
**DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA**

Jalan Pattimura Nomor 20, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12110, Telepon (021)-7203165, Faksimili (021) 7393938

Nomor : **BM 0301 - Db / 1055**  
Sifat : Biasa  
Lampiran : Satu Berkas  
Hal : Persetujuan Penggunaan Spesifikasi Khusus  
Pekerjaan Pemadatan Konstruksi Jalan  
Menggunakan Teknologi Pemadatan Cerdas

Jakarta, 1 Oktober 2024

Yth. 1. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga  
2. Sekretaris Badan Pengatur Jalan Tol  
3. Para Direktur di Direktorat Jenderal Bina Marga  
4. Para Kepala Balai Besar/Balai Pelaksanaan Jalan Nasional  
5. Para Kepala Balai Teknik di Direktorat Jenderal Bina Marga  
6. Para Kepala Satuan Kerja di Direktorat Jenderal Bina Marga  
di Tempat

Bersama ini disampaikan Dokumen Spesifikasi Khusus, sebagai berikut:

No.	Nomor Spesifikasi Khusus	Judul Dokumen
1.	SKh-1.3.34	Pekerjaan Pemadatan Konstruksi Jalan Menggunakan Teknologi Pemadatan Cerdas

Spesifikasi Khusus tersebut telah disetujui untuk dipergunakan menjadi acuan bagi para pemangku kepentingan di Direktorat Jenderal Bina Marga dalam pelaksanaan Pekerjaan Pemadatan Konstruksi Jalan Menggunakan Teknologi Pemadatan Cerdas.

Demikian disampaikan, untuk dapat dipergunakan dengan penuh tanggung jawab.

Direktur Jenderal Bina Marga,  
  
**Rachman Arief Dienaputra**  
NIP. 196606271996031001

Tembusan:

1. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
2. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
3. Plt. Inspektur Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
4. Direktur Jenderal Bina Konstruksi, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
5. Kepala Badan Pengatur Jalan Tol.

## **SPESIFIKASI KHUSUS**

### **SKh-1.3.34**

## **PEKERJAAN PEMADATAN KONSTRUKSI JALAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PEMADATAN CERDAS**

### **SKh-1.3.34.1 UMUM**

#### **1) Uraian Pekerjaan**

- a) Pekerjaan ini mencakup:
  - i) Pengadaan pengangkutan, penghamparan dan pemadatan tanah atau bahan berbutir untuk pembuatan timbunan, untuk penimbunan kembali galian pipa atau struktur dan untuk timbunan umum yang diperlukan untuk membentuk dimensi timbunan sesuai dengan garis, kelandaian, dan elevasi penampang melintang yang disyaratkan atau disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
  - ii) Penyiapan, penggaruan, dan pemadatan permukaan tanah dasar atau permukaan jalan kerikil lama untuk penghamparan: Lapis Fondasi Agregat, Lapis Fondasi Jalan Tanpa Penutup Aspal, Stabilisasi Tanah (*Soil Stabilization*) atau Lapis Fondasi Beraspal di daerah jalur lalu lintas (termasuk jalur tempat perhentian dan persimpangan) dan di daerah bahu jalan baru yang bukan di atas timbunan baru akibat pelebaran lajur lalu lintas.
- b) Pemadatan Cerdas/*Intellegent Compaction* (IC) adalah pemadatan yang menggunakan mesin gilas (*roller*) bergetar yang dilengkapi dengan sistem pengukuran/rekaman data yang secara otomatis mencatat jumlah lintasan, kepadatan bahan, dan identifikasi anomali yang terjadi selama proses pemadatan.
- c) Pemadatan cerdas digunakan untuk memperoleh keseragaman mutu pemadatan dan harus diterapkan pada pembangunan atau rekonstruksi: jalan bebas hambatan; jalan non bebas hambatan 4 (empat) lajur atau lebih; dan pekerjaan sebagaimana yang disyaratkan dalam Syarat-syarat Khusus Kontrak (SSKK).
- d) Nilai Pengukuran Pemadatan Cerdas (*Intelligent Compaction Meter Value*, ICMV) adalah parameter untuk menilai keseragaman atau anomali pemadatan berdasarkan akselerometer (sensor yang digunakan untuk mengukur frekuensi dan amplitudo roda gilas), dapat berupa:
  - i) Nilai Ukuran Kepadatan (*Compaction Meter Value*, CMV);
  - ii) Daya Penggerak Mesin (*Machine Drive Power*, MDP);
  - iii) Nilai Kontrol Pemadatan (*Compaction Control Value*, CCV);
  - iv) Kekakuan Tanah (Kb); atau
  - v) Modulus Getaran (Evib) bergantung pada alat yang digunakan.
- e) Nilai Pengukuran Pemadatan Cerdas (ICMV) ditentukan berdasarkan jalur kontrol (*control strip*) yang digunakan sebagai identifikasi anomali pemadatan. Jalur kontrol adalah jalur percobaan pemadatan timbunan yang digunakan untuk menentukan nilai target ICMV dan jumlah lintasan optimum.
- f) *Global Positioning System* (GPS) adalah sistem untuk menentukan lokasi di permukaan bumi dengan menggunakan penyelarasan sinyal satelit. Penentuan

lokasi menggunakan teknik *Real Time Kinematic* (RTK) yang merupakan metode untuk mendapatkan posisi titik yang diinginkan dengan akurat dan dalam waktu pengamatan yang singkat.

- g) *Accelerometer* adalah suatu sensor yang digunakan untuk mengukur frekuensi dan amplitudo roda gilas.

2) Pekerjaan Spesifikasi Khusus Lain dari Seksi Lain dalam Spesifikasi Umum yang Berkaitan dengan Spesifikasi Khusus Ini

- |  |              |
|--|--------------|
| a) Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas                         | : Seksi 1.8  |
| b) Kajian Teknis Lapangan ( <i>Field Engineering</i> )           | : Seksi 1.9  |
| c) Pemeliharaan Jalan yang Berdekatan dan Bangunan Pelengkapanya | : Seksi 1.14 |
| d) Keselamatan dan Kesehatan Kerja                               | : Seksi 1.19 |
| e) Manajemen Mutu  | : Seksi 1.21 |
| f) Timbunan  | : Seksi 3.2  |
| g) Penyiapan Badan Jalan   | : Seksi 3.3  |
| h) Lapis Fondasi Agregat   | : Seksi 5.1  |
| i) Stabilisasi Tanah ( <i>Soil Stabilization</i> )               | : Seksi 5.4  |
| j) Lapis Fondasi Agregat Semen (CTB dan CTSB)                    | : Seksi 5.5  |
| k) Campuran Beraspal Panas                                       | : Seksi 6.3  |
| l) Campuran Beraspal Panas dengan Asbuton                        | : Seksi 6.5  |
| m) Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)                | : SKh-1.1.22 |

3) Standar Rujukan

Standar Nasional Indonesia (SNI)

- |                  |   |
|------------------|---|
| SNI 1966:2008    | : Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah   |
| SNI 1967:2008    | : Cara uji penentuan batas cair tanah   |
| SNI 1742:2008    | : Cara uji kepadatan ringan untuk tanah   |
| SNI 1743:2008    | : Cara uji kepadatan berat untuk tanah  |
| SNI 1744:2012    | : Metode uji CBR laboratorium   |
| SNI 2828:2011    | : Metode uji densitas tanah di tempat (lapangan) dengan konus pasir   |
| SNI 3423:2008    | : Cara uji analisis ukuran butir tanah  |
| SNI 6371:2015    | : Tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan teknik dengan sistem klasifikasi unifikasi tanah (ASTM D2487-06, MOD) |
| SNI 6795:2018    | : Metode uji untuk menentukan tanah ekspansif   |
| SNI 03-6797-2002 | : Tata cara klasifikasi tanah dan campuran tanah agregat untuk konstruksi jalan   |

American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)

- |                      |  |
|----------------------|--|
| AASHTO T310-19       | : <i>Standard method of test for in-place density and moisture content of soil and soil-aggregate by nuclear methods (shallow depth)</i> |
| AASHTO PP81-18(2020) | : <i>Standard practice for intelligent compaction technology for embankment and asphalt pavement application</i>                         |

Federal Highway Administration (FHWA)

FHWA-IF-12-002 : Accelerated implementation of intelligent compaction  
(Final Report, July 2011) technology for embankment subgrade soils, aggregate base,  
and asphalt pavement materials

Pedoman

Pd 03-2016-B : Metoda uji lendutan menggunakan *Light Weight Deflectometer* (LWD)

4) Toleransi Dimensi

Ketentuan dalam Pasal 3.2.1.2) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

5) Pengajuan Kesiapan Kerja

Ketentuan dalam Pasal 3.2.1.5) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

6) Jadwal Kerja

Ketentuan dalam Pasal 3.2.1.6) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

7) Kondisi Tempat Kerja

Ketentuan dalam Pasal 3.2.1.7) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

8) Perbaikan terhadap Lapis Terstabilisasi yang Tidak Memenuhi Ketentuan

Ketentuan dalam Pasal 3.2.1.8) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

9) Pengembalian Bentuk Pekerjaan Setelah Pengujian

Ketentuan dalam Pasal 3.2.1.9) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

10) Cuaca yang Diizinkan untuk Bekerja

Ketentuan dalam Pasal 3.2.1.10) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

11) Pengendalian Lalu Lintas

Pengendalian lalu lintas harus memenuhi ketentuan dari Seksi 1.8 Manajemen dan Keselamatan lalu Lintas dalam Spesifikasi Umum.

**SKh-1.3.34.2 PERSYARATAN BAHAN DAN PERALATAN**

1) Bahan

Bahan timbunan yang digunakan dalam pekerjaan ini harus memenuhi ketentuan yang ada pada Pasal 3.2.2 dari Spesifikasi Umum.

## 2) Peralatan

- a) Mesin gilas IC harus berupa alat pemadat bergetar drum tunggal yang digerakkan sendiri dan dilengkapi dengan akselerometer yang dipasang di dalam atau di sekitar drum untuk mengukur interaksi antara roda pemadat dan material yang dipadatkan untuk mengevaluasi pemadatan yang telah dilakukan. Roda pemadat dapat berupa drum halus atau bergerigi (*padfoot*).
- b) Mesin gilas pemadatan cerdas harus dilengkapi sistem yang terdiri dari:
  - i) Sistem yang mengukur dan mencatat parameter pemadatan menggunakan akselerometer dan *Global Positioning System* (GPS) atau sistem dengan fungsi yang sama.
  - ii) Sistem yang dilengkapi jaringan internet untuk mengirimkan data ke dalam sistem penyimpanan dan sistem perangkat yang dapat menampilkan data pendukung dan hasil pengukuran akselerometer dan GPS secara langsung.
  - iii) Sistem dokumentasi *on-board* terintegrasi yang mampu menampilkan peta kode warna *real-time* dari nilai respons kekakuan (IC-MV), lokasi alat pemadat, jumlah lintasan pemadatan terhadap material yang bersangkutan, *setting* mesin, kecepatan selama proses pemadatan, frekuensi, dan amplitudo drum alat pemadat. Unit tampilan harus mampu mentransfer data melalui *port* USB.

Sistem dapat dipasang pada *smooth drum roller* dan dilengkapi dengan peranti lunak berbasis peta yang *open-source* untuk dapat melihat serta menganalisis data yang terekam.

- c) Persyaratan ketelitian mesin gilas dan alat pendukung pada pemadatan cerdas adalah sebagai berikut.

**Tabel SKh-1.3.34.1** Persyaratan Ketelitian Peralatan *Accelerometer* dan GPS

Parameter	Ketelitian
GPS	10 – 50 mm
Frekuensi	$\pm 2$ Hz
Amplitudo	$\pm 0,2$ mm

- d) Perangkat lunak yang arus dalam alat pemadat dengan IC  
Perangkat lunak harus dapat memberi analisis data sesuai dengan standar yang dikembangkan masing masing peralatan. Program perangkat lunak akan memanfaatkan data IC-MV dari alat pemadat IC untuk analisis nilai cakupan, keseragaman, dan kekakuan selama proses pemadatan. Minimal, Informasi Data keluaran IC yang harus tersedia sebagaimana dalam Tabel SKh-1.3.34.2 dan Tabel SKh-1.3.34.3.

**Tabel SKh-1.3.34.2** Informasi Data yang Harus Tersedia Dalam IC

No.	Deskripsi	Keterangan
1	Judul	
2	Manufaktur alat	
3	Tipe alat	
4	Model alat	

No.	Deskripsi	Keterangan
5	Lebar drum (m)	
6	Diameter drum (m)	
7	Berat alat (metrik ton)	
8	Indeks nama <i>intelligent compaction measurement values</i> (IC-MV)	
9	Indeks unit IC-MV	
10	Resolusi pelaporan untuk IC-MV independen - 90 derajat hingga arah bergerak <i>roller</i> (mm)	
11	Resolusi pelaporan untuk IC-MV independen - di <i>roller</i> arah bergerak (mm)	
12	Zona UTM	
13	<i>Offset</i> ke UTC (jam)	
14	Jumlah data titik IC	

**Tabel SKh-1.3.34.3** Elemen Data Esensial yang Harus Tersedia Dalam IC

No.	Nama	Contoh Data
1	Tanggal (YYYYMMDD)	2023 02 15
2	Waktu (HHMMSS.S – format militer)	
3	<i>Longitude (decimal degrees)</i>	
4	<i>Latitude (decimal degrees)</i>	
5	<i>Easting</i> (m)	
6	<i>Northing</i> (m)	
7	Tinggi (m)	(dapat diukur dengan alat terpisah/manual)
8	Jumlah <i>passing roller</i>	Misal 4
9	Indeks arah	1 <i>forward</i> , 2 <i>reverse</i>
10	Kecepatan <i>roller</i> (kph)	4.0
11	Getaran on	e.g., 1 <i>for yes</i> , 2 <i>for no</i>
12	Frekuensi (vpm)	e.g. 3500.0
13	Amplitudo (mm)	e.g. 0.6
14	Nilai pengukuran <i>intelligent compaction</i>	e.g. 30 (hijau)

### SKh-1.3.34.3 PELAKSANAAN

#### 1) Penyiapan Tempat Kerja

Ketentuan dalam Pasal 3.2.3.1) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

#### 2) Penghamparan Timbunan

Ketentuan dalam Pasal 3.2.3.2) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

3) Pemadatan Timbunan

Ketentuan dalam Pasal 3.2.3.3) dari Spesifikasi Umum harus berlaku dengan tambahan ketentuan sebagai berikut.

- a) Kecepatan mesin gilas harus dijaga konstan pada rentang 2 – 6 km/jam.
- b) Jika data pembacaan menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka proses pengukuran lintasan harus dihentikan dan dilakukan pengecekan kondisi kepadatan serta perbaikan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

**SKh-1.3.34.4 PENGENDALIAN MUTU**

Jaminan mutu pada Spesifikasi ini harus sesuai Pasal 3.2.4 dari Spesifikasi Umum dengan tambahan ketentuan sebagai berikut.

1) Rencana Pengendalian Mutu/Quality Control Plant (QCP)

Penyedia Jasa harus mempersiapkan dan menyerahkan *Quality Control Plant* (QCP) yang berkaitan dengan pemadatan tanah secara tertulis proyek dimaksud kepada Konsultan Pengawas/Direksi Teknis. QCP harus berisi minimal informasi sebagai berikut:

- a) Persyaratan umum
  - i) QCP harus spesifik sesuai sesuai Pasal 3.2.4 dari Spesifikasi Umum, menyatakan bagaimana Penyedia Jasa mengusulkan untuk mengontrol bahan, peralatan, dan metode kerja termasuk sub kontraktor dan pemasok serta fasilitas produksi dan moda transportasi ke proyek untuk pekerjaan pemadatan tanah dengan IC.
  - ii) QCP harus menyertakan bagan organisasi yang menunjukkan semua personel QC dan bagaimana personel ini berhubungan dengan personel manajemen/produksi dan konstruksi lainnya.
  - iii) QCP harus ditandatangani dan diberi tanggal oleh perwakilan Penyedia Jasa pada saat QCP diserahkan kepada Konsultan Pengawas. QCP harus diserahkan selambat-lambatnya 7 (tujuh) hari sebelum dimulainya operasi pekerjaan timbunan.
  - iv) Pengguna Jasa atau wakilnya akan meninjau, menandatangani, dan memberi tanggal QCP jika isi QCP sesuai dengan persyaratan yang disebutkan dalam dokumen kontrak.
  - v) QCP harus dipelihara dan diikuti selama proses pemadatan. Jika terjadi revisi harus diberikan secara tertulis sebelum memulai perubahan. Revisi QCP tidak akan diimplementasikan sampai revisi diterima.
  - vi) QCP harus berisi nama, nomor telepon, personel QC yang diberi tugas dari Penyedia Jasa untuk mengaplikasikan QCP. Kualifikasi personel kendali mutu yang menangani IC adalah sebagai berikut:
    - 1. QCP *Field Manager* atau *Plan Administrator*. Bertanggung jawab atas pelaksanaan QCP dan penghubung dengan Konsultan Pengawas.
    - 2. Teknisi Kontrol Kualitas (QCT). Bertanggung jawab untuk melakukan aktivitas kontrol dan inspeksi kualitas untuk menerapkan QCP. Mungkin ada lebih dari satu QCT dalam sebuah proyek.
      - a) Memenuhi persyaratan untuk pengujian yang berlaku.



- b) Kewenangan penuh untuk melakukan tindakan yang diperlukan untuk keberhasilan implementasi QCP.
- 3. Operator Alat Pemadat dengan IC. Bertanggung jawab untuk mengoperasikan Alat pemadat IC dan peralatan IC yang terpasang. Pelatihan yang memadai untuk operator alat pemadat harus disediakan oleh perwakilan pabrikan peralatan.
- vii) Peralatan IC. Penyedia Jasa harus menyampaikan Pemasok Alat Pemadat, merek, model alat pemadat, sejumlah alat pemadat yang dilengkapi dengan IC yang akan yang akan dioperasikan, dan pemasok sistem GPS yang akan digunakan.
- viii) Operasi embankment tidak boleh dimulai sebelum QCP diterima.
- ix) Konsultan pengawas mungkin memerlukan penggantian peralatan yang tidak efektif atau tidak memenuhi syarat atau personel yang menangani QC. Pemadatan tidak boleh dilakukan sampai Pengendalian Mutu melakukan tindakan korektif.
- b) Teknisi *Quality Control* (QCT)
  - QCT bertanggung jawab:
    - i) Pengujian pemeriksaan GPS untuk alat pemadat dan *rover* IC.
    - ii) *Trial test* untuk menetapkan nilai target kepadatan kering maksimum, kadar air optimal, kadar air produksi, kekuatan bahan menggunakan *dynamic cone penetrometer* (DCP), *light weight deflektometer* (LWD), *sand cone*, pengukur nuklir, dan IC-roller (s).
    - iii) Monitoring pelaksanaan pemadatan dan penggunaan alat Pemadat IC selama produksi dan akhir pemadatan.
    - iv) Pengujian kendali mutu untuk kepadatan kering maksimum dan kadar air.
    - v) Mengunduh dan menganalisis data IC dari alat pemadat (s).
    - vi) Pengaturan harian untuk penyimpanan komponen GPS dan alat pemadat IC.
- c) Fasilitas *testing* sebelum pekerjaan dimulai
 

Lokasi pengujian dan daftar perlengkapan uji harus disediakan. Lokasi pengujian harus berukuran cukup untuk melakukan pengujian Pengendalian Mutu, dan memuaskan di mana pemadatan tanah dapat dicapai sesuai dengan AASHTO T 99 Metode A (SNI 1742:2008). Penyedia jasa harus menyediakan akses Pengguna Jasa untuk menyaksikan kegiatan Pengendalian Mutu pemadatan tanah dan fasilitas pengujian yang memungkinkan personel Pengguna Jasa untuk melakukan pengujian.

Daftar peralatan pengujian yang diusulkan untuk pengujian Pengendalian Mutu pemadatan tanah dan metode pengujian serta frekuensi kalibrasi atau verifikasi peralatan harus disertakan. Penyedia Jasa harus menyimpan catatan dari semua kalibrasi peralatan atau hasil verifikasi di fasilitas pengujian. Suatu program pengendalian pengujian mutu bahan rutin harus dilaksanakan untuk mengendalikan perubahan mutu bahan yang dibawa ke lapangan. Jumlah pengujian harus seperti yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan tetapi untuk setiap 1000 m<sup>3</sup> bahan timbunan.
- d) *Materials sampling and testing*

Prosedur pengambilan sampel dan pengujian embankment tanah dan frekuensi pengujian harus diidentifikasi dan minimal mencakup hal-hal berikut:

- i) Kadar air  
Prosedur untuk mengukur kadar air dalam tanah selama pemadatan produksi. Frekuensi minimum pengujian per pengangkatan material harus menjadi 1 (satu) pengujian untuk setiap area pemadatan.
- ii) Kekuatan  
Prosedur untuk mengukur kekuatan tanah di tempat. Frekuensi minimum pengujian harus minimal 1 (satu) pengujian untuk setiap area lokasi pekerjaan.
- iii) Kepadatan kering maksimum dan kadar air optimal  
Tata cara pengukuran berat jenis kering maksimum dan kadar air optimum pada bagian uji dan perubahan jenis tanah.
- iv) Data IC alat pemadat  
Prosedur untuk mendapatkan data dari pemadat IC. Frekuensi pengambilan data harus minimal 2 (dua) kali setiap hari dari pemadatan tanah. Data tersebut diberikan tanggal/waktu yang memungkinkan untuk evaluasi eksternal selanjutnya.
- e) *GPS check testing*  
Sebelum memulai pekerjaan pemadatan, Penyedia Jasa, perwakilan agen GPS, dan produsen IC-pemadat harus melakukan pemeriksaan dan pengaturan yang tepat dari GPS, IC-pemadat, dan *rover* dengan menggunakan datum yang sama:
  - i) Di lokasi terdekat atau dalam batas proyek, stasiun GPS baik yang didirikan di daerah kerja atau yang terpasang di alat pemadat yang langsung dihubungkan dengan satelit, dan IC-Pemadat dan *rover* GPS harus disambungkan ke *base station*.
  - ii) Verifikasi terhadap *roller* dan *rover* dapat berfungsi dengan benar dan ada koneksi dengan base stasiun.
  - iii) Koordinat *roller* dari *on-board*, tampilan kode warna harus muncul tercatat.
  - iv) *Receiver* dari *rover* harus dilepas dan ditempatkan di atas *receiver roller* dan koordinat yang ditunjukkan pada tampilan *rover* yang dapat tercatat.
  - v) Koordinat yang tercatat dalam alat pemadat dan *rover* harus dibandingkan. Jika koordinat dihitung dalam *range* 1,6 inci (40 mm), perbandingannya dapat diterima. Jika koordinat tidak dalam *range* 1,6 inci (40 mm), koreksi harus dilakukan penyesuaian sesuai kebutuhan dan langkah-langkah di atas harus diulang sampai verifikasi dapat diterima. Pekerjaan tidak akan dimulai sampai verifikasi yang tepat telah diperoleh.
  - vi) *File* yang harus diunggah ke perangkat lunak analisis Data IC dan tergantung pada kondisi alat pemadat dan komputer IC *onboard*.
  - vii) Pengujian pemeriksaan GPS harus dilakukan setiap hari selama operasi produksi.
- f) *Mapping*  
Sebelum pemadatan dimulai tanah dasar yang akan ditimbun direkomendasikan untuk dilakukan pemetaan guna mengidentifikasi area lemah yang mungkin perlu ditangani sebelum operasi pengamparan tanah berikutnya. Pemetaan selanjutnya dapat dilakukan kapan saja untuk mengenali perubahan timbunan di atasnya yang memengaruhi target IC-MV atau pengujian verifikasi kepadatan. Minimal, pemetaan produksi direkomendasikan pada permukaan akhir penimbunan dan tingkat ketinggian pada 1 kaki (0,3 m), 2 kaki (0,6 m), 4 kaki (1,2 m), dan 8 kaki (2,4 m) di bawah permukaan akhir pemadatan. Kekakuan bahan di bawahnya

akan meningkat seiring dengan kedalaman material yang dipadatkan. Prosedur kontraktor untuk pemetaan harus dilaporkan.

- g) Pengelolaan galian untuk timbunan  
Prosedur untuk pengelolaan bagian *borrow pit* dan pemotongan tanah untuk memastikan keseragaman bahan tanah harus disampaikan dalam metode kerja. Prosedur untuk penyesuaian yang diperlukan dalam pemadatan karena perubahan jenis tanah harus dijelaskan dalam metode kerja.
- h) Tanggapan terhadap hasil tes  
Tanggapan/respon terhadap uji kendali mutu untuk *trial test* dan selama pemadatan produksi harus minimal mencakup hal-hal berikut:
  - i) Kelembaban/kadar air  
Prosedur tindakan korektif jika uji kelembaban (QC) tidak berada dalam -3 dan +2 poin persentase dari kadar air optimal.
  - ii) Kekuatan/kekakuan  
Prosedur tindakan korektif dilaksanakan jika pengujian tidak memenuhi persyaratan untuk setiap jenis tanah.
  - iii) Kepadatan kering maksimum dan kadar air optimal  
Prosedur tindakan korektif apabila hasil uji kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum menunjukkan adanya perubahan jenis tanah.
  - iv) Area cakupan IC dan kriteria keseragaman  
Prosedur pengerjaan ulang area konstruksi ketika kriteria IC untuk area cakupan atau minimum IC-MV tidak terpenuhi.
- i) Dokumentasi
  - i) Pengujian mutu  
Hasil uji kelembaban, kekuatan, dan berat jenis kering maksimum, serta kadar air optimum. Semua hasil uji kendali mutu harus ditandatangani oleh QCT dan diserahkan ke *Engineer* dalam waktu 24 jam setelah pengujian.
  - ii) Perlengkapan  
Dokumentasi pembuatan, model, dan jenis *roller* yang digunakan setiap hari untuk pemadatan tanah dan IC *roller* yang digunakan untuk pemetaan pemadatan tanah. Penempatan *roller* IC dalam operasi pengerasan jalan harus diperhatikan.
  - iii) Analisis IC-MV  
Penyedia Jasa akan menganalisis data IC-MV untuk kesesuaian dengan persyaratan cakupan area dan keseragaman dan akan menyerahkan hasilnya kepada *Engineer* pada saat penyelesaian Operasi pemadatan di area yang dipadatkan.  
Data IC akan disimpan sebagai data riwayat waktu proses pekerjaan dan data pasca proses pekerjaan. Data pasca proses akan diimpor menggunakan format data *all-pass* dan *proofing*. Semua data lintasan mencakup data dari semua lintasan dan data pemeriksaan adalah data dari lintasan terakhir saja dalam area tertentu.

## 2) Hasil Pemadatan

Penyedia Jasa harus menyerahkan hasil pemadatan cerdas yang diperoleh dari peranti lunak pengolah data tetapi tidak terbatas sebagaimana dalam Tabel SKh-1.3.34.3.

3) Ketentuan Kepadatan untuk Timbunan

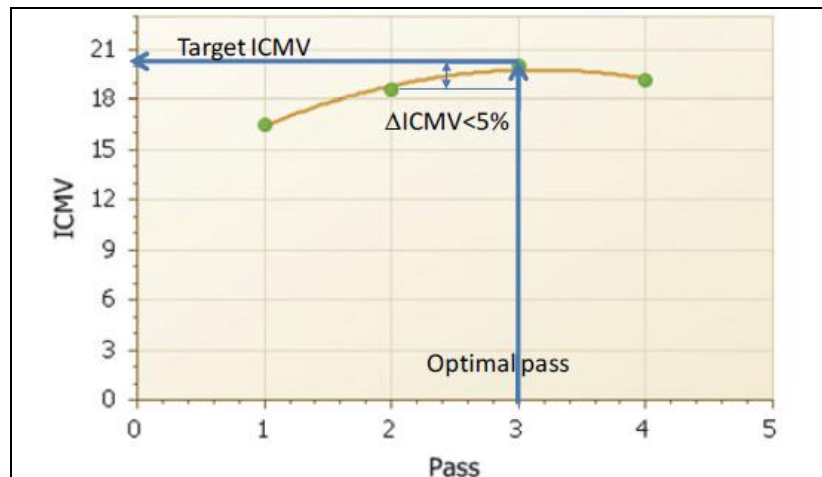
- a) Pemadatan dengan menggunakan sistem pemadatan intelijen sesuai dengan ketentuan berikut:
  - i) Minimum 90% area pemadatan mencapai jumlah lintasan optimum.
  - ii) Area pemadatan yang tidak memenuhi ketentuan pada poin (i) maka Penyedia Jasa harus memperbaiki pekerjaan sesuai dengan Pasal 3.2.1.8) dari Spesifikasi Umum.
- b) Pengujian kepadatan harus dilakukan sampai kedalaman penuh pada lokasi yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan, tetapi harus tidak boleh berselang lebih dari 200 m (sesuai Spesifikasi Umum). Untuk timbunan, paling sedikit satu rangkaian pengujian bahan yang lengkap harus dilakukan untuk setiap 1000 m<sup>3</sup> (sesuai Spesifikasi Umum) bahan timbunan yang dihampar.

4) Percobaan Pemadatan

- a) Percobaan pemadatan dimaksudkan untuk menentukan jumlah lintasan yang diperlukan untuk mencapai pemadatan pada kadar air optimal untuk material.
- b) Lokasi percobaan pemadatan harus memperoleh persetujuan dari Pengawas Pekerjaan.
- c) Bagian uji harus memiliki panjang sekitar 225 kaki (75 m) dan lebar 24 kaki (8 m).
- d) Penyedia Jasa harus melakukan percobaan pemadatan dengan menggunakan alat pemadatan intelijen pada jalur kontrol (*control strip*) untuk mendapatkan nilai kepadatan sesuai dengan ketentuan dalam Pasal 3.2.4.2) dari Spesifikasi Umum.
- e) Penyedia Jasa harus menetapkan target IC-MV yang berkorelasi dengan perangkat pengujian standar kepadatan, *sand cone*, DCP, dan LWD.
- f) Evaluasi harus dilakukan untuk berbagai jenis material yang digunakan, pada setiap terjadi pergantian material.
- g) Penyedia Jasa harus melengkapi setidaknya satu jalur kontrol menggunakan mesin gilas yang telah disetujui Pengawas Pekerjaan untuk membentuk pola penggilasan pada lapisan pertama.
- h) Jalur kontrol harus dibuat setiap terdapat perubahan sumber material, jenis material, ketebalan lapisan, tipe mesin gilas atau seperti yang ditentukan oleh Pengawas Pekerjaan.
  - i) Penyedia Jasa harus melakukan pengujian kepadatan dan pengukuran kadar air pada 3 (tiga) lokasi secara acak dengan jarak sekurang-kurangnya 60 cm dari sisi area jalur kontrol. Pengujian kepadatan dan pengukuran kadar air dilakukan setiap 2 (dua) lintasan pada lokasi yang sama. Hasil pengujian harus disaksikan dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
  - j) Pemadatan harus disetting dengan kondisi yang sama (kecepatan, frekuensi) di seluruh bagian sambil meminimalkan *overlapping* pemadatan. Setelah setiap lintasan pemadatan, diukur tingkat kepadatannya dengan menggunakan alat non-destruktif (LWD) untuk memperkirakan kepadatan atau kekakuan material yang dipadatkan di 10 (sepuluh) lokasi dengan jarak yang seragam di seluruh bagian uji dalam lebar lintasan pemadatan tunggal. Pembacaan dan jumlah lintasan pemadatan akan dicatat. Perkiraan kepadatan target akan menjadi puncak dari rata-rata pembacaan non-destruktif. Hubungan regresi linier antara data

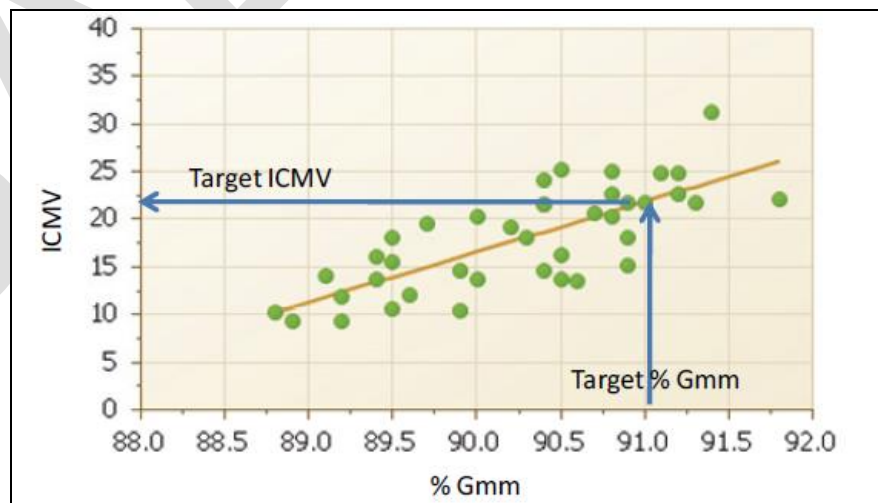
kepadatan di tempat dan jumlah lintasan akan digunakan untuk menentukan apakah proses memenuhi persyaratan pemadatan.

Target IC-MV adalah titik ketika kenaikan IC-MV material antara lintasan kurang dari 5% pada kurva pemadatan. Kurva pemadatan IC didefinisikan sebagai hubungan antara IC-MV dan lintasan pemadatan. Contoh kurva pemadatan seperti pada Gambar SKh-1.3.34.1.



**Gambar SKh-1.3.34.1** Kurva Pemadatan

Setelah target IC-MV ditentukan, padatkan bagian yang berdampungan menggunakan pengaturan alat pemadat dan perkiraan jumlah lintasan yang sama untuk memverifikasi pemadatan dengan perangkat non-destruktif yang sama. Hubungan regresi linier yang paling sesuai dengan garis lurus antara pengujian kepadatan dan data IC-MV akan digunakan untuk menetapkan target produksi IC-MV yang memenuhi persyaratan pemadatan. Contoh kurva regresi linier seperti pada Gambar SKh-1.3.34.2.



**Gambar SKh-1.3.34.2** Kurva Regresi Linier

- k) Percobaan pemadatan dapat dihentikan setelah diperoleh nilai kepadatan maksimum dari kurva kepadatan terhadap kadar air.

- l) Penyedia Jasa harus memberikan data hasil pemadatan pada jalur kontrol kepada Pengawas Pekerjaan untuk menentukan nilai target pemadatan intelijen (ICTV) dan membuat peta zonasi kepadatan berdasarkan ICMV.
- m) Penentuan ICTV dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:
  - i) ICTV merupakan titik yang menunjukkan kenaikan ICMV antar lintasan kurang dari 5% pada kurva pemadatan. Jumlah lintasan yang diperoleh dari ICTV merupakan jumlah lintasan optimum.
  - ii) Setelah menentukan ICTV dan jumlah lintasan optimum, untuk verifikasi dilakukan pemadatan di lokasi yang berdekatan dengan jalur kontrol menggunakan pengaturan mesin gilas dan jumlah lintasan yang sama. Pemadatan ini dilengkapi dengan pengujian densitas tanah di lapangan dengan menggunakan alat konus pasir dan/atau alat lain yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Data yang diperoleh digunakan untuk membuat regresi linear antara ICMV dan densitas tanah. Regresi linear ini harus membentuk korelasi dengan nilai  $R > 0,7$  atau  $R^2 > 0,5$ .

#### SKh-1.3.34.5 PENGUKURAN DAN PEMBAYARAN

##### 1) Pengukuran

Pengukuran timbunan pada pekerjaan ini harus dilaksanakan sesuai Pasal 3.2.5.1) dari Spesifikasi Umum.

##### 2) Pembayaran

Kuantitas timbunan yang diukur seperti diuraikan di atas, dalam jarak angkut berapapun yang diperlukan, harus dibayar untuk per satuan pengukuran dari masing-masing harga yang dimasukkan dalam Daftar Kuantitas dan Harga untuk Mata Pembayaran terdaftar di bawah, di mana harga tersebut harus sudah merupakan kompensasi penuh untuk pengadaan, pemasokan, penghamparan, pemadatan dengan menggunakan pemadatan intelijen, penyelesaian akhir dan pengujian bahan, seluruh biaya lain yang perlu atau biaya untuk penyelesaian yang sebagaimana mestinya dari pekerjaan yang diuraikan dalam Spesifikasi Khusus ini.

Nomor Mata Pembayaran	Uraian	Satuan Pengukuran
SKh-1.3.34.(1)	Timbunan Biasa dari Sumber Galian dengan Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(2)	Timbunan Biasa dari Hasil Galian dengan Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(3)	Timbunan Pilihan Halus dari Sumber Galian dengan Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(4)	Timbunan Pilihan Kasar dari Sumber Galian dengan Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(5)	Timbunan Pilihan Halus dari Hasil Galian dengan Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik



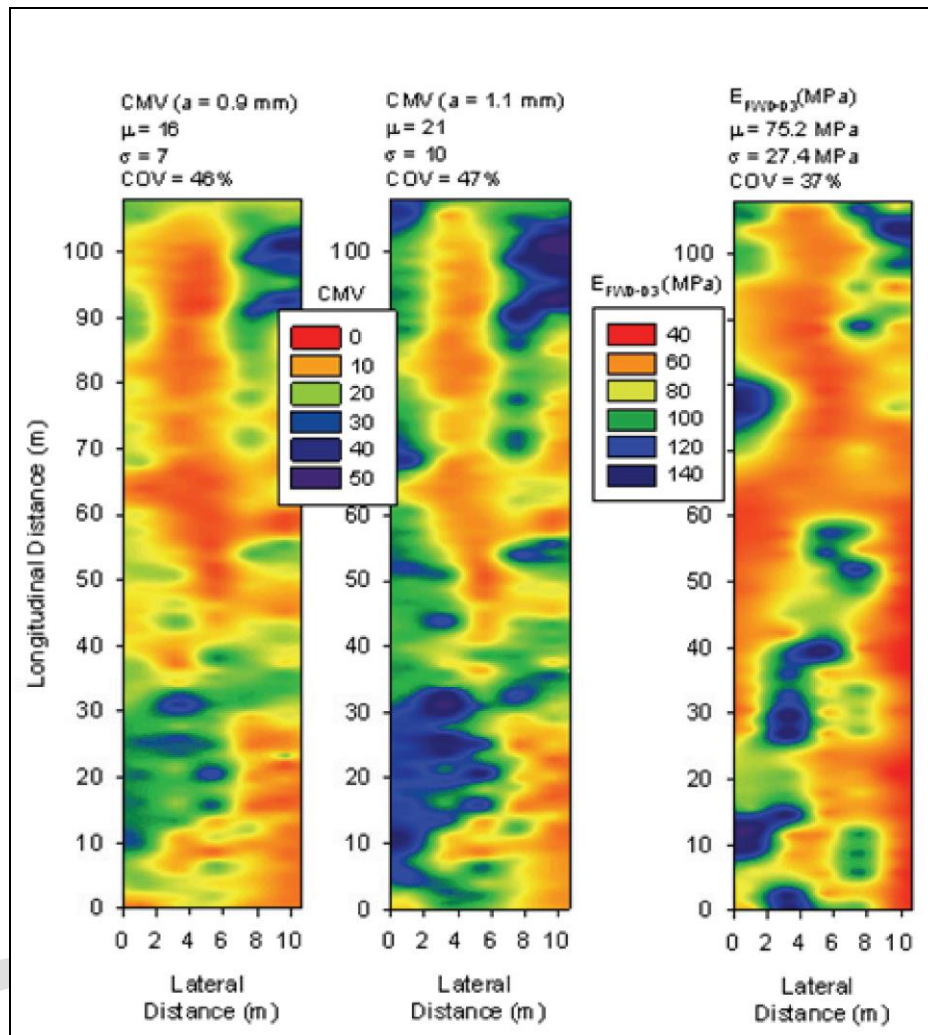
Nomor Mata Pembayaran	Uraian	Satuan Pengukuran
SKh-1.3.34.(6)	Penyiapan Badan Jalan pada Galian dengan Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(7)	Penyiapan Badan Jalan untuk Rekonstruksi Perkerasan Lama dengan Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(8)	Lapis Fondasi Agregat Kelas A dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(9)	Lapis Fondasi Agregat Kelas B dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(10)	Lapis Fondasi Agregat Kelas S dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(11)	Lapis Fondasi Agregat Kelas C dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(12)	Stabilisasi Tanah Dasar dengan Semen Menggunakan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(13)	Stabilisasi Tanah Dasar dengan Kapur Menggunakan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(14)	Lapis Fondasi Tanah Semen Menggunakan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(15)	Lapis Fondasi Tanah Kapur Semen Menggunakan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(16)	Lapis Fondasi Agregat Semen ( <i>Cement Treated Base</i> , CTB) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(17)	Lapis Fondasi Daur Ulang Agregat Semen ( <i>Cement Treated Recycling Base</i> , CTRB) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC).	Meter Kubik
SKh-1.3.34.(18)	<i>Stone Matrix Asphalt</i> Halus (SMA Halus) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton
SKh-1.3.34.(19)	<i>Stone Matrix Asphalt</i> Modifikasi Halus (SMA Mod Halus) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton
SKh-1.3.34.(20)	<i>Stone Matrix Asphalt</i> Kasar (SMA Kasar) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton
SKh-1.3.34.(21)	<i>Stone Matrix Asphalt</i> Modifikasi Kasar (SMA Mod Kasar) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton
SKh-1.3.34.(22)	Laston Lapis Aus (AC-WC) (Tumbukan 75x2) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton
SKh-1.3.34.(23)	Laston Lapis Aus Modifikasi (AC-WC Mod) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton

Nomor Mata Pembayaran	Uraian	Satuan Pengukuran
SKh-1.3.34.(24)	Laston Lapis Antara (AC-BC) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton
SKh-1.3.34.(25)	Laston Lapis Fondasi (AC-Base) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton
SKh-1.3.34.(26)	Laston Lapis Fondasi Modifikasi (AC-Base Mod) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton
SKh-1.3.34.(27)	Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asbuton Butir) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton
SKh-1.3.34.(28)	Laston Lapis Antara Asbuton Butir (AC-BC Asbuton Butir) dengan Mesin Gilas Pemadatan Cerdas (IC)	Ton



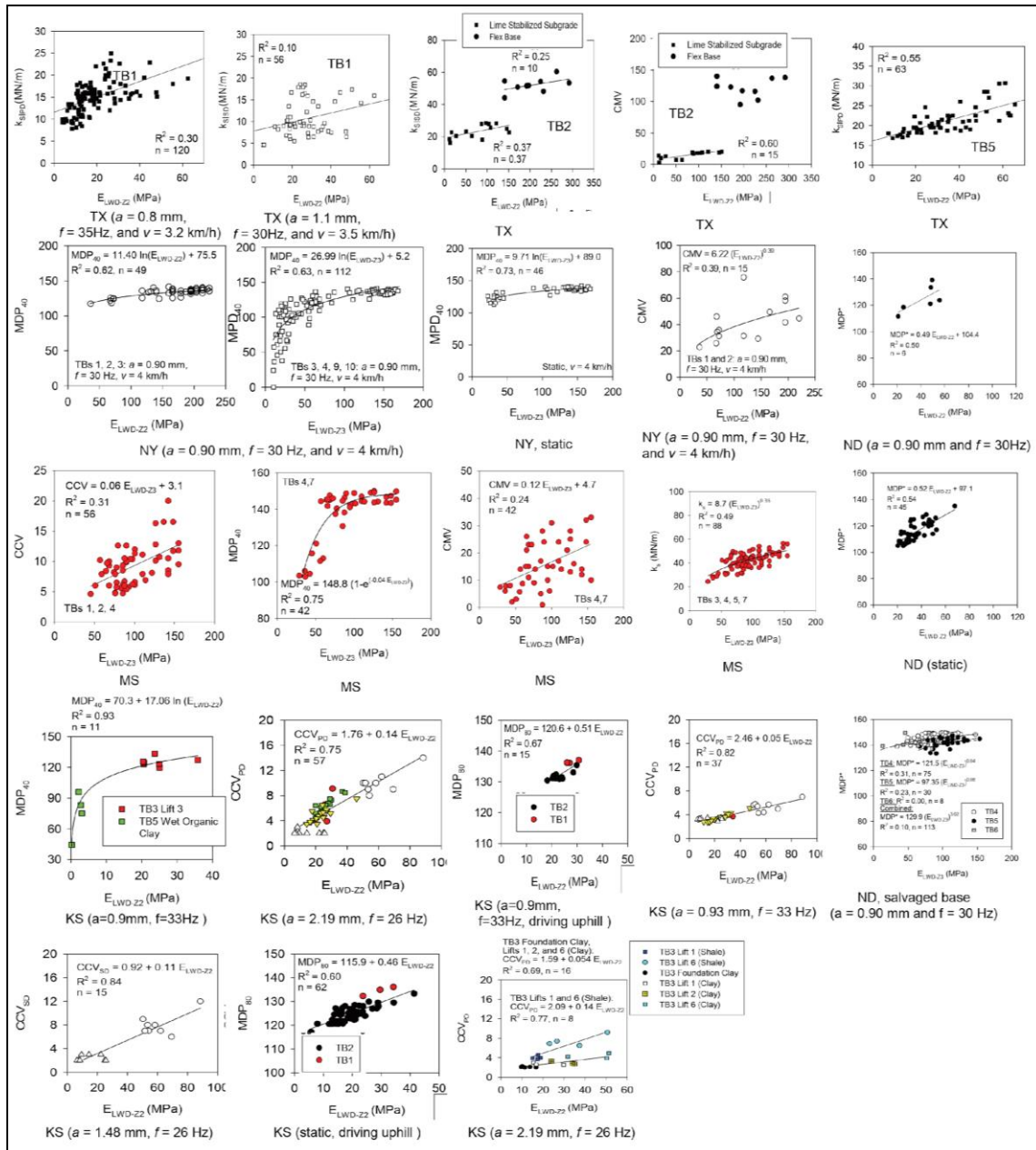
**LAMPIRAN**  
**SPESIFIKASI KHUSUS**  
**SKh-1.3.34**

**PEKERJAAN PEMADATAN KONSTRUKSI JALAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI  
 PEMADATAN CERDAS**



Sumber : FHWA-IF-12-002

**Gambar SKh-1.3.34.3** Contoh Peta Area Zonasi Kepadatan Berdasarkan ICMV



Sumber : FHWA-IF-12-002

**Gambar SKh-1.3.34.4** Contoh Grafik Korelasi Antara ICMV dan Hasil Pengujian LWD