

**SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT
NOMOR : 21/SE/M/2015
TANGGAL 23 APRIL 2015**

TENTANG

**PEDOMAN PENGUKURAN KETEBALAN SELIMUT BETON
DENGAN *COVERMETER* ELEKTROMAGNETIK**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
REPUBLIK INDONESIA

Kepada Yth.:

Para Pejabat Eselon I di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

**SURAT EDARAN
NOMOR : 21 /SE/M/2015**

TENTANG

**PEDOMAN PENGUKURAN KETEBALAN SELIMUT BETON DENGAN
COVERMETER ELEKTROMAGNETIK**

A. Umum

Pengukuran ketebalan selimut beton dan perkiraan jarak tulangan dengan alat *covermeter* elektromagnetik dalam suatu struktur beton terpasang dilakukan terutama untuk memverifikasi antara perencanaan dengan hasil pengerjaan di lapangan.

B. Dasar Pembentukan

- 1) Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintahan Provinsi, Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
- 2) Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara;
- 3) Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 16);
- 4) Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2014-2019;
- 5) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan di Bidang Jalan.

C. Maksud dan Tujuan

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pejabat Eselon I di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, perencana, pelaksana dan pengawas dalam pengukuran ketebalan selimut beton dengan *covermeter* elektromagnetik.

Surat Edaran ini bertujuan untuk menetapkan ketentuan penggunaan dan prinsip-prinsip dasar alat *covermeter* elektromagnetik untuk memperkirakan posisi tulangan dalam suatu struktur beton terpasang yang dilakukan terutama sebagai verifikasi antara perencanaan dengan hasil pekerjaan di lapangan.

D. Ruang Lingkup

Pedoman ini menetapkan ketentuan mengenai penggunaan dan prinsip-prinsip dasar alat elektromagnetik yang dapat memperkirakan ketebalan selimut beton dan posisi tulangan serta menjelaskan metode dan aplikasi yang digunakan, ketelitian yang diharapkan dan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil.

E. Penutup

Ketentuan lebih rinci mengenai Pedoman Pengukuran Ketebalan Selimut Beton dengan *Covermeter* Elektromagnetik ini tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran Menteri ini.

Demikian atas perhatian Saudara disampaikan terima kasih.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 23 April 2015

MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT,



M. BASUKI HADIMULJONO

Tembusan disampaikan kepada Yth.:

Plt. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

LAMPIRAN
SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN
UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
NOMOR : 21/SE/M/2015
TENTANG
PEDOMAN PENGUKURAN KETEBALAN
SELIMUT BETON DENGAN *COVERMETER*
ELEKTROMAGNETIK

PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

**Pengukuran ketebalan selimut beton dengan
covermeter elektromagnetik**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	iii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Kegunaan	1
5 Prinsip – prinsip dasar metode pengujian	2
6 Peralatan	2
7 Kalibrasi dasar alat <i>covermeter</i>	2
8 Prosedur.....	5
9 Ketelitian.....	6
10 Kondisi-kondisi yang mempengaruhi hasil pengujian.....	7
11 Laporan	8
 Gambar 1 Pengukuran ketebalan selimut beton sampai baja tulangan sebagai dasar kalibrasi alat <i>covermeter</i> elektromagnetik metode A	3
Gambar 2 Pengukuran ketebalan selimut beton sampai baja tulangan sebagai dasar kalibrasi alat <i>covermeter</i> elektromagnetik metode B	4
Gambar 3 Pengukuran ketebalan selimut beton sampai baja tulangan sebagai dasar kalibrasi alat <i>covermeter</i> elektromagnetik metode C	4
 Bibliografi	10
 Lampiran A Metode untuk menentukan ukuran tulangan dan selimut yang tidak diketahui.....	101
Lampiran B Ketebalan selimut aktual dan ketebalan selimut yang terindikasi	12
Lampiran C Formulir pengukuran selimut beton dan pengukuran jarak antar tulangan dengan alat <i>covermeter</i>	13
Lampiran D Contoh hasil pengukuran selimut beton dan pengukuran jarak antar tulangan dengan alat <i>covermeter</i> tipe analog	14
Lampiran E Contoh hasil pengukuran selimut beton dan pengukuran jarak antar tulangan dengan alat <i>covermeter</i> tipe digital	15

Prakata

Pedoman ini memberikan ketentuan penggunaan dan prinsip-prinsip dasar alat elektromagnetik. Ketentuan tersebut dimaksudkan untuk memperkirakan ketebalan selimut beton dan posisi tulangan.

Pedoman *Pengukuran ketebalan selimut beton dengan covermeter elektromagnetik* disusun berdasarkan referensi – referensi dari *British Standard 1881 : part 204 : 1988, Testing Concrete, Recommendations on the use of electromagnetic covermeters* dan *ACI Concrete practices non destructive testing 228.2R-2.51: Covermeters*.

Pedoman ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan 91-01/S2 melalui Gugus Kerja Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standarisasi Nasional (PSN) 8:2007 dan dibahas dalam Rapat Konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 10 Oktober 2012 di Bandung, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Pengukuran ketebalan selimut beton dan perkiraan jarak tulangan dengan alat *covermeter* elektromagnetik dalam suatu struktur beton terpasang dilakukan terutama untuk memverifikasi antara perencanaan dengan hasil pengerjaan di lapangan. Beberapa alat sejenis dengan penambahan aplikasi tertentu dapat digunakan untuk menginformasikan perkiraan diameter tulangan dalam beton.

Tingkat ketelitian pengukuran, ditentukan salah satunya dari proses kalibrasi alat sebelum digunakan dan dalam pedoman ini dijelaskan beberapa metoda yang dapat digunakan untuk mengkalibrasi alat *covermeter* elektromagnetik.

Pedoman pengukuran ketebalan selimut beton dengan *covermeter* elektromagnetik ini disusun berdasarkan referensi-referensi dari *British Standard* dan *ACI Standard*.

Pengukuran ketebalan selimut beton dengan *covermeter* elektromagnetik

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan ketentuan mengenai penggunaan dan prinsip – prinsip dasar alat elektromagnetik yang dapat memperkirakan ketebalan selimut beton dan posisi tulangan. Pedoman ini juga menjelaskan metode dan aplikasi yang digunakan, ketelitian yang diharapkan, dan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil.

2 Acuan normatif

SNI 03-2834-2000 Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal

3 Istilah dan definisi

3.1

detektor

alat pendeteksi tulangan yang memancarkan suatu medan elektromagnetik

3.2

ketebalan selimut aktual

jarak antara permukaan beton dan permukaan tulangan beton (Lampiran B, Gambar B1)

3.3

ketebalan selimut perkiraan untuk tulangan berusuk dan persegi empat

jarak antara permukaan beton dan perkiraan permukaan tulangan beton yang diperiksa (Lampiran B, Gambar B2 dan Gambar B3)

3.4

zeroing

proses awal sebuah kalibrasi alat sebelum digunakan dengan nilai awal alat berada pada nilai atau titik nol

4 Kegunaan

4.1 Untuk pengendalian mutu, yaitu dengan memastikan lokasi tulangan dan memperkirakan ketebalan selimut beton setelah pembetonan selesai dilakukan.

4.2 Untuk investigasi elemen-elemen beton yang datanya tidak tersedia atau yang perlu diperiksa.

4.3 Untuk menentukan lokasi tulangan sebagai dasar persiapan beberapa metode pengujian mengingat tulangan harus dihindari atau dapat mengganggu hasil perhitungan, seperti pengambilan sampel beton inti, pengukuran kedalaman retak dengan metode *ultrasonic* (misalnya *Ultrasonic pulse velocity-portable ultrasonic for non destructive test* (UPV-PUNDIT)) atau metode-metode permukaan lainnya.

4.4 Untuk menentukan lokasi benda-benda feromagnetik lain selain tulangan, misalnya pipa-pipa air, pipa-pipa baja dan saluran kabel.

5 Prinsip – prinsip dasar metode pengujian

Suatu medan elektromagnetik dihasilkan oleh detektor. Ketika sebuah tulangan atau benda logam lainnya berada dalam medan ini, maka arah medan elektromagnetik akan terganggu. Gangguan yang terjadi akibat adanya unsur logam tersebut menyebabkan perubahan pada kekuatan medan elektromagnetik yang dideteksi oleh detektor dan ditunjukkan oleh alat ukur.

Arah dan kedalaman logam tersebut kedua-duanya mempengaruhi pembacaan alat ukur, sehingga dapat mengetahui lokasi dan posisi tulangan. Tebal Selimut beton dapat juga ditentukan apabila telah dilakukan suatu kalibrasi yang sesuai untuk ukuran-ukuran tertentu dari tulangan dan bahan-bahan yang diselidiki.

Pada kondisi yang ideal (misalnya pelat beton dengan penulangan satu lapis dan permukaan yang rata), beberapa peralatan dapat digunakan untuk memperkirakan ukuran tulangan dan selimut beton yang tidak diketahui (Lampiran A)

6 Peralatan

Sebuah alat *covermeter* yang dioperasikan dengan baterai atau listrik, terdiri dari sebuah detektor, alat ukur (skala) dan kabel penghubung. Permukaan beton dipindai dengan detektor yang tetap ditempelkan pada permukaan beton sementara itu alat pengukur analog atau digital menunjukkan posisi tulangan terdekat.

Detektor dapat terdiri dari sistem kumparan tunggal atau kumparan ganda. Prinsip fisika yang tercakup dalam metode ini yaitu penggunaan efek *eddy current* atau efek induksi magnetik.

Alat ukur harus memiliki skala-skala pembacaan atau skala layar digital yang dikalibrasi sesuai dengan pasal 7, sehingga kedalaman selimut beton yang ditentukan dapat langsung terbaca.

Pengukuran kedalaman selimut beton, pada saat alat *covermeter* dikalibrasi, harus memiliki tingkat kesalahan sampai dengan $\pm 5\%$ atau ± 2 mm, dipilih nilai yang lebih besar, dari rentang pengukuran yang diberikan oleh produsen alat *covermeter*.

7 Kalibrasi dasar alat *covermeter*

7.1 Umum

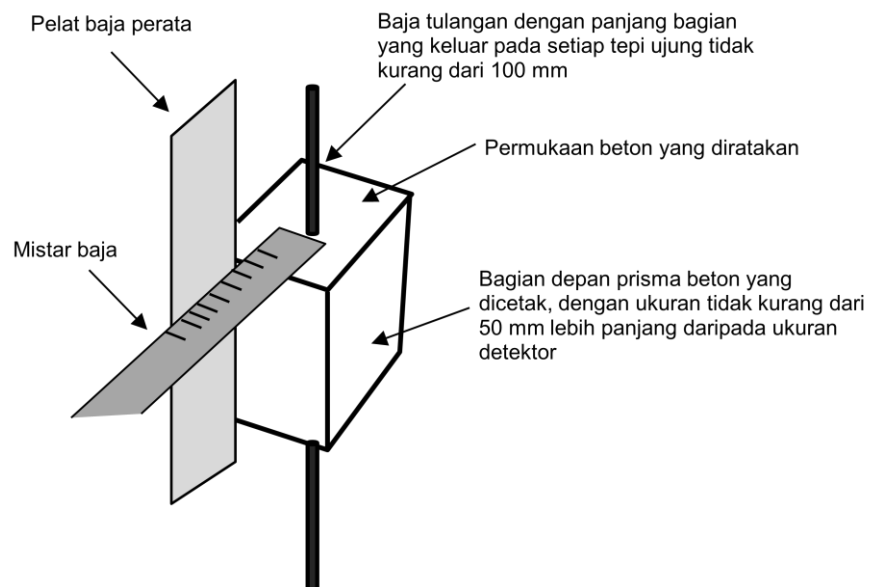
Kalibrasi antara harus dilakukan untuk memastikan ketelitian pembacaan skala. Frekuensi kalibrasi tergantung pada instruksi pembuat alat dan kondisi pemakaian *covermeter*, tetapi disarankan untuk melakukan pemeriksaan sekurang-kurangnya setiap 6 bulan. Tanggal kalibrasi harus terekam dan disimpan bersama-sama dengan alat *covermeter*. Hasil kalibrasi harus menunjukkan bahwa semua alat pengukur mempunyai ketelitian seperti yang dinyatakan dalam pasal 6.

Pada umumnya *covermeter* dioperasikan dengan tenaga baterai, tetapi jika sumber tenaga listrik juga digunakan, ketelitian kalibrasi harus diperiksa juga untuk masing-masing tipe sumber tenaga. Metode-metode kalibrasi yang ditunjukkan pada 7.2, 7.3 dan 7.4 dapat digunakan di laboratorium. Metode yang sesuai untuk kalibrasi rutin lapangan diberikan dalam pasal 8. Metode A digunakan untuk ketebalan selimut minimum 12 mm (Gambar 1), sedangkan metode B atau metode C digunakan untuk memeriksa ketebalan selimut beton kurang dari 12 mm (Gambar 2 dan Gambar 3).

7.2 Metode A

Sebuah tipe batang baja yang lurus, bersih dan halus dicetak dan ditempatkan dengan posisi yang sedemikian pada suatu prisma beton sehingga rentang pengukuran selimut aktual dapat lebih luas mengikuti rentang operasi alat yang ditentukan oleh produsen.

Kerataan permukaan cetakan beton harus diatur sedemikian rupa, sehingga perbedaan rata-rata ketebalan pada setiap permukaannya tidak lebih dari 0,5 mm.



Gambar 1 - Pengukuran ketebalan selimut beton sampai baja tulangan sebagai dasar kalibrasi alat *covermeter* elektromagnetik metode A

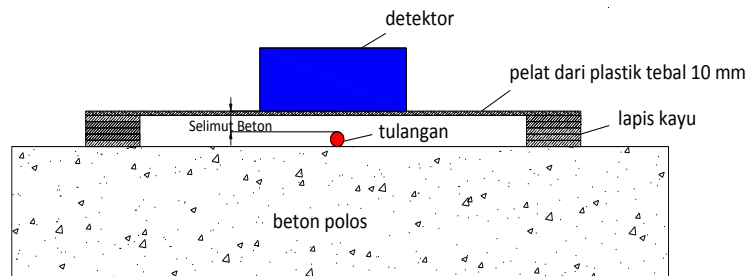
Beton untuk kalibrasi dibuat sesuai dengan SNI-03-2834-2000 dan tidak boleh mengandung agregat yang mengandung bahan-bahan cxbvbc yang bersifat magnetik. Tidak boleh ada penambahan lain ke dalam campuran beton, dan selama pencetakan, harus berhati-hati agar tulangan tidak menjadi bengkok atau bergeser.

Setelah perawatan dan pembukaan cetakan, ketebalan selimut aktual sampai ke tulangan ditentukan sampai dengan ketelitian 0,5 mm pada kedua ujung prisma beton. Jika dua pengukuran dari satu permukaan sampai ke tulangan perbedaannya tidak lebih dari 1 mm, maka nilai rata-rata tersebut dapat dinyatakan sebagai ketebalan selimut aktual, tetapi jika perbedaannya lebih dari 1 mm, maka harus dibuat prisma beton yang baru. *Covermeter* kemudian digunakan sesuai dengan instruksi yang terdapat pada alat untuk menentukan ketebalan selimut beton di seluruh permukaan beton paralel terhadap batang tulangan, dalam rentang kerja alat dan efek yang dapat mengganggu medan magnetik diminimalkan. Jika digunakan skala pembacaan terpisah untuk ukuran tulangan yang berbeda-beda, maka disarankan untuk dilakukan dahulu prosedur kalibrasi menggunakan suatu blok kalibrasi skala untuk berbagai macam ukuran batang tulangan. Dalam masing-masing kasus, rentang ketebalan selimut aktual dari empat permukaan harus lebih luas dari rentang kerja alat seperti yang diindikasikan pada masing-masing skala pembacaan.

7.3 Metode B

Tulangan baja seperti yang dijelaskan dalam metode A, dicetak dan ditempatkan kurang dari 12 mm yang mendekati detektor dan ketebalan aktual dibandingkan dengan skala pembacaan yang telah dikalibrasi.

Perlu diperhatikan, bahwa tidak boleh ada bahan-bahan logam lain seperti paku atau baut, yang berada dekat dengan kumparan pendeteksi. Detektor juga harus paralel terhadap tulangan dan kedua-duanya harus tetap pada tempatnya pada saat pembacaan dilakukan. Toleransi yang diijinkan tidak boleh lebih dari yang disyaratkan pada metode A.

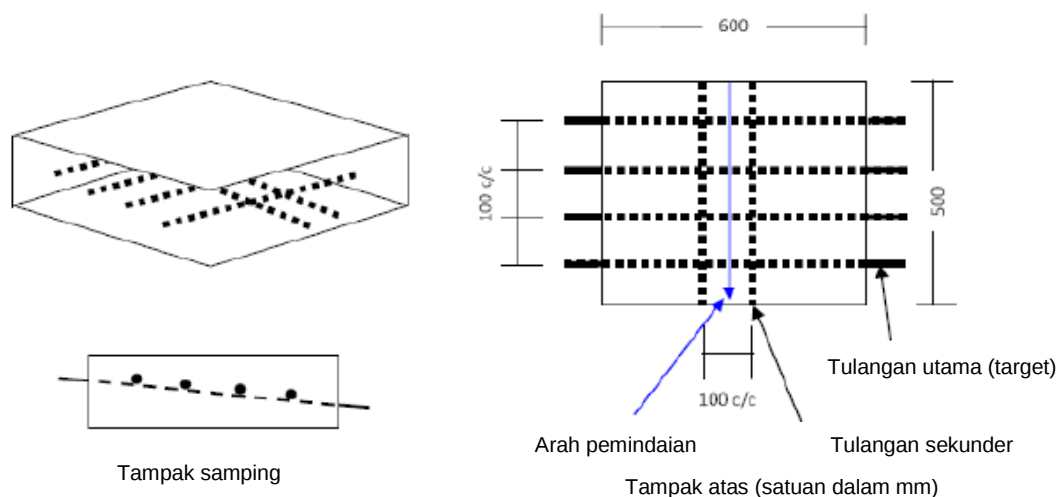


Gambar 2 - Pengukuran ketebalan selimut beton sampai baja tulangan sebagai dasar kalibrasi alat elektromagnetik *covermeter* metode B

7.4 Metode C

Satu rangkaian lubang vertikal dibuat dalam dua permukaan yang berlawanan dari boks sehingga baja tulangan seperti yang dijelaskan dalam metode A, dapat ditempatkan secara horizontal pada jarak yang berbeda-beda dari permukaan atas. Detektor ditempatkan sejajar lubang dan ketebalan selimut aktual dibandingkan dengan skala meter yang telah dikalibrasi.

Harus diperhatikan, bahwa tidak boleh ada bahan-bahan logam lain seperti paku atau baut, yang berada dekat dengan kumparan pendeteksi. Detektor juga harus paralel terhadap tulangan dan, kedua-duanya harus tetap pada tempatnya pada saat pembacaan dilakukan. Toleransi yang diijinkan tidak boleh lebih dari yang disyaratkan pada metode A.



Gambar 3 - Pengukuran ketebalan selimut beton sampai baja tulangan sebagai dasar kalibrasi alat elektromagnetik *covermeter* metode C

8 Prosedur

8.1 Prosedur pendahuluan

- hidupkan *covermeter* dan atur pengukur sampai jarum yang terdapat pada dial indikator (alat analog) menunjukkan nilai sesuai dengan tanda kalibrasi yang dikeluarkan oleh pabrikan alat (“*zeroing*”). Untuk alat tipe digital, ikuti petunjuk persiapan alat yang dikeluarkan oleh pabrikan;
- untuk semua kasus, prosedur pendahuluan ini harus dilakukan dengan hati-hati, kepala detektor harus dijauhkan dari permukaan beton bertulang dan semua hal yang dapat mengganggu medan magnet harus diminimalisasi. Menggerakkan detektor secara cepat harus dihindari karena dapat mempengaruhi proses “*zeroing*”;
- periode pemanasan alat mungkin disyaratkan oleh produsen setelah diperlukan proses penyesuaian lanjutan. Dalam segala hal, tidak boleh dilakukan pengukuran sebelum pembacaan “*no*” stabil. Selama periode pengukuran, beberapa pengecekan “*zeroing*” harus dilakukan;
- untuk alat yang menggunakan tenaga baterai, periksalah kekuatan baterai sebelum digunakan dan selama periode pengukuran;
- detektor kemudian dipindaikan di atas permukaan beton untuk menentukan ada tidaknya tulangan dalam beton. Jika terdapat tulangan dalam beton dan berada dalam rentang kerja *covermeter*, maka hal tersebut akan ditunjukkan oleh alat pengukur.

8.2 Kalibrasi lapangan

Diharuskan untuk selalu melakukan proses kalibrasi pada pekerjaan-pekerjaan di lapangan menggunakan metode-metode kalibrasi seperti yang dijelaskan pada 7.2, 7.3 atau 7.4 dan skala-skala kalibrasi yang relevan. Hal tersebut penting dilakukan ketika tipe tulangan yang diukur berbeda dengan tipe tulangan yang telah dikalibrasi di laboratorium.

Jika hasil pembacaan kalibrasi di lapangan tidak memuaskan atau jika ukuran tulangan yang ada berada di luar rentang pembacaan alat, atau apabila diperkirakan bahwa beton yang diperiksa pada suatu struktur akan mempengaruhi hasil pembacaan, maka dapat dilakukan kalibrasi seperti yang dijelaskan berikut ini.

- a. buat serangkaian lubang sampai tulangan dengan posisi yang sesuai dengan variasi ketebalan selimut beton seperti yang diindikasikan oleh alat pengukur. Jagalah agar proses tersebut tidak sampai merusak tulangan. Jarak antara tulangan dengan permukaan beton kemudian diukur pada masing-masing titik pengujian. Pengukuran juga dilakukan dengan menggunakan alat *covermeter* pada masing-masing posisi menggunakan skala acuan linier dan buatlah kurva kalibrasi. Ketebalan selimut terpasang kemudian dihitung menggunakan skala pembacaan acuan dan kurva kalibrasi tersebut;
- b. lakukan prosedur kalibrasi seperti yang dijelaskan dalam pasal 7, menggunakan ukuran dan tipe tulangan yang telah diketahui dan beton yang dibuat harus sama dengan kondisi beton yang terpasang di lapangan. Kemudian buatlah kurva kalibrasi menggunakan skala acuan linier.

Prosedur (a) mungkin lebih sesuai untuk dilakukan di lapangan, sementara prosedur (b) akan lebih sesuai untuk proses-proses pabrikasi, misalnya dalam pembuatan beton pracetak.

8.3 Pemeriksaan ketebalan selimut beton

Detektor digerakkan secara perlahan-lahan di atas permukaan beton dan ketika posisi dan keberadaan tulangan telah terdeteksi, putarkan detektor sampai pada posisi gelombang maksimum pada medan elektromagnetik terindikasi melalui meter pembaca. Pada beberapa posisi, dalam kondisi ideal, ketebalan selimut beton yang terdeteksi sampai pada tulangan terdekat dapat terbaca jika ukuran tulangan diketahui. Selanjutnya, dibuat bidang sumbu-sumbu tulangan dari garis pusat melalui titik tengah detektor.

Jika tulangan yang diperiksa tidak terlalu banyak, dimungkinkan untuk memetakan seluruh tulangan yang terdekat ke permukaan pada seluruh bidang yang diperiksa. Dimungkinkan untuk menentukan posisi tulangan yang tumpang tindih. Untuk ketelitian yang maksimum, maka gangguan-gangguan yang disebabkan oleh tulangan yang lain atau bahan-bahan magnetik lainnya harus dihindari.

8.4 Prosedur tambahan

Pada saat diperlukan ketelitian pembacaan ketebalan selimut beton pada rentang 0 mm sampai dengan 20 mm, maka disarankan untuk melakukan prosedur berikut :

Sebuah *spacer* dengan tebal 20 mm dari bahan yang tidak mempengaruhi *covermeter* seperti kayu atau plastik, ditempatkan di antara detektor dan permukaan beton. Selimut semu untuk ukuran tulangan tertentu dibaca langsung dari alat dan selimut beton diperoleh dengan mengurangi 20 mm (tebal *spacer*). Metode ini hanya cocok dalam hal permukaan beton rata dan halus (lihat pasal 10). Bila peralatan khusus tersedia untuk menyelidiki tulangan dangkal atau berjarak dekat dengan ketelitian yang ditingkatkan, maka instruksi pabrik harus diikuti.

Tergantung pada perangkat yang digunakan dan konfigurasi tulangan, teknik lain dapat diterapkan untuk memperoleh lebih banyak informasi, seperti arah penulangan atau ukuran dan selimut yang tidak diketahui. Salah satu teknik tersebut diberikan dalam lampiran A. Petunjuk produsen dapat merujuk kepada teknik lebih maju. Perlu ditekankan, bahwa hanya operator yang berpengalaman yang seharusnya menggunakan metode ini.

9 Ketelitian

Pada kondisi lapangan yang paling ideal, ketebalan selimut yang terindikasi dapat diukur dengan ketelitian mendekati ketelitian yang diperoleh di laboratorium ketika ukuran tulangan diketahui. Bila ukuran tulangan tidak diketahui dan prosedur seperti yang dijelaskan pada lampiran A digunakan, tingkat ketelitian dapat berkurang. Operator yang berpengalaman mungkin dapat mengatasi pengaruh dari beberapa sumber ketidaktelitian dengan memilih kombinasi prosedur yang paling sesuai.

Karena ketelitian *covermeter* harus dalam batas-batas yang diberikan dalam pasal 6, ketelitian pengukuran yang diperoleh di lapangan rata-rata dalam toleransi $\pm 15\%$ atau ± 5 mm, dengan proporsi lebih besar untuk penulangan dengan selimut kurang dari 100 mm.

Bila terjadi pengaruh-pengaruh seperti yang diuraikan dalam pasal 10, ketelitian pengukuran selimut dan ukuran tulangan mungkin berkurang secara signifikan meskipun keakuratan posisi tulangan tidak berkurang. Tingkat keakuratan dalam kasus tersebut dapat ditingkatkan dengan membuat pengeboran kalibrasi uji.

10 Kondisi-kondisi yang mempengaruhi hasil pengujian

10.1 Umum

Potensi berkurangnya ketelitian (yang dapat diminimalkan oleh operator yang berpengalaman) adalah karena faktor eksternal yang mempengaruhi medan magnet dalam rentang *covermeter* dan pengaruh fisik lainnya.

10.2 Baja

10.2.1 Tipe - Skala meteran terkalibrasi umumnya berlaku untuk tipe baja tertentu (lihat instruksi produsen). Pengaruh perbedaan berbagai jenis baja terhadap pembacaan yang diperoleh umumnya kecil tetapi pada kasus khusus, seperti pada tulangan prategang, mungkin terdapat kesalahan sebesar $\pm 5\%$ atau lebih. Bila terdapat bahan tersebut maka prosedur kalibrasi yang dijelaskan dalam pasal 8 harus digunakan.

10.2.2 Penampang melintang - Kurva kalibrasi atau skala yang diturunkan untuk tulangan polos umumnya dapat digunakan untuk tulangan bersirip. Perlu dicatat bahwa ketebalan minimum beton antara tulangan dan permukaan yang akan menjadi selimut terindikasi yang dikurangi tinggi sirip ditunjukkan dengan ketinggian tulang rusuk. Selimut yang ditunjukkan dalam bagian ini didefinisikan dalam 3.2 dan diilustrasikan pada Lampiran B. Ketika terdapat tulangan terpuntir, kesalahan yang signifikan mungkin akan timbul kecuali jika dilakukan prosedur kalibrasi seperti yang dijelaskan dalam pasal 8 (Bentuk yang terpuntir dan arah tulangan - Untuk keakuratan pengukuran selimut dan ukuran, tulangan harus lurus dan sejajar dengan permukaan beton).

10.2.3 Tulangan majemuk - Jarak tulangan yang terlalu dekat dapat mempengaruhi pengukuran secara berarti. Rekomendasi dari produsen harus diikuti untuk susunan tulangan bersilangan dan sejajar yang padat.

Sangat penting bahwa pengukuran pada kondisi ini dilakukan oleh operator yang berpengalaman.

Dalam kasus tulangan sejajar, detail tulangan merupakan sesuatu yang penting sehingga akurasi pengukuran ketebalan selimut beton tergantung pada beberapa faktor termasuk kepekaan dan dimensi detektor. Apabila jarak antara tulangan sejajar berkurang sedemikian sehingga tidak mungkin untuk menemukan tulangan individual. Peralatan khusus mungkin tersedia untuk meningkatkan keakuratan pengukuran selimut dan pemisahan antara tulangan individual.

Dalam kasus tulangan dalam kelompok atau yang tumpang tindih, direkomendasikan untuk melakukan kalibrasi terpisah seperti yang dijelaskan dalam pasal 8.

10.2.4 Kawat pengikat - Khususnya yang berdekatan dengan permukaan, dapat menyebabkan pembacaan selimut (*cover*) menjadi kecil dan tidak mewakili tebal selimut terhadap tulangan utama. Namun, operator yang berpengalaman akan bisa membedakan antara efek lokal dari kawat, paku, dan lain-lain yang mempengaruhi efek pembacaan pada tulangan utama.

10.2.5 Bentuk tulangan - Kekurangan dari alat ini adalah tidak bisa membedakan bentuk tulangan apakah tulangan yang terpasang berupa tulangan polos atau tulangan berulir.

10.3 Beton

10.3.1 Agregat - Ketidaktelitian yang signifikan dalam selimut beton yang terukur, mungkin timbul bila terdapat agregat yang bersifat magnetik (misalnya *slag* dalam campuran beton) .

Demikian pula, pekerjaan penyelesaian khusus pada lantai dapat menyebabkan pengukuran tidak akurat meskipun masih mungkin untuk menentukan posisi dari batang individual.

10.3.2 Dalam beberapa kasus, kalibrasi yang dilakukan sebagaimana dijelaskan dalam pasal 8 dapat membantu, tetapi hasil yang diperoleh harus dievaluasi secara berhati-hati.

10.3.3 Adanya bahan magnetik dapat dideteksi dengan menempatkan detektor pada beton pada posisi di luar rentang pengaruh batang terdekat dan mengamati pembacaan alat pengukur.

10.3.4 Matriks - Variasi sifat magnetik semen dan setiap penambahan cenderung mempengaruhi pengukuran selimut..

10.3.5 Penyelesaian permukaan - Bila terdapat permukaan kasar atau bergelombang, misalnya agregat terekspos, efek pada selimut terukur akan mirip dengan ketidakrataan permukaan dalam area detektor.

10.4 Temperatur

Beberapa detektor sangat peka terhadap perubahan temperatur yang diakibatkan oleh tangan operator atau temperature lingkungan, sehingga penyesuaian titik nol harus lebih sering dilakukan.

10.5 Gangguan lain

Pengaruh gangguan akan terjadi berdekatan dengan struktur logam dengan ukuran yang berarti seperti pengikat jendela, perancah dan pipa baja, terutama bila mereka terdapat di belakang detektor. Tingkat pengaruh akan bergantung pada jenis *covermeter* yang digunakan tetapi semua dipengaruhi oleh medan magnet atau medan listrik atau keduanya. Dalam kasus demikian, penggunaan peralatan sangat dibatasi.

10.6 Korosi tulangan

Apabila korosi pada tulangan telah terjadi, khususnya, kerak dan meluasnya produk korosi, kemungkinan terjadi kesalahan dalam pembacaan selimut terukur.

11 Laporan

11.1 Umum

Laporan harus menyatakan bahwa metode yang digunakan sudah sesuai dengan yang dijelaskan dalam pedoman ini. Bila teknik khusus lainnya digunakan, maka harus diuraikan secara jelas.

11.2 Informasi yang tercakup dalam laporan uji

Laporan pengujian harus mencakup informasi berikut:

- a) tanggal, waktu dan tempat pengujian
- b) deskripsi struktur atau komponen yang diperiksa;
- c) lokasi daerah uji;
- d) rincian dari beton dalam daerah uji, dengan mengacu pada faktor-faktor yang mungkin berpengaruh (lihat pasal 10);

- e) pembuat dan jenis *covermeter* yang digunakan dan tanggal kalibrasi laboratorium terakhir;
- f) rincian dari setiap prosedur kalibrasi lapangan;
- g) nilai-nilai terukur dari selimut dan / atau ukuran batang tulangan. Bila nilai-nilai ini diperoleh melalui perhitungan, hal tersebut harus dijelaskan;
- h) estimasi keakuratan pengukuran kuantitatif;
- i) konfigurasi tulangan baja, jika diperlukan, termasuk jarak batang tulangan individual. Sketsa dapat membantu.

Bibliografi

1. BS 1881 Part 204:1988, *Testing concrete, Recommendations on the use of electromagnetic covermeters.*
2. ACI, *Concrete practices non destructive testing: Covermeter.*

Lampiran A (normatif)

Metode untuk menentukan ukuran tulangan dan selimut yang tidak diketahui

Metode ini dapat digunakan dengan alat yang memiliki skala kalibrasi yang terpisah untuk berbagai ukuran batang tulangan. Rentang selimut yang sesuai dengan metode yang diterapkan akan tergantung pada peralatan yang digunakan.

Pengukuran selimut semu dibuat dengan menggunakan metode yang dijelaskan dalam pasal 6, pengukuran yang dicatat, mengasumsikan tiap ukuran batang yang terkalibrasi sebagai, x_i .

Prosedur ini diulang setelah memasukkan *spacer* non-logam dengan ketebalan diketahui, d , antara detektor dan permukaan beton, y_i .

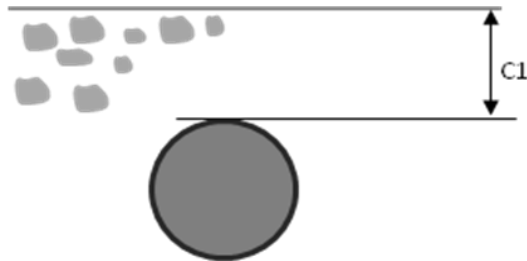
Pembacaan pertama dikurangi dari pembacaan kedua untuk setiap skala, ($D_i = y_i - x_i$) dan ukuran batang tulangan yang sebenarnya diambil untuk kondisi kalibrasi $D_1 = d$. Cara grafis dapat membantu dalam meningkatkan ketelitian metode ini.

Setelah ukuran tulangan ditentukan, selimut terukur dapat dibaca dari masing-masing skala.

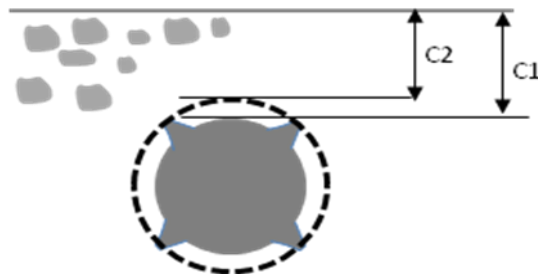
Pada kondisi ideal, ketelitian kurang dari 20% dapat dicapai untuk ukuran tulangan maupun selimut dengan menggunakan prosedur ini.

Operator berpengalaman akan menggunakan *spacer* dengan ketebalan yang berbeda dan pengukuran berulang, sehingga dapat memperbaiki tingkat ketelitian. Namun, efek-efek yang dimaksud dalam pasal 9 dapat menjadi penting dalam hal ini. Metode ini tidak sesuai untuk penulangan yang rapat.

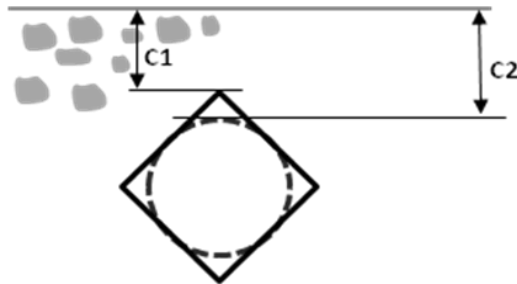
**Lampiran B
(normatif)
Ketebalan selimut aktual**



Gambar B.1 - Baja tulangan polos ($cm = C_1$)



Gambar B.2 - Baja tulangan berusuk ($cm = C_2$)



Gambar B.3 - Baja tulangan persegi empat ($cm = 0,5 (C_1 + C_2)$)

**Lampiran C
(normatif)**

Formulir pengukuran perkiraan ketebalan selimut beton dan pengukuran jarak antar tulangan dengan alat *covermeter*

Lokasi pengujian :

Tanggal pengujian :

Elemen yang di uji :

Faktor kalibrasi :

N o.	Tebal selimut beton (mm)		Perkiraan jarak antar tulangan (mm)	
	Tulangan memanjang	Tulangan melintang	Tulangan memanjang	Tulangan melintang

Sketsa posisi tulangan

Diperiksa Oleh,

Teknisi penguji,

()

()

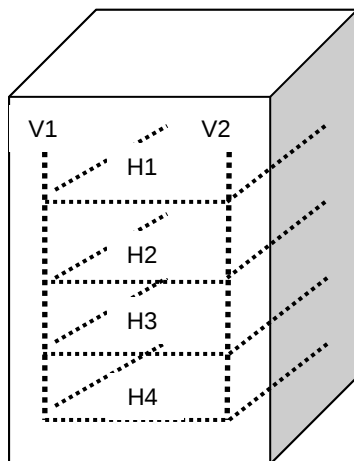
**Lampiran D
(informatif)**

Contoh hasil pengukuran perkiraan ketebalan selimut beton dan pengukuran jarak antar tulangan dengan alat *covermeter* tipe analog

Lokasi pengujian : Jembatan Lodan
 Tanggal pengujian : 8/7/2011
 Elemen yang di uji : Pilar 1A
 Faktor kalibrasi : ± 1 mm

No.	Tebal selimut beton (mm)		Perkiraan jarak antar tulangan (mm)	
	Tulangan memanjang	Tulangan melintang	Tulangan memanjang	Tulangan melintang
	V1 = 50	H1 = 48	V1 – V2 = 200	H1 – H2 = 120
	V2 = 50	H2 = 48		H2 – H3 = 100
		H3 = 47		H3 – H4 = 85
		H4 = 47		

Sketsa posisi tulangan



Diperiksa oleh,

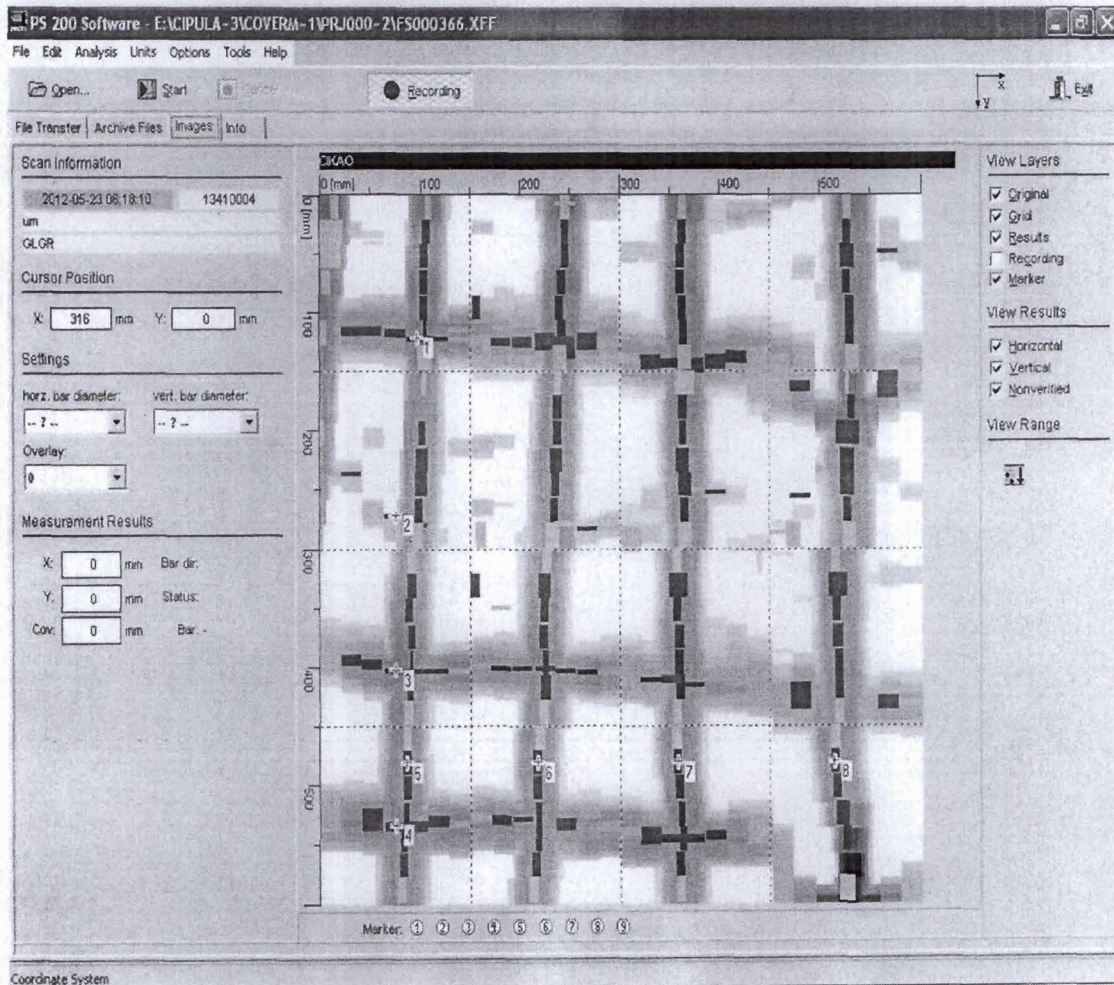
(Hadi Gunawan S)

Teknisi penguji,

(Budi Subrata)

Lampiran E
(informatif)

Contoh hasil pengukuran perkiraan ketebalan selimut beton dan pengukuran jarak antar tulangan dengan alat cover meter tipe perekam digital



Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 23 April 2015

MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT,

M. Basuki Hadimuljono

M. BASUKI HADIMULJONO