TUGAS AKHIR

PENGARUH TEBAL SELIMUT BETON TERHADAP AKURASI PEMBACAAN ALAT PEMINDAIAN TULANGAN
(*THE EFFECT OF CONCRETE COVER THICKNESS ON THE ACCURACY OF REBAR SCANNING*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Bayu Sidianto
19511004

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025

TUGAS AKHIR

PENGARUH TEBAL SELIMUT BETON TERHADAP AKURASI PEMBACAAN ALAT PEMINDAIAN TULANGAN

(*THE EFFECT OF CONCRETE COVER THICKNESS ON THE ACCURACY OF REBAR SCANNING*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun oleh

Bayu Sidianto
19511004

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil
Diuji pada tanggal
2 Oktober 2025

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Astriana Hardawati, S.T.,M.Eng.	Jafar, S.T.,MURP.,M.T.	Anggit Mas Arifudin, S.T.,M.T.
NIK : 16511301	NIK : 18511305	NIK : 18511304

Mengesahkan
Ketua Prodi Teknik Sipil

Ir. Yunalia Muntafi, S.T.,M.T.,Ph.D.(Eng).,IPM
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 18 September 2025

Yang membuat pernyataan,



Bayu Sidianto

(19511004)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta hidayahNYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pengaruh Tebal Selimut Beton Terhadap Akurasi Pembacaan Alat Rebar Scaner*. Penyususnan Tugas Akhir ini merupakan salah satu prasyart yang harus ditempuh untuk menyelesaikan studi tingkat strata satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir tentu saya tidak bekerja sendirian. Banyak sekali keterlibatan dari orang-orang terdekat saya yang telah memberikan dukungan maupun bantuan, sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir dengan hasil yang maksimal. Berkaitan dengan partisipasi dan dukungan yang telah diberikan kepada saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir, saya mengucapkan Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Malik Mushthofa, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Proposal yang telah memberikan banyak bimbingan, nasihat, saran dan motivasi yang membangun selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak bimbingan, nasihat, saran dan motivasi yang membangun selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan saran dan bantuan selama masa perkuliahan sehingga mempermudah proses akademik saya secara maksimal.
5. Keluarga besar saya tercinta terutama Ayah Subadi yang telah menjadi sosok

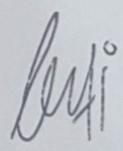
motivator saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan dan Ibunda Susiyanti yang senantiasa menyumbang doa, dukungan, serta bimbingan dari saya kecil hingga sekarang.

6. Rekan rekan Artha yang selalu menemani dan memberikan dukungan penuh dalam proses pengerjaan tugas akhir sampai selesai
7. *Last but not least, I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for doing all this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for, for never quitting. I wanna thank me for always being a giver And tryna give more than I recieve. I wanna thank me for tryna do more right than wrong. I wanna thank me for just being me at all times*

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kesalahan. Untuk itu saya memohon maaf serta mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi saya dan berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 18 September 2025

Penulis,



Bayu Sidianto

(19511004)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR TABEL xii

ABSTRAK xiv

ABSTRACT xv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.4.1 Manfaat untuk Peneliti 3

1.4.2 Manfaat untuk Pembaca 3

1.5 Batasan Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAK 5

2.1 Tinjauan Umum 5

2.2 Penelitian Terdahulu 6

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang 9

BAB III LANDASAN TEORI 12
3.1 Beton 12
3.2 Bahan Penyusun Beton 12
3.2.1 Semen *Portland* (*Portland Cement*) 12
3.2.2 Agregat 13
3.2.3 Air 15
3.3 Perencanaan Campuran Beton Normal 15
3.4 Beton Bertulang 23
3.5 *Rebar Scanner* 24
3.5.1 Prinsip kerja *rebar scanner* 25
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 29
4.1 Umum 29
4.2 Variabel Penelitian 29
4.3 Bahan yang Digunakan 29
4.4 Alat yang digunakan 30
4.5 Benda Uji 31
4.6 Pelaksanaan Penelitian 31
4.6.1 Tahap Persiapan 31
4.6.2 Pengujian Agregat 32
4.6.3 Perencanaan Campuran (*Mix Design*) 32
4.6.4 Pembuatan benda uji 32
4.6.5 Pengujian Sampel 34
4.6.6 Olah Data 34
4.6.7 Analisis Pengujian 35
4.6.8 Pembahasan 35

4.6.9 Kesimpulan dan Saran 35

4.6.10 Kerangka Konsep Penelitian 36

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 38

5.1 Uji Propertis 38

5.1.1 Agregat Halus 38

5.1.2 Agregat Kasar 44

5.2 *Mix Design* 49

5.3 Pengujian Tekan Silinder 55

5.4 Pengujian Pelat untuk Membaca Tebal Selimut dengan Rebar Scanner 56

5.4.1 Pengujian pelat dengan tebal selimut 25 mm 56

5.4.2 Pelat dengan tebal selimut 35 mm 59

5.4.3 Pelat dengan tebal selimut 40 mm 61

5.4.4 Rekapitulasi Pengujian Tebal Selimut dengan Rebar Scanner 63

5.5 Pengujian Pelat untuk Membaca Diameter Tulangan dengan Rebar Scanner 65

5.5.1 Pengujian pelat dengan diameter 8 mm 66

5.5.2 Pengujian pelat dengan diameter 10 mm 68

5.5.3 Pengujian pelat dengan diameter 12 mm 70

5.5.4 Rekapitulasi pengujian diameter tulangan 71

5.6 Hubungan Antara Rebar Scanner dengan Beton dan Baja Tulangan 72

5.6.1 Baja tulangan 72

5.6.2 Beton 74

BAB VI 77

6.1 Kesimpulan 77

6.2 Saran 78

LAMPIRAN 81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Fakor Air Semen 18

Gambar 3.2 Grafik persen agregat halus terhadap kadar total yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm 20

Gambar 3.3 Grafik persen agregat halus terhadap kadar total yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm 21

Gambar 3.4 Grafik persen agregat halus terhadap kadar total yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm 21

Gambar 3.5 Perkiraan berat isi beton basah yan telah selesai dipadatkan 22

Gambar 3.6 Penentuan Tebal Selimut Beton dengan *Rebar Scanner* 24

Gambar 3.7 Metode Kalibrasi *Rebar Scanner* 26

Gambar 4.1 Denah sampel pelat benda uji 1 33

Gambar 4.2 Denah sampel pelat benda uji 2 33

Gambar 4.3 Denah sampel pelat benda uji 3 34

Gambar 4.1 Flowchart Penelitian 36

Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1 42

Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 2 42

Gambar 5.3 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1 47

Gambar 5.4 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2 48

Gambar 5.5 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen 50

Gambar 5.6 Grafik persen pasir terhadap total agregat (ukuran butir maksimum 20 mm) 52

Gambar 5.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah 53

Gambar 5.8 Benda uji 1 57

Gambar 5.9 Grafik Hasil Pengujian Tebal Selimut Beton pada Benda Uji 1 59

Gambar 5.10 Benda uji 2 60

Gambar 5.11 Grafik Hasil Pengujian Tebal Selimut Beton pada Benda Uji 2 61

Gambar 5.12 Benda uji 3 62

Gambar 5.13 Grafik Hasil Pengujian Tebal Selimut Beton pada Benda Uji 3 63

Gambar 5.14 Grafik Rekapitulasi Hasil Pengujian Tebal Selimut Beton 65

Gambar 5.15 Grafik Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Diameter Tulangan 8 mm 68

Gambar 5.16 Grafik Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Diameter Tulangan 10 mm 69

Gambar 5.17 Grafik Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Diameter Tulangan 12 mm 70

Gambar 5.15 Grafik Rekapitulasi Hasil Pembacaan Diameter Tulangan dengan Profometer 5+ 72

Gambar 5.16 Ilustrasi Arus Eddy 73

Gambar 5.17 Ilustrasi Atenuasi pada Gelombang Elektromagnetik 75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu 10

Tabel 3.1 Jenis Semen *Portland* dan Fungsinya 13

Tabel 3.1 Nilai Deviasi untuk Pengendalian Mutu 16

Tabel 3.2 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar 16

Tabel 3.3 Persyaratan Kuat Tekan Beton dengan FAS dan Agregat Kasar yang Dipakai di Indonesia 17

Tabel 3.4 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus 18

Tabel 3.5 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/$m3$) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton 19

Tabel 4.1 Data Benda Uji 32

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Pemereriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus 39

Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1 40

Tabel 5.3 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2 41

Tabel 5.4 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat 43

Tabel 5.5 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur 43

Tabel 5.6 Hasil Pemeriksaan Uji Lolos Saringan No.200 44

Tabel 5.7 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar 45

Tabel 5.8 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1 46

Tabel 5.9 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2 47

Tabel 5.10 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat 49

Tabel 5.11 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur 49

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Tekan Benda Uji Silinder 56

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Tebal Selimut 25 mm 57

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Angka Koreksi 58

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Tebal Selimut 35 mm 60

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Tebal Selimut 40 mm 62

Tabel 5.16 Rata-Rata Rekapitulasi Pengujian Rebar Scanner pada Tebal Selimut dan Angka Koreksi 63

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Diameter Tulangan 8 mm 66

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Angka Koreksi 67

Tabel 5.19 Hasil pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Diameter Tulangan 10 mm 68

Tabel 5.20 Hasil pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Diameter Tulangan 12 mm 70

Tabel 5.21 Rata-Rata Rekapitulasi pengujian Rebar Scanner pada Diameter Tulangan dan Angka Koreksi 71

ABSTRAK

Beton betulang umumnya digunakan sebagai material utama untuk infrastruktur. Namun beton bertulang memiliki masa layanan tertentu sehingga diperlukan inspeksi untuk mengetahui kelayakan bangunan. Penelitian ini membahas tentang pengujian rebar scanner untuk mengetahui pengaruh tebal selimut beton dan diameter tulangan terhadap hasil pembacaan rebar scanner.

Benda uji yang digunakan adalah tiga pelat beton dengan variasi tebal selimut 25 mm, 35 mm, dan 40 mm. Setiap pelat memiliki tiga variasi diameter tulangan yaitu 8 mm, 10 mm, dan 12 mm. Pengujian ini dilakukan dengan alat profometer 5+ yang menggunakan teknologi gelombang elektromagnetik. Pengujian ini dilakukan pada pelat beton bertulang berukuran 60 cm x 40 cm x 10 cm. Mix design beton mengacu pada SNI 2843-2000 dengan mutu beton rencana 25 MPa.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi diameter tulangan dan tebal selimut beton mempengaruhi hasil pembacaan rebar scanner. Pembacaan tebal selimut dengan diameter 12 mm menghasilkan angka koreksi hingga -11,67%. Pembacaan pada diameter 8 mm menghasilkan angka koreksi positif hingga 12%. Namun pada pembacaan diameter 10 menghasilkan angka koreksi 0%. Pada pengujian selimut beton menunjukkan bahwa semakin tebal selimut beton maka angka koreksi yang dihasilkan akan semakin besar. Pengujian pada tebal selimut 25 mm, 30 mm, dan 40 mm menghasilkan angka koreksi secara berurutan hingga -2,04% , -4,42, dan -5,70%.

Kata Kunci: Beton, Rebar Scanner, Tebal Selimut Beton, Diameter Tulangan, Profometer 5+

ABSTRACT

Reinforced concrete is commonly used as the main material for infrastructure. However, reinforced concrete has a certain service life, so inspections are needed to determine the suitability of buildings. This study discusses the testing of rebar scanners to determine the effect of concrete cover thickness and rebar diameter on rebar scanner readings.

The test specimens used were three concrete slabs with concrete cover thickness variations of 25 mm, 35 mm, and 40 mm. Each slab had three rebar diameter variations: 8 mm, 10 mm, and 12 mm. The testing was conducted using a Profometer 5+ device employing electromagnetic wave technology. The testing was conducted on reinforced concrete slabs measuring 60 cm x 40 cm x 10 cm. The concrete mix design referred to SNI 2843-2000 with a planned concrete strength of 25 MPa.

The results of this study indicate that variations in rebar diameter and concrete cover thickness affect the readings of the rebar scanner. The concrete cover thickness reading with a diameter of 12 mm resulted in a correction value of up to -11.67%. The reading at a diameter of 8 mm resulted in a positive correction value of up to 12%. However, the reading at a diameter of 10 mm resulted in a correction value of 0%. The concrete cover testing showed that as the concrete cover thickness increases, the correction value produced also increases. Tests on concrete cover thicknesses of 25 mm, 30 mm, and 40 mm produced correction values of -2.04%, -4.42%, and -5.70%, respectively.

Keywords: Concrete, Rebar Scanner, Concrete Cover Thickness, Rebar Diameter, Profometer 5+

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang sering dijadikan pilihan di Indonesia sebagai material utama dalam proyek konstruksi. Mulai dari pembangunan infrastruktur umum maupun pribadi seperti konstruksi jalan, jembatan, gedung bertingkat, hingga rumah hunian. Beton merupakan material yang serbaguna dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan dalam proyek konstruksi karena memiliki proses pengerjaan yang mudah. Berdasarkan sifatnya beton memiliki kemampuan yang baik untuk menahan gaya tekan, namun beton tidak cukup kuat untuk menahan gaya tarik. Oleh karena itu, perlu tulangan untuk menahan gaya tarik untuk memikul beban beban yang bekerja pada beton (Nawy, 1998).

Konfigurasi jumlah dan diameter baja tulangan dalam struktur beton bertulang dapat dipetakan dengan beberapa metode pengujian yaitu pengujian destruktif dan non-destruktif. Pengujian destruktif merupakan pengujian untuk menentukan mutu beton bertulang secara langsung namun berpotensi merusak beton tersebut. Pengujian non-destruktif merupakan jenis pengujian untuk mengestimasi kualitas beton tanpa merusak. Salah satu pengujian non-destruktif pada mutu beton bisa menggunakan *hammer test* sedangkan untuk menentukan jumlah dan diameter tulangan dapat menggunakan *rebar scanner*.

Pemahaman yang mendalam tentang kondisi tulangan beton eksisting pada struktur bangunan sangat diperlukan untuk melakukan analisis struktur. Analisis tulangan beton eksisting sangat penting untuk memastikan kekuatan, keandalan, dan integritas struktur tersebut. Seiring perkembangan teknologi dalam bidang industri konstruksi, dikembangkan pengujian kekuatan beton struktur eksisting menggunakan metode pengujian non-destruktif sehingga tidak merusak beton (Pandaleke dkk, 2018). Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode

Rebar Scanner. Metode *Rebar Scanner* merupakan teknik yang menggunakan perangkat berbasis pemindaian, seperti alat pemindaian elektromagnetik atau alat pemindaian ultrasonik, untuk mengidentifikasi dan menganalisis posisi, jumlah, dan kondisi tulangan beton di dalam struktur (Apriani, 2016). Metode ini memungkinkan para insinyur sipil dan profesional konstruksi untuk memperoleh data tentang tulangan beton tanpa merusak struktur secara signifikan.

Kelebihan dari metode *rebar scanner* adalah memungkinkan pengguna untuk mendapatkan informasi tentang diameter, jumlah dan jarak tulangan beton di dalam struktur tanpa merusaknya. Metode ini dapat membantu dalam identifikasi kerusakan struktural, korosi, atau ketidaksesuaian desain yang mungkin terjadi pada tulangan beton. Selain itu, penggunaan metode ini dapat menghemat waktu, biaya, dan upaya yang dibutuhkan untuk menganalisis tulangan beton. Metode tersebut dapat digunakan sebagai dasar informasi dan acuan dalam perencanaan ulang, perbaikan, atau pemeliharaan struktur beton yang tepat.

Atas dasar pemaparan diatas peneliti berminat untuk melakukan penelitian tentang "Pengaruh Tebal Selimut Beton Terhadap Hasil Pembacaan *Rebar Scanner*" dalam mengidentifikasi pengaruh tebal selimut beton terhadap akurasi hasil pembacaan *rebar scanner*. Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan sampel bahan uji berupa pelat beton yang telah direncanakan. Kemudian dilakukan pemindaian menggunakan *rebar scanner* untuk melihat kesesuaian antara kondisi penampang aktual dengan hasil pembacaan *rebar scanner*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi diameter tulangan terhadap hasil pembacaan tebal selimut dengan *rebar scanner*?
2. Bagaimana pengaruh tebal selimut beton terhadap hasil pembacaan diameter tulangan dengan *rebar scanner*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka didapatkan tujuan dari tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi pengaruh variasi diameter tulangan terhadap hasil pembacaan tebal seliimut dengan *rebar scanner*.
2. Mengidentifikasi pengaruh tebal selimut beton terhadap hasil pembacaan diameter tulangan dengan *rebar scanner.*

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat untuk Peneliti

Manfaat penelitian yang diperoleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Peneliti mampu memahami proses *mix design* beton mutu f'c 25 MPa dan membuat benda uji sesuai rencana.
2. Peneliti mampu memahami prosedur pengujian tulangan menggunakan alat *rebar scaner*.
3. Peneliti mampu membandingkan pengaruh tebal selimut beton terhadap pembacaan *rebar scaner*.

1.4.2 Manfaat untuk Pembaca

Manfaat penelitian yang diharapkan akan didapat oleh pembaca adalah sebagai berikut:

1. Pembaca dapat menambah wawasan tentang *mix design* beton yang sesuai dengan SNI 2834:2000.
2. Pembaca mendapatkan referensi sebagai bahan bacaan atau sebagai rujukan untuk mengembangkan penelitian tentang *rebar scaner*.
3. Pembaca dapat menjadikan penelitian ini sebagai rujukan untuk penggunaan alat *rebar scaner* di lapangan.

1.5 Batasan Penelitian

Topik penelitian tentang "Pengaruh Tebal Selimut Beton Terhadap Hasil Pembacaan *Rebar Scaner*" memiliki cakupan pembahasan yang cukup luas. Agar penelitian tidak keluar dari tujuan dan mudah dipahami, maka diperlukan batasan

dalam penelitian. Adapun batasan penelitian antara lain.

1. Mutu beton yang digunakan pada penelitian ini adalah 25 MPa.
2. Benda uji menggunakan pelat berukuran 40 cm x 60 cm x 10 cm
3. Variasi ukuran baja tulangan polos yang digunakan dalam penelitian ini adalah diameter 8 mm, 10 mm dan 12 mm.
4. Variasi tebal selimut beton yang digunakan adalah 25 mm, 35 mm, dan 40 mm
5. Prosedur *mix design* mengacu pada SNI 2834-2000.
6. Umur beton yang digunakan pada pegujian kuat tekan beton adalah 28 hari.
7. Material semen yang akan digunakan adalah semen PCC tipe I Semen Gersik.
8. Agregat kasar yang akan digunakan memiliki ukuran maksimal 20 mm.
9. Agregat kasar berasal dari Clereng sedangkan untuk agregat halus berasal dari Merapi.
10. Air yang digunakan dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
11. Pengujian *sample* pelat menggunakan alat *rebar scanner* merek Profometer 5+.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton merupakan material yang kuat untuk menahan gaya tekan namun beton tidak cukup kuat untuk menahan gaya tarik, maka diperlukan tulangan untuk menahan gaya tarik untuk memikul beban yang bekerja pada beton (Nawy, 1985). Baja tulangan yang bisanya digunakan untuk beton bertulang terdiri dari batang, kawat dan jaring kawat yang seluruhnya dirakit sesuai dengan standar *american standard testing and material* (ASTM). Sifat penting yang dimiliki baja tulangan adalah sebagai berikut:

1. *Modulus Young* (*Es*)
2. Kekuatan leleh (*fy*)
3. Kekuatan batas (*fu*)
4. Mutu baja yang ditentukan
5. Ukuran atau diameter batang

Jarak tulangan dan tebal selimut beton sangat perlu diperhatikan untuk mengantisipasi timbulnya rongga akibat campuran beton basah tidak dapat melewati tulangan baja (Nawy, 1985). Berikut beberapa persyaratan tebal selimut beton minimal yang diperlukan sesuai standar ACI 318:

1. Tebal selimut beton minimum untuk balok dan kolom yang dicor ditempat tidak boleh kurang dari 1,5 in. (38,1 mm) bila tidak berhubungan langsung dengan udara luar maupun tanah.
2. Jarak bersih antar tulangan paralel dalam satu acuan tidak boleh kurang dari 1 in. (25,4).
3. Jarak bersih antar tulangan memanjang tidak boleh kurang dari 1,5 db atau 1,5 in (38,1 mm)

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang pengujian non destruktif khususnya dengan metode *rebar scanner* sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh beberapa penelitian terdahulu, sehingga dapat dijadikan sebagai rujukan untuk penelitian ini. Peneliti mengambil 5 jurnal terdahulu sebagai rujukan. Berikut adalah beberapa jurnal yang peneliti gunakan sebagai rujukan.

1. Investigasi Non-Destruktif dengan Profometer

   Penelitan yang dilakukan oleh Hariwarsito dan Moga Narayudha adalah untuk membahas prinsip-prinsip *rebar locator* dan menyertakan studi kasus dimana kapasitas struktur dihitung berdasarkan pengujian non destruktif. Penelitian ini dilakukan karena penggunaan metode destruktif dalam investigasi konfigurasi tulangan dan mutu baja tulangan bangunan memerlukan tenaga kerja yang terampil, namun juga memerlukan waktu dan biaya yang mahal. Sehingga peneliti melakukan inestigasi menggunakan metode non destruktif dengan teknologi *rebar locator*. Metode pengukuran didasarkan pada prinsip arus pusar dengan induksi pulsa. Output pengujian merupakan selimut beton, konfigurasi tulangan dan ukuran tulangan.

2. *Research on Factors Affecting Concrete Cover Measurement*

   Penelitian ini yang dilakukan oleh Ruben Barnes dan Tony Zheng membahas tentang pengukuran tebal selimut beton dengan Profometer 5+, Elcometer 331 (secara resmi *Protovale CoverMaster*) dan *Micro Covermete*. Menurut British Standard 1881 Bagian 204 "Rekomendasi penggunaan covermeter elektromagnetik" menyatakan bahwa tutupan yang ditunjukkan pada tulangan baja oleh covermeter yang telah dikalibrasi harus akurat hingga +/- 5% atau +/- 2mm, mana yang lebih besar, pada rentang kerja yang diberikan oleh pabrik. Namun, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pengukuran tebal selimut beton. Penelitian ini menggunakan benda uji berupa pelat dengan bebrapa variasi tebal selimut dan jarak antar tulangan ynag berbeda beda. Dalam penelitian ini, penutup untuk batang N24 diukur dengan pengaturan diameter batang masing-masing 16mm, 20mm dan 24mm.

Penutup untuk batang N28 juga diukur dengan pengaturan diameter batang masing-masing 24mm dan 28mm.

3. *Non-Destructive Testing of Concrete Structures using Schmidt Hammer and Profometer 5+*

   Penelitian yang dilakukan oleh Wilson Macharia Kairu melaporkan pengujian non-destruktif pengukuran kuat tekan beton menggunakan hammer rebound yang telah dikalibrasi sebelumnya di laboratorium, sedangkan diameter tulangan, lokasi dan selimut beton diukur menggunakan Profometer 5+ Covermeter. Kalibrasi laboratorium melibatkan persiapan 60 kubus benda uji beton pada 5 kelas proporsi campuran beton yang berbeda. Kekuatan tekan kubus-kubus ini dinilai menggunakan Mesin Uji Tekan. Data yang diperoleh dari pengukuran palu diplot terhadap data Denison terkait, dan persamaan kalibrasi y=0,9x dihasilkan menggunakan fitting kuadrat terkecil dengan koefisien korelasi 0,8. Persamaan ini digunakan untuk mendapatkan sifat kekuatan in-situ dari struktur beton baru dan lama.

   Profometer mampu menemukan posisi batang secara tepat dengan tingkat akurasi yang tinggi. Peralatan tersebut juga dapat mengukur ukuran batang tulangan dan penutupnya, asalkan ditempatkan pada kedalaman 60 mm atau kurang dari permukaan pengukuran. Metode ini kemudian digunakan untuk melakukan uji struktural pada dua bangunan perumahan dan tiga bangunan komersial di kota Nairobi. Kekuatan tekan yang lebih tinggi tercatat pada bangunan komersial dibandingkan dengan bangunan tempat tinggal. Data yang diperoleh dapat dibandingkan dengan desain struktural untuk memeriksa kepatuhannya.

4. Pemeriksaan Susunan Tulangan Baja dan Kedalaman Selimut Beton Pada Lantai Dermaga Dengan Alat *Scanning Rebar/Covermeter Test*

   Penelitian yang dilakukan oleh Immanuel Panusuan Tua Pangabean ini membahas tentang kualitas setiap struktur bangunan yang memerlukan pengujuan tambahan setelah konstruksi selesai atau dalam beberapa waktu setelah struktur digunakan. Salah satu contoh kebutuhan dalam pengawasan kualitas adalah melakukan kontrol untuk memverifikasi posisi dan ketebalan

selimut beton serta lokasi tulangan. Investigasi pada tulangan dan ketebalan selimut beton dilakukan dalam beberapa situasi, seperti ketika tidak ada data struktur yang tersedia, ketika diperlukan pemeriksaan lebih lanjut, atau ketika data yang akurat tentang lokasi tulangan diperlukan sebagai titik awal untuk pengujian tambahan yang memerlukan penghindaran tulangan, seperti pengujian core, pengukuran UPV, atau metode close surface lainnya. Penggunaan *rebar scanner* atau *covermeter scanner* dikenal sebagai metode pengujian *non-destructive*, yang selain memeriksa tulangan dan ketebalan selimut beton, juga mampu mengidentifikasi lokasi objek feromagnetik yang tertanam di dalam beton, seperti pipa air, balok baja melintang, atau pipa lainnya.

tulangan pada balok adalah tulangan utama 5D19 dan tulangan sengkang D13 – 5 8s/d542. 2.

Dari hasil pemeriksaan dapat disimpulkan prediksi konfigurasi tulangan pada sla b adalah tulangan arah x; D19 – 131 s/d 357 dan tulangan arah y; D19 – 119 s/d 3 05.

5. *Experimental Measurement of the Diameter and Cover Depth of Steel Reinforcement Using an Electromagnetic Concrete Covermeter*

Penelitian yang dilakukan oleh Hulbova Sabina dkk membahas tentang pengujian non destruktif untuk mengidentifikasi diameter tulangan, lokasi tulangan dan tebal selimut beton. Penelitian ini fokus pada penggunaan alat profometer PM-630 untuk pengukuran cor in-situ selimut beton terhadap sengkang pada kolom gedung bertingkat atau mengidentifikasi diameter tulangan utama. Penentuan diameter tulangan dipengaruhi oleh beberapa parameter, beberapa di antaranya lebih mudah diperkirakan (misalnya jarak tulangan memanjang atau melintang), ada pula yang lebih sulit diperkirakan (misalnya pengaruh mata jaring yang dilas, tulangan yang tumpang tindih, dll.). Nilai diameter juga mungkin tampak lebih tinggi karena aksi medan elektromagnetik (rel derek, tulangan yang saling berhubungan di gedung bertingkat). Inilah sebabnya mengapa lebih baik menggabungkan metode ini dengan teknik lain, misalnya penyelidikan destruktif.

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Berdasarkan pada jurnal peneliti terdahulu yang telah penulis paparkan terdapat beberapa perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian Terdahulu						Rencana Penelitian
Penelitian	**Purn Hariwarsito & Moga Narayudha (2008)**	**Barnes.R dan Zheng.T (2008)**	**Wilson Macharia Kairu (2016)**	**Pangabean.I.P (2017)**	**Hüblová.S dkk (2019)**	**Sidianto.B (2025)**
Judul Penelitian	Investigasi Non-Destruktif dengan Profometer	*Research on Factors Affecting Concrete Cover Measurement*	*Non-Destructive Testing of Concrete Structures using Schmidt Hammer and Profometer 5+*	Pemeriksaan Susunan Tulangan Baja dan Kedalaman Selimut Beton Pada Lantai Dermaga Dengan Alat *Scanning Rebar/Covermeter Test*	*Experimental Measurement of the Diameter and Cover Depth of Steel Reinforcement Using an Electromagnetic Concrete Covermeter*	Pengaruh Tebal Selimut Beton Terhadap Pkurasi Pembacaan Alat Pemindaian Tulangan
Tujuan	Investigasi konfigurasi tulangan dan mutu baja tulangan menggunakan pengujian non destruktif	Pengukuran tebal selimut beton dengan Profometer 5+, Elcometer 331 (secara resmi Protovale CoverMaster) dan Micro Covermete	Pengujian non-destruktif pengukuran kuat tekan beton dengan hammer rebound dan diameter tulangan, lokasi dan selimut beton diukur dengan Profometer 5+	Menyelidiki serta memastikan lokasi penulangan dan selimut beton	Mengidentifikasi diameter tulangan, posisi tulangan dan tebal selimut beton.	Mengidentifikasi pengaruh tebal selimut beton dan diameter tulangan terhadap akurasi pembacaan *rebar scanner*

Lanjutan Tabel 2.1 Perbana/dingan Penelitian Terdahulu

Objek Penelitian	Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Universitas Diponegoro	Benda uji pelat beton	Bangunan perumahan dan bangunan komersial di kota Nairobi	Lantai dermaga	gedung bertingkat di Bratislava dan gedung bertingkat di Brno	Benda uji pelat beton
Jenis Pengujian	*Rebar scan*	*Rebar scanner*	*1. Hammer test* *2. Rebar scan*	*1. Hammer test* *2. Rebar scan*	*Covermeter test*	*Rebar scan*
Benda Uji		Pelat beton bertulang	60 kubus benda uji beton	Penampang pile, pie cap, balok anak balok induk dan pelat	Kolom dan pelat lantai	3 Benda uji pelat beton
Hasil Penelitian	Hasil pengukuran ditentukan kebutuhan tulangan minimum untuk memikul beban rencana adalah untuk Mlx = ϕ 8 – 110 = 4.55 Mly = ϕ 8 – 120 = 4.16	Pada penelitian ini disimpulkan bahwa penggunaan diameter aktual memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan pada pengaturan diameter batang yang diasumsikan.	Profometer mampu menemukan posisi batang secara tepat dengan tingkat akurasi yang tinggi. Peralatan tersebut juga dapat mengukur ukuran dan tutupan tulangan asalkan tulangan ditempatkan pada jarak 60 mm atau kurang dari permukaan pengukuran.	Pengujian *rebar scanner* bahwa kondisi eksisting memiliki konfigurasi yang terdapat pada slab adalah tulangan arahx; D19 – 131 s/d 357 d an tulangan arah y; D19-119 s/d 305.	Tulangan utama pada balok adalah 5D19 dan sengkang D13 – 58 s/d 542. Knfigurasi tulangan pada slab arah x; D9 – 131 s/d 357 dan arah y; D19 -119 s/d 305	Tebal selimut beton dan diameter tulangan mempengaruhi hasil pembacaan *rebar scanner*. Pengujian pada tebal selimut 25 mm, 35 mm, dan 40 mm menghasilkan angka koreksi 5%, 0%, dan 8%. Pengujian diameter 8 mm, 10 mm, dan 12 mm menghasilkan angka koreksi 0,85%, -4,42%, dan -5,70%.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton berasal dari berbagai interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah komponen penyusunnya. Beberapa komponen penyusun beton yaitu *portland cement* (PC), agregat halus, agregat kasar, air, udara dan bahan tambah (Nawy, 1998). Beton juga merupakan salah satu material yang paling sering digunakan dalam berbagai pembangunan infrastruktur seperti gedung, jalan raya, jembatan, bendungan maupun sistem drainase (Tjokrodimulyo, 1995). Beton yang baik dapat dihasilkan ketika memiliki komposisi campuran yang sesuai aturan SNI, seperti memiliki workability yang mudah, solid dan tidak memiliki rongga saat dicetak, dan homogen. Pada umumnya beton normal memiliki berat isi (2200 – 2500) kg/ m^3 menggunakan agregat alam yang dipecah.

3.2 Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan suatu material yang terbentuk dari berbagai komponen yang menyusunnya seperti agregat, air dan semen. Bahan penyusun tersebut memiliki fungsi dan pengaruh masing masing sehingga memiliki persyaratan yang harus dipenuhi sesuai dengan aturan SNI yang berlaku.

3.2.1 Semen *Portland* (*Portland Cement*)

Semen *portland* terbuat dari serbuk halus mineral kristalin yang memiliki komposisi utama kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air mada mineral ini akan menghasilkan pasta yang jika mengering akan menjadi keras dan memiliki kekuatan seperti batu. Berat jenis semen *portland* berkisar antara 3,12 dan 3,16. Dalam pembuatan campuran beton semen digunakan sebagai bahan ikat antara agregat halus dengan agregat kasar serta sebagai pengisi rongga antar agregat. Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) yang berasal dari batu kapur, silika (SiO2) yang berasal dari lempung, dan aluminia (A12O3). Kemudian

ditambah dengan sedikit presentase magnesia, sulfur dan terkandung sedikit alkali (Nawy, 1998).

Secara ringkas proses pembuatan semen *portland* adalah sebagai berikut.

1. Tiga bahan baku (SiO2, CaO dan A12O3) digiling dengan beberapa bahan tambah lainnya baik dalam bentuk kering maupun basah (*slurry*)
2. Hasil dari campuran dituangkan ke ujung atas dari *klin* yang disusun miring.
3. Selama proses pemanasan klin, material campuran mengalir dari ujung atas ke bawah dengan kecpatan terkontrol.
4. Suhu campuran dinaikkann sampai terjadi fusi apertama yang disebut *temperature clinkeling*. Suhu ini dipertahankan hingga terbentuknya butiran semen portlang pada suhu 2700°F.
5. Butiran tersebut didinginkan kemudian ditumnuh hingga menjadi serbuk
6. Penambahan gipsum selama proses pembuatan serbuk untuk mengontrol waktu pengerasan dilapangan.

Berdasarkan SNI 2049:2015 ditinjau dari jenis dan fungsi Semen *Portland* dibagi menjadi 5 jenis, yaitu.

Tabel 3.1 Jenis Semen *Portland* dan Fungsinya

Jenis	Fungsi
Tipe 1	Digunakan untuk pemakaian normal yang tidak memerlukan persyaratan khusus
Tipe 2	Penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang
Tipe 3	Penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah terjadi pengikatan
Tipe 4	Penggunaannya memrlukan kalor hidrasi yang rendah
Tipe 5	Penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat

3.2.2 Agregat

Agregat merupakan bahan penyusun beton yang memiliki peran paling penting untuk menentukan besar volumenya. Pada beton normal umumnya terdapat 60% hingga 80% volume agregat. Komposisi agregat harus memiliki gradasi

sedemikian rupa sehingga seluruh material agregat dapat menjalankan fungsinya sebagai benda yang utuh, homogen dan rapat, dimana agregat yang memiliki ukuran yang lebih kecil dapat mengisi rongga yang terdapat diantara agregat berukuran besar. Berdasarkan ukurannya agregat terbagi menjadi 2 macam yaitu.

1. Agregat kasar

   Sebuah agregat yang mempunyai ukuran lebih dari 4,75 mm dapat dikatakan sebagai agregat kasar (SNI 1969, 2016). Sifat dari agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton keras dan daya dukungnya terhadap usia beton, cuaca dan faktor lainnya. Agregat kasar harus bersih dari elemen elemen pengganggu ikatan terhadap semen (Nawy, 1998). Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI, 1971) agregat kasar yang akan digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut.

   1. Kandungan lumpur yang terdapat pada agregat tidak boleh lebih dari 1%
   2. Agregat kasar harus memiliki ketahanan terhadap suhu dan cuaca serta tidak disyaratkan memiliki pori-pori lebih dari 20% dari beratnya
   3. Agregat tidak disyaratkan mengandung zat yang merusak beton
   4. Pada saat pengujian dengan mesin Los Angelos, agregat tidak boleh kehilangan berat lebih dari 50%
   5. Agregat kasar harus memiliki gradasi dengan syarat sebagai berikut
      - Sisa ayakan 31,5 mm harus 0%
      - Sisa ayakan 4 mm berkisar antara 90% hingga 98%
      - Selisih antara sisa kumulatif ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

2. Agregat Halus

   Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukuran agregat halus bervariasi yang diukur dengan saringan No. 4 dan No. 100 standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bersih dan bebas dari bahan organik penganggu atau partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100 (Nawy, 1998). Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI, 1971), penggunaan agregat halus harus memenuhi syarat sebagai berikut.

1. Agregat halus harus tahan terhadap pengaruh cuaca seperti panas dan hujan
2. Kandungan lumpur yang di izinkan tidak boleh lebih dari 5%
3. Agregat halus harus memiliki gradasi yang beragam dengan syarat sebagai berikut
   - Sisa ayakan 4 mm harus minimum 2% dari berat
   - Sisa ayakan 1 mm harus minimum 10% dari berat
   - Sisa ayakan 0,25 mm berkisar antara 80% hingga 95% dari berat
4. Pasir pantai tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan saran dan petunjuk

3.2.3 Air

Air merupakan komponen yang sangat penting dalam campuran beton. Penggunaan air dalam campuran beton memiliki peran yang cukup vital dalam menentukan karakteristik beton yang dihasilkan. Air yang umumnya digunakan dalam pembuatan campuran beton merupakan air murni yang tidak memiiki rasa dan bau menyengat. Air murni yang dimaksud merupakan air yang tidak terkontaminasi zat lain seperti oli, minyak, asam, alkali, garam dan zat lain yang menganggu. Penggunaan air yang terkontaminasi dapat mempengaruhi kuat beton, stabilitas, volume dan juga korosi pada tulangan (ACI 318-89, 1989). Air juga berfungsi sebagai penyebab terjadinya reaksi kimiawi terhadap semen supaya semen dapat menjadi perekat seluruh material.

3.3 Perencanaan Campuran Beton Normal

Perencanaan campuran beton dilakukan untuk menghasilkan komposisi material penyusun beton sesuai dengan rencana. Perencanaan campuran beton di indonesia telah diatur dalam SNI 03-2834-2000. Berdasarkan acuan tersebut peneliti melakukan perencanaan campuran sesuai dengan standar SNI 03-2834-2000 guna menghasilkan beton yang memenuhi syarat teknis dan ekonomis. Berikut merupakan langkah perencanaan campuran sesuai dengan SNI 03-2834-2000.

1. Menentukan kuat tekan rencana (f'c) pada umur tertentu
2. Menentukan nilai deviasi Standar (Sr)

   Nilai deviasi standar untuk tingkat pengendalian mutu dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Nilai Deviasi untuk Pengendalian Mutu

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4.2
Cukup	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendali	8,4

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Jika jumlah pengujian kurang dari tiga puluh, nilai deviasi standar harus dikoreksi menggunakan angka fakor pengali yang ditunjukkan pada Tabel 3.1. Jika tidak ada data uji lapangan, kuat tekan rata-rata yang ditetapkan $f'cr$ harus dibawah ($f'cr + 12\ MPa$).

Tabel 3.2 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

3. Perhitungan nilai tambah dapat diselesaikan dengan rumus

   $M = 1{,}64\ x\ s_r$ (3.1)

   Keterangan

   M = adalah nilai tambah

   1,64 = adalah tetapan statistic

   s_r = adalah deviasi standar rencana
4. Menentukan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dengan rumus berikut:

f'_{cr} = f'c + M (3.2)

f'_{cr} = f'c + 1,64 sr

keterangan

f'_{cr} Kuat tekan beton rata rata yang ditargetkan (Mpa)

f'_{c} Kuat tekan beton rencana (Mpa)

M Margin/ Nilai tambah

5. Menentukan jenis semen
6. Menentukan gradasi dan jenis agregat yang digunakan
7. Menentukan faktor air semen (FAS)

   Faktor air semen yang disyaratkan untuk mencapai kuat tekan yang diharapkan adalah sebagai berikut:

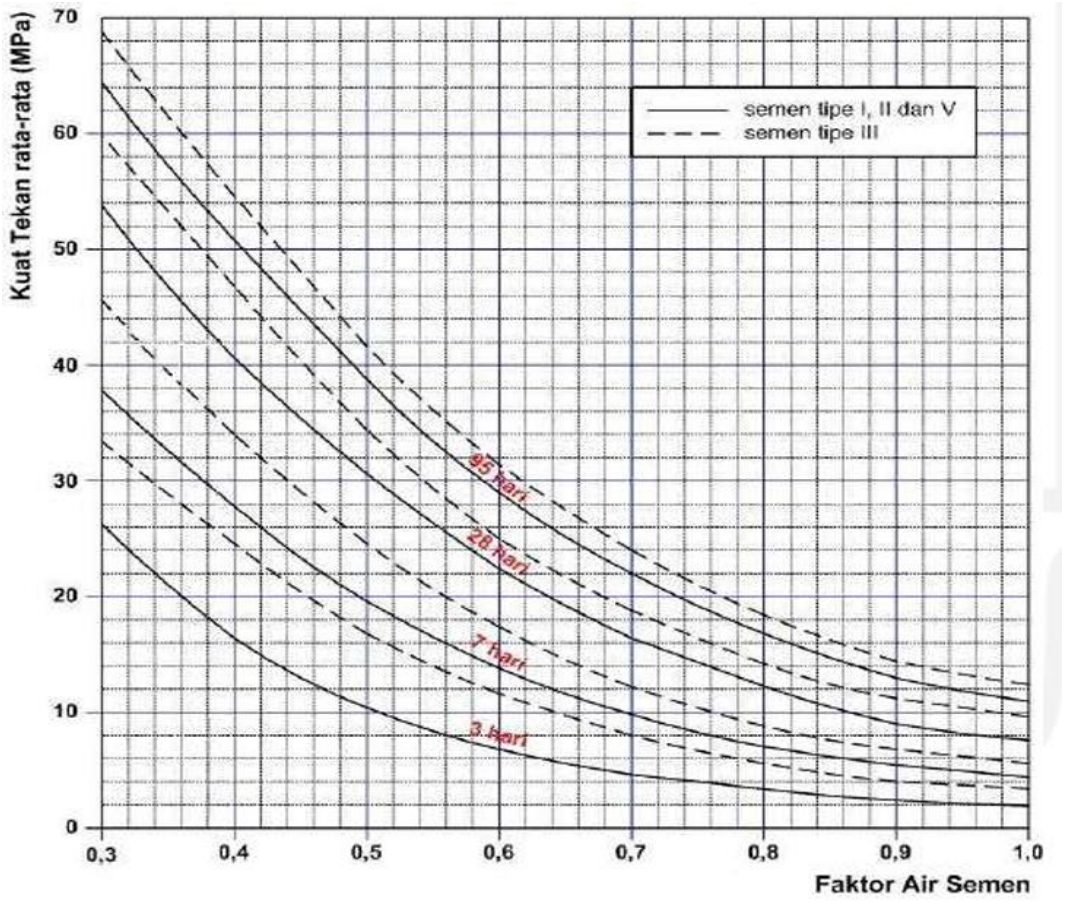
   1. Menentukan nilai kuat tekan sesuai umur rencana dengan faktor air semen menggunakan tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Persyaratan Kuat Tekan Beton dengan FAS dan Agregat Kasar yang Dipakai di Indonesia

Jenis semen	Jenis Agregat kasar	Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk Uji
Semen *Portland* Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen *Portland* tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

2. menentukan nilai faktor air semen menggunakan grafik



Gambar 3.1 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Fakor Air Semen

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

3. hubungkan kuat tekan beton yang sudah didapatkan dari kurva lengkung baru digunakan untuk menentukan faktor air semen.

8. Menentuka nilai fas yang maksimum dan minimum berdasarkan tabel 3.4

Tabel 3.4 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m3 beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan a. Keadaan keliling non-korosif b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52

Lanjutan Tabel 3.4 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m3 beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di luar ruang bangunan a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk ke dalam tanah a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan a. Air tawar b. Air laut		Tabel 6

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

9. Menentukan nilai slump (60 mm hinggan 180 mm)
10. Menentukan ukuran agregat maksimum yang didapatkan dari hasil pengujian properties agregat
11. Menentukan kadar air bebas berdasarkan tabel 3.5 dan persamaan 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton

Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	Slump (mm)			
		1-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tidak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tidak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tidak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

$$W = \frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \quad (3.3)$$

Keterangan,

W = Kadar air bebas (Kg/m^3)

Wh = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (Kg/m^3)

Wk = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (Kg/m^3)

12. Menentukan kadar semen

Perhitungan kadar semen didapat dari pembagian antara kadar air bebas dengan faktor air semen yang digunakan.

$$C = \frac{w}{fas} \quad (3.4)$$

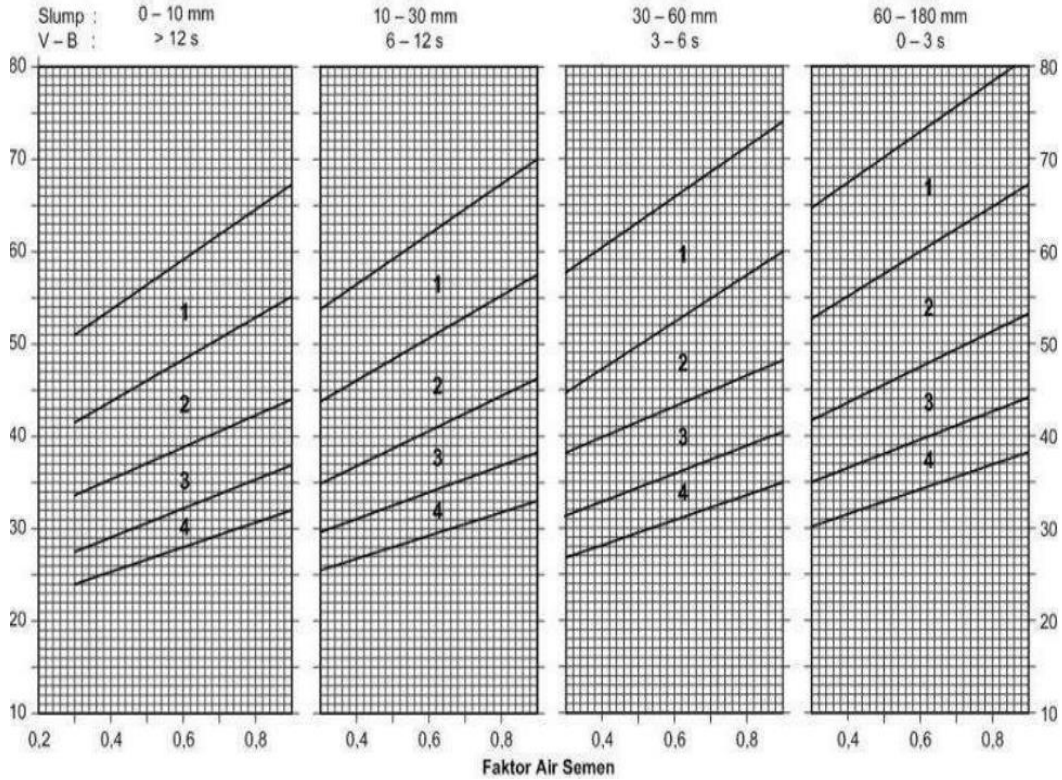
Dengan,

C = kadar semen

w = kadar air bebas (Kg/m^3)

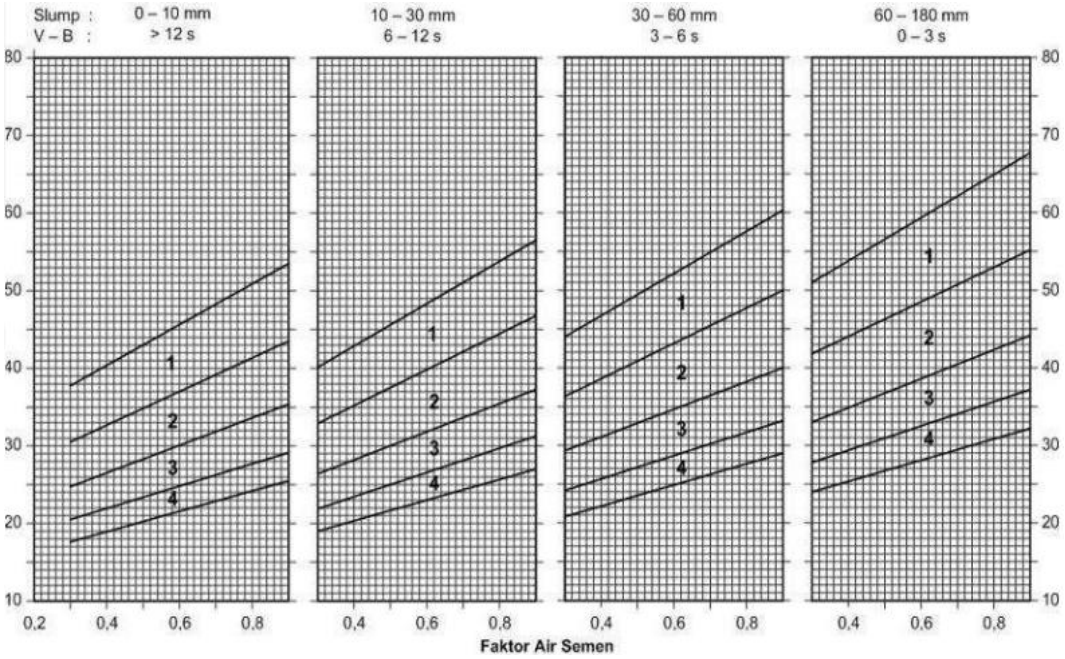
fas = faktor air semen

13. Menentukan presentase agregat halus berdasarkan gambar 3.2 hingga gambar 3.4 sesuai dengan butir maksimum agregat yang digunakan



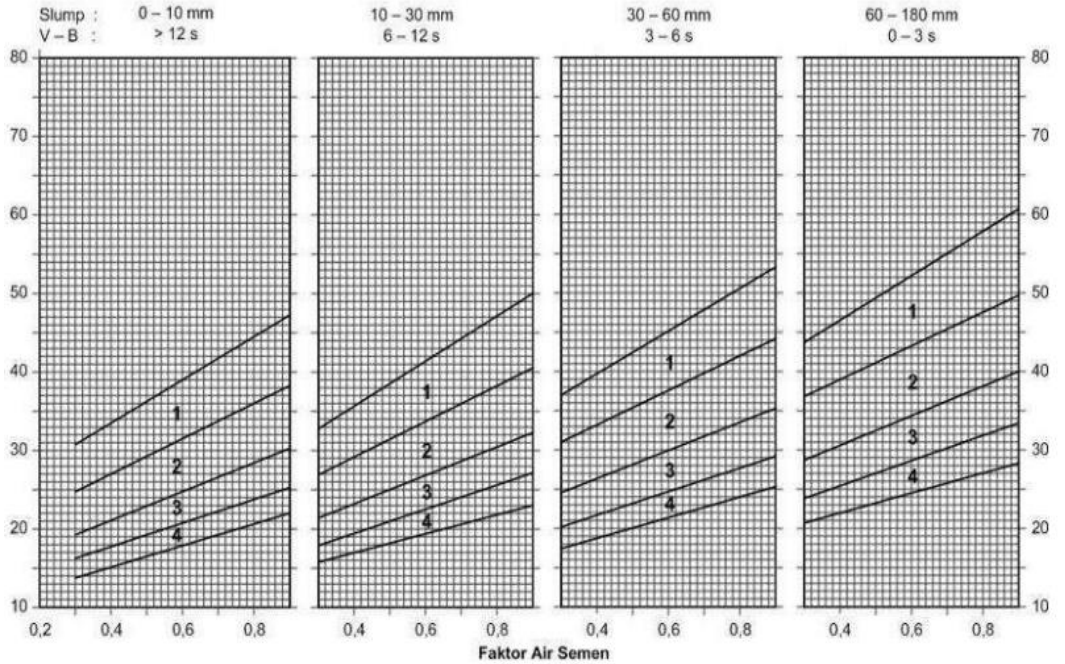
Gambar 3.2 Grafik persen agregat halus terhadap kadar total yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.3 Grafik persen agregat halus terhadap kadar total yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.4 Grafik persen agregat halus terhadap kadar total yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

14. Menentukan berat jenis relative agregat menggunakan persamaan berikut

$$BJ_{Gab} = \%Ag.Halus \times BJag.halus + \%Ag.kasar \times BJ_{Ag.\ Kasar} \quad (3.5)$$

Keterangan:

$BJ_{Ag.\ Gab}$ = Berat jenis relatif agregat (gabungan) (%)

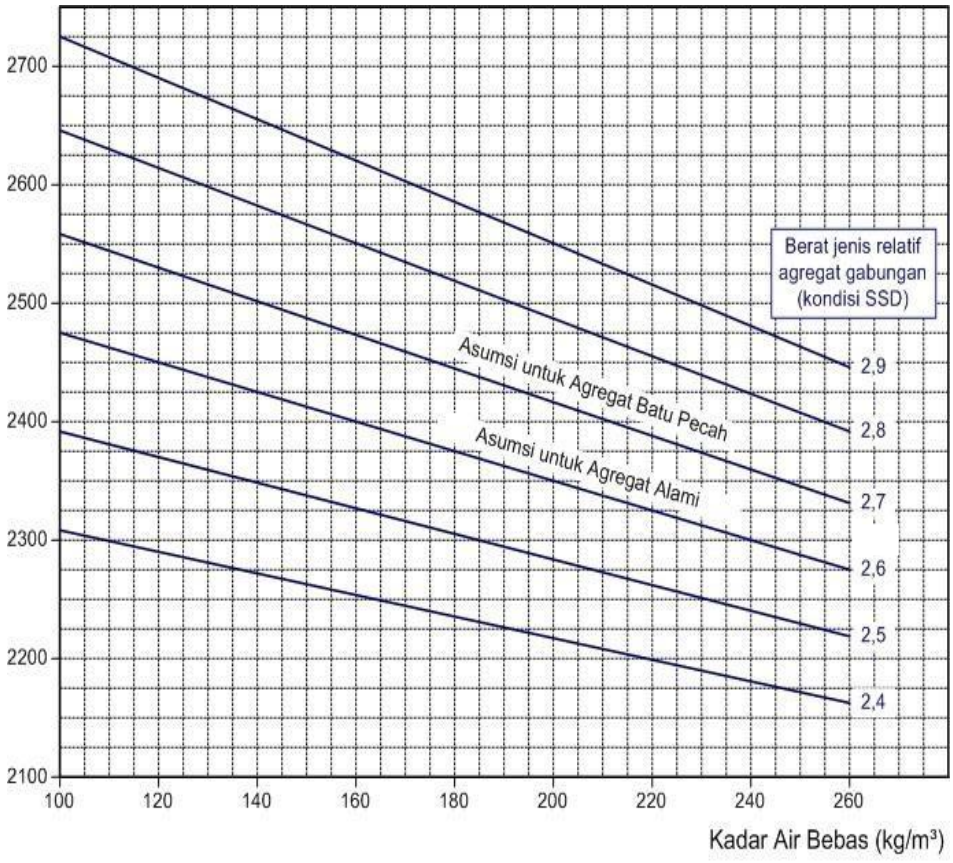
$\%Ag.Halus$ = Presentase agregat halus (%)

$\%Ag.Kasar$ = Presentase agregat kasar (%)

$BJ_{Ag.\ Halus}$ = Berat jenis agregat halus

$BJ_{Ag.\ Kasar}$ = Berat jenis agregat kasar

15. Menentukan berat volume beton berdasarkan gambar 3.5 berikut dengan sumbu X adalah kadar air bebas dan sumbu Y adalah berat isi beton.



Gambar 3.5 Perkiraan berat isi beton basah yan telah selesai dipadatkan

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

16. Menentukan kadar agregat gabugan dengan persamaan berikut.

$$W_{Ag.\ Gab} = W_{Beton} - W_{Semen} - W \quad (3.6)$$

Keterangan

$W_{Ag.\ Gab}$ = Kadar agregat gabungan (kg/m^3)

W_{Beton} = Berat volume beton (kg/m^3)

W_{Semen} = Kadar semen (kg/m^3)

W = Kadar air bebas (kg/m^3)

17. Menghitung kadar agregat halus dengan persamaan berikut

$$W_{Ag.\ Halus} = \%Ag.Halus - W_{Ag.\ gab} \quad (3.7)$$

Keterangan

$W_{Ag.\ Gab}$ = Kadar agregat gabungan (kg/m^3)

$W_{ag.Halus}$ = Kadar agregat halus (kg/m^3)

$\%Ag.Halus$ = Presentase agregat halus (%)

18. Menghitung kadar agregat kasar dengan persamaan berikut

$$W_{Ag.\ Kasar} = W_{Ag.\ gab} - W_{Ag.\ Halus} \quad (3.8)$$

Keterangan

$W_{Ag.\ Gab}$ = Kadar agregat gabungan (kg/m^3)

$W_{ag.Halus}$ = Kadar agregat halus (kg/m^3)

$W_{ag.\ Kasar}$ = Kadar agregat kasar (%)

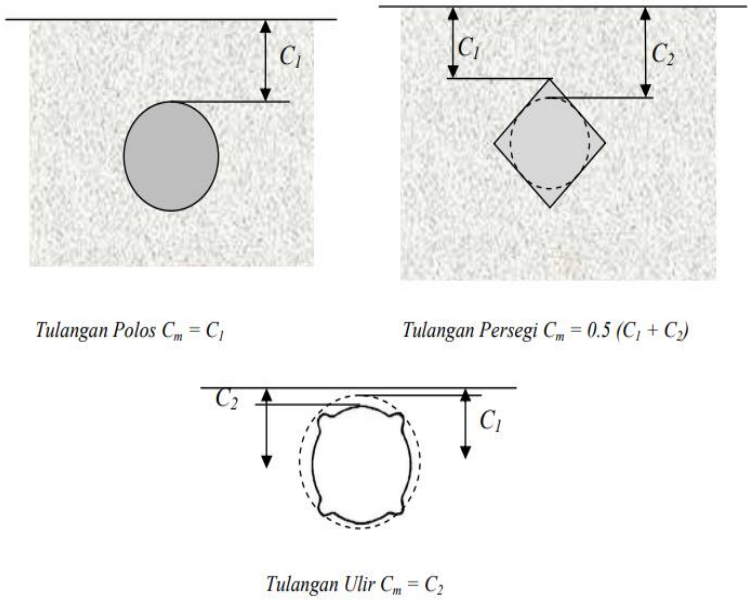
19. Dari hasil *mix design* didapat komposisi campuran teoritis per m^3 dengan kondisi agregat jenuh kering permukaan (SSD)

3.4 Beton Bertulang

Beton kuat terhadap tekan namun lemah terhadap tarik, maka diperlukan adanya tulangan untuk membantu beton menahan gaya tarik yang bekerja. Tulangan baja diperlukan untuk menahan beban berat guna mengantisipasi lendutan jangka panjang (Nawy, 1998). Kombinasi antara beton dengan baja tulanagan memungkinkan desain struktur menjadi fleksibel dan kuat. Sehingga struktur beton bertulang sering dijadikan pilihan untuk struktur bangunan tahan gempa karena kekuatan dan keuletannya.

Tebal selimut beton menurut *British Standard* BS 1881-204:1988 "*Testing Concrat, Recommendation on the use of electromagnetic covermeter*" selimut beton terbagi menjadi 2 tipe, yaitu selimut beton sesungguhnya (C_1) dan tebal selimut

terbaca (C_m). Dimana (C_1) merupakan definisi dari jarak permukaan beton terhadap permukaan tulangan, sedangkan (C_m) merupakan tebal selimut yang terbaca oleh *rebar scanner.* Detail penjelasan akan ditunjukkan pada gambar 3.6 berikut



Gambar 3.6 Penentuan Tebal Selimut Beton dengan *Rebar Scanner*
*(*Sumber*: BS 1881 part 204:1988)*

3.5 *Rebar Scanner*

Rebar scanner merupakan perangkat elektromagnetik yang dapat digunakan untuk memperkirakan posisi, kedalaman dan ukuran tulangan yang tertanam didalam beton. Penggunaan perangkat *rebar scanner* meliputi.

1. Pengendalian mutu beton bertlang dan memastikan lokasi dan penutup tulangan berada dalam posisi yang tepat setelah pengecoran
2. Sebagai upaya penyelidikan terhadap objek beton bertulang yang data teknisnya tidak tersedia atau perlu dicari
3. Untuk mengerahui lokasi benda feromagnetik yang terkubur selain tulangan, misalnya pipa air, balok baja, saluran penerangan.
4. Untuk mengetahui lokasi perkuatan sebagai awalan untuk beberapa bentuk pengujian lain dimana perkuatan harus dihindari atau sifatnya harus diperhitungkan.

3.5.1 Prinsip kerja *rebar scanner*

Pada dasarnya prinsip kerja *rebar scanner* menggunakan medan elekrtomagetik yang ada pada *prober (search head)*. Pada saat batanng tulangan atau benda logam lainnya berada dalam jangkauan medan magnet, maka garis-garis gaya menjadi terdistorsi. Tetapi ketika terdapat gangguan dari benda logam lainnya maka akan mempengaruhi akurasi pembacaan alat. Sederhananya orientasi dan jarak tulangan dengan *prober (search head)*mempengaruhi pembacaan alat *rebar scanner*.

Prinsip kerja *rebar scaner* menggunakan teknologi *The pluse-induction methode*, dimana metode berdasarkan pada induksi gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi baja tulangan dalam beton bertulang. Ketika alat pemindaian digunakan pada permukaan beton, mereka mampu mendeteksi perbedaan dalam konduktivitas dan pemantulan gelombang suara tersebut, sehingga memungkinkan pengguna untuk memetakan dan menganalisis pola tulangan beton. Sinyal yang diproses selain digunakan untuk membantu mobilisasi pembacaan baja tulangan, namun juga dapat menentukan tebal selimut beton dan diameter tulangan(Purnomo.S dkk, 2021).

Berikut merupakan prosedur pengujian non-destruktif menggunakan perangkat *rebar scanner*

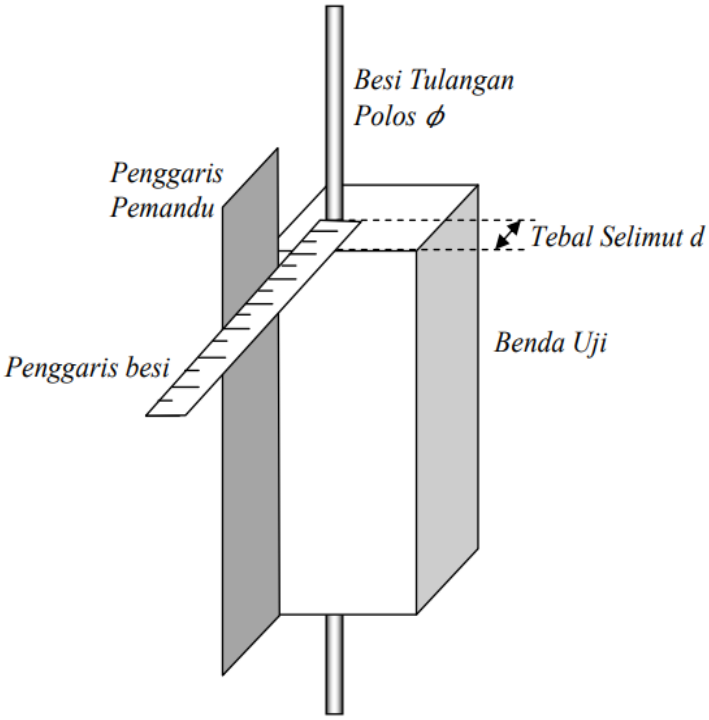
1. Prosedur awal
    1. Perangkat dinyalakan dan setting meteran hingga jarum pada tombol indikator sesuai dengan tanda kalibrasi. Ketika menyalakan alat disarankan *prober (search head)* dijauhkan dari benda asing untuk meminimalkan kesalahan pembacaan dari medan magnet.
    2. Prosedur pengaktifan perangkat biasanya sudah ditentukan pabrik namun settingan selanjutnya harus dilakukan. Setelah perangkat dinyalakan kemudian lakukan setting ke pembacaan nol (0) stabil terlebih dahulu.
    3. Untuk perangkat yang dioperasikan menggunakan beterai, pemeriksaan awal terhadap pengisian daya baterai harus dilakukan secara berkala selama periode pengisian.
    4. *prober (search head)* kemudian ditempelkan ke objek dan digerakkan

searah dengan tulangan untuk dilakukan pemindaian keberadaan tulangannya.

2. Kalibrasi

Jika pada saat pemeriksaan terdapat beberapa tulangan ynag ukurannya berada diluar kisaran skala tertentu pada pembacaan meteran maka diperlukan kalibrasi dengan metode berikut:

1. Serangkaian lubang uji dibor pada batang batang tersebut di posisi yang berkaitan dengan cakupan penuh yang ditunjukkan oleh meteran.
2. Perawatan harus dilakukan agar tidak merusak tulangan.
3. Jarak antar batang dan permukaan beton kemudian diukur pada setiap titik.
4. Pengukuran dilakukan dengan perangkat *rebar scanner* pada setiap posisi menggunakan skala referensi linier dan kurva kalibrasi yang dibuat.
5. Penutup dicor langsung kemudian dihitung menggunakan pembacaan skala referensi dan kurva kalibrasi.



Gambar 3.7 Metode Kalibrasi *Rebar Scanner*
(Sumber: BS 1881 part 204:1988)

3. Pemeriksaan beton

   Prosedur pemeriksaan beton metode non-destruktif menggunakan perangkat *rebar scanner* adalah sebagai berikut

   1. *prober (search head)* ditempelkan pada objek kemudian melintas secara simetris melintasi beton hingga menemukan pantulan sinyal elektromagnetik maksimum yang terdapat pada layar meteran.
   2. Sumbu tulangan kemudian akan terletak pada bidang yang memuat garis tengah melalui kutub-kutub *prober (search head).*
   3. Jika tulangan tidak terlalu rapat, dimungkinkan untuk memetakan semua tulangan didalam area pemeriksaan yang lokasinya cukup dekat dengan permukaan
   4. Jika ukuran batang tulangan diketahui maka selimut beton dapat dihitung. Begitu juga sebaliknya
   5. Jumlah dan keakuratan informasi yang diperoleh tergantung pada faktor yang mempengaruhi yang akan dijelaskan pada poin ke empat.

4. Faktor pengaruh pengujian

   Potensi hilangnya akurasi pembacaan perangkat *rebar scanner* disebabkan oleh beberapa faktor asing yang mempengarui medan magnet dalam menerima pantulan sinyal elektromagnetik. Berikut adalah beberapa faktor yang dapat mempengaruhi akurasi pembacaanperangkat *rebar scanner.*

   1. Baja tulangan

      Kalibrasi pada perangkat biasanya hanya berlaku untuk jenis baja tulangan tertentu. Misalnya baja prategang tarik tinggi kesalahan pembacaannya mungkin mencapai 5% atau lebih. Jarak tulangan yang terlalu rapat mungkin mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pengukuran yang dilakukan.

   2. Beton

      Perencanaan campuran dengan bahan tambah dengan sifat magnetic dapat mempengaruhi akurasi pembacaan yang cukup signifikan. Dalam beberapa kasus kalibrasi dapat dilakukan untuk mencapai tingkat akurasi yang tinggi. Permukaan beton yang bergelombang membuat

pengoprerasian *prober (search head)*terganggu.

3. Suhu

   Beberapa *prober (search head)* sensitif terhadap perubahan suhu yang mungkin disebabkan oleh tangan operator. Setting nol (0) stabil harus sering dilakukan

4. Pengaruh eksternal

   Dampak gangguan terjadi di sekitar struktur logam yang berukuran besar seperti penahan jendela, perancah dan pipa baja, terutama jika struktur tersebut berada tepat dibelakang *prober (search head).*

5. Korosi tulangan

   Jika terjadi korosi yang signifikan pada tulangan, khususnya kerak akan memberikan indikasi pembacaan yang tidak akurat

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Metodologi penelitian merupakan pendekatan yang sistematis untuk mengumpulkan, menganalisis dan menginterpretasi sebuah data yang dibutuhkan dalam sebuah penelitian. metode penelitian membantu peneliti untuk mencapai tujuan penelitian dengan cara yang sistematis. Dalam kasus penelitian ini digunakan metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan pelat beton dengan variasi jarak tulangan dan tebal selimut beton. Penelitian ini dilakukan untuk dapat mengetahui pengaruh jarak tulangan dan tebal selimut beton terhadap akurasi pembacaan alat *rebar scanner.*

4.2 Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang ada pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel bebas, meliputi jarak tulangan dan variasi tebal selimut beton
2. Variabel terikat, meliputi akurasi pembacaan alat *rebar scanner*
3. Variabel tetap, meliputi bentuk benda uji, dimensi benda uji dan mutu beton rencana (f'c)

4.3 Bahan yang Digunakan

Beberapa bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen *Portland*

   Karena tidak memiliki persyaratan khusus maka jenis semen *portland* yang digunakan adalah tipe I merek Semen Gersik dengan berat 50 kg.
2. Agregat

   Dalam penelitian ini menggunakan agregat halus dari Merapi, Yogyakarta

sedangkan agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng, Yogyakarta. Kondisi agregat harus dalam keadaan SSD.

3. Air

   Dalam penelitian ini menggunakan air yang berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4. Baja Tulangan

   Menggunakan baja tulangan polos dengan diameter 8 mm, 10 mm dan 12 mm

4.4 Alat yang digunakan

Dalam sebuah penelitian tentnya memerlukan peralatan sebagai penunjang atau pembantu peneliti dalam melaksanakan penelitian. Berikut merupakan beberapa alat yang diperlukan.

1. Timbangan

   Timbangan digunakan dalam penelitian untuk membantu peneliti untuk mengetahui berat material yang nantinya digunakan untuk proses pembuatan benda uji. Dimana berat material telah ditentukan pada perhitungan *mix design.*

2. Saringan

   Saringan digunakan dalam penelitian untuk membantu peneliti memisahkan butir agregat sesuai dengan porsinya. Saringan digunakan dalam pengujian analisa lolos saringan agregat halus dan agregat kasar

3. Oven

   Oven digunakan untuk mengeringkan agregat halus dan agregat kasar.

4. Bekisting

   Pembuatan bekisting yang telah di desain khusus digunakan sebagai cetakan benda uji

5. Minyak bekisting

   Minyak bekisting digunakan untuk mempermudah pelepasan antara beton bertulang dengan bekistingnya

6. *Concrete mixer*

   Concrete mixer dalam penelitian ini digunakan sebagai media pencampuran agregat, semen dan air dengan proporsi masing-masing sehingga menjadi beton segar.

7. Sekop

   Sekop dalam penelitian ini digunakan untuk membantu peneliti menuang beton segar dari *concrete mixer* kedalam bekisting.

8. Kerucut Abrams

   Kerucut abrams dalam penelitian ini digunakan untuk melakukan pengujian slump sehingga didapatkan nilai slump beton segar.

9. Ember

   Dalam penelitian ini ember digunakan sebagai wadah material dan untuk membantu peneliti memasukkan material kedalam *concrete mixer*.

10. Tahu beton

    Tahu beton dalam penelitian ini digunakan sebagai alat untuk membuat variasi tebal selimut beton sesuai dengan perencanaan.

4.5 Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sebuah pelat beton bertulang dengan dimensi panjang x lebar x tinggi berturut turut adalah 60 cm x 40 cm x 10 cm. pembuatan benda uji ini menggunakan bekisting yang telah dimodifikasi khusus hanya untuk penelitian. peneliti juga melakukan modifikasi pada jarak penulangan dan tebal selimut beton.

4.6 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian memiliki tahapan-tahapan yang harus dilaksanakan secara runtut sebagai berikut.

4.6.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap pertama sebelum melakukan tahap selanjutnya. Pada tahap ini peneliti menyiapkan bahan bacaan yang berupa buku, jurnal, maupun laporan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian

yang akan dibahas. Peneliti juga menyiapkan bahan serta peralatan yang dibutuhkan untuk menunjang keberhasilan penelitian seperti yang telah disebutkan diawal.

4.6.2 Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan untuk menentukan komposisi agregat yang nantinya akan digunakan untuk *mix design*. Berikut merupakan standar acuan ynag digunakan untuk pengujian properties.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan SNI 03-1970-1990.
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan SNI 03-1969-1990.
3. Pengujian analisa saringan berdasarkan SNI 1968-1990.
4. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat berdasarkan SNI 4804-1998.
5. Pengujian butir lolos saringan No. 200 berdasarkan SNI 03-4142-1996

4.6.3 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Mix design pada penelitian ini dilakukan setelah melakukan pengujian properties. *Mix design* mengacu pada SNI 2834-2000. *Mix design* merupakan proses perancangan campuran beton yang sesuai dengan persyaratan teknis dan mutu yang telah direncanakan. Campuran beton yang disyaratkan harus mempertimbangkan beberapa faktor, termasuk faktor kekuatan, ketahanan, maupun faktor kemudahan dalam pengerjaan.

4.6.4 Pembuatan benda uji

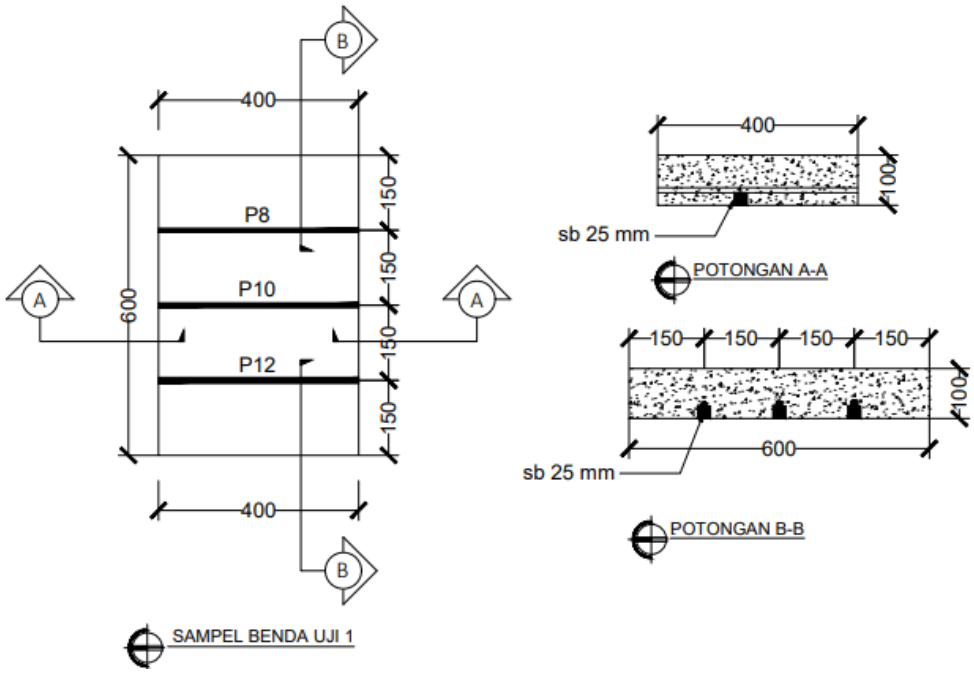
Pembuatan sampel pelat beton bertulang yang telah dimodifikasi khusus untuk penelitian dengan data sebagai berikut.

Tabel 4.1 Data Benda Uji

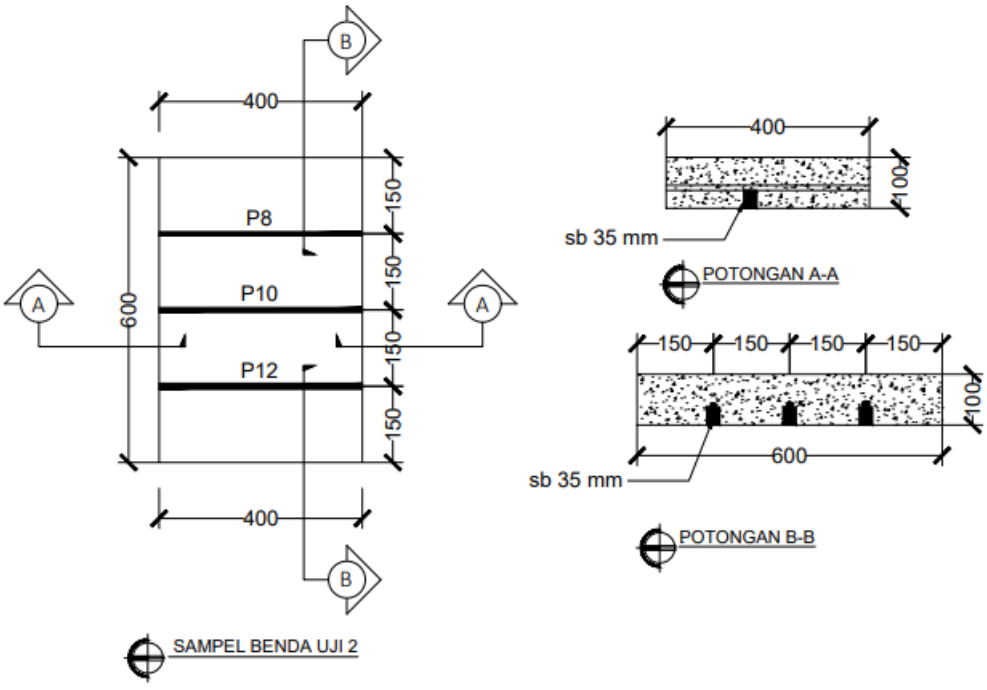
No	Tebal Selimut (mm)	Diameter tulangan (mm)	Jarak tulangan (mm)
1	25	8, 10 dan 12	150
2	35	8, 10 dan 12	150
3	40	8, 10 dan 12	150

Benda uji merupakan pelat beton bertulang dengan bentang arah x (Lx) berukuran

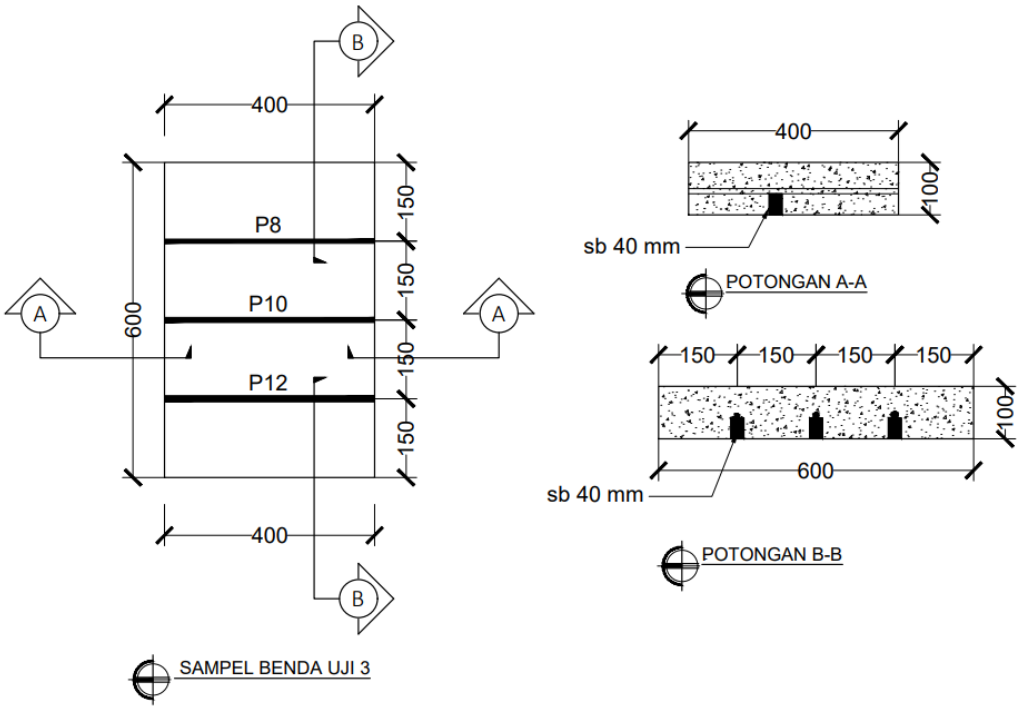
40 cm, bentang arah y (Ly) berukuran 60 cm dan tebal pelat 10 cm. Prosedur pembuatan beton berdasarkan hasil dari *mix design* rencana. Data sampel dari tabel diatas akan divisualisasikan dengan gambar sebagai berikut.



Gambar 4.1 Denah sampel pelat benda uji 1



Gambar 4.2 Denah sampel pelat benda uji 2



Gambar 4.3 Denah sampel pelat benda uji 3

4.6.5 Pengujian Sampel

Sampel pada tahapan ini dilakukan pengujian *rebar scanner* menggunakan alat dengan merek Profometer 5+. Pengujian ini dilakukan pada pelat beton bertulang dengan ukuran 40cm x 60cm x 10cm berdasarkan BS 181-204 sebagai berikut.

1. Melakukan setting perangkat *rebar scanner*
2. Melakukan kalibrasi perangkat terhadap objek jika diperlukan
3. Melakukan pengujian dengan menempelkan *prober (search head)* ke objek kemudian digeser secara simetris
4. Melihat hasil pembacaan dan memberikan tanda kepada objek ketika tulangan sudah terdeteksi
5. Melakukan pencatatan hasil pembacaan pada layar meteran

4.6.6 Olah Data

Olah data dilakukan pada data primer yang didapatkan pada saat pengujian. Olah data dilakukan berdasar pada landasan teori yang digunakan sehingga mendapatkan parameter yang diperlukan untuk tahap selanjutnya.

4.6.7 Analisis Pengujian

Parameter yang dihasilkan dari pengolahan data akan dijadikan sebgai pembanding berdasarkan kelompok variabel untuk mendapatkan hasil dan nilai yang terjadi seperti sebab akibat yang berkaitan dengan pengaruh tebal selimut beton yang bervariasi terhadap pembacaan alat *rebar scanner*.

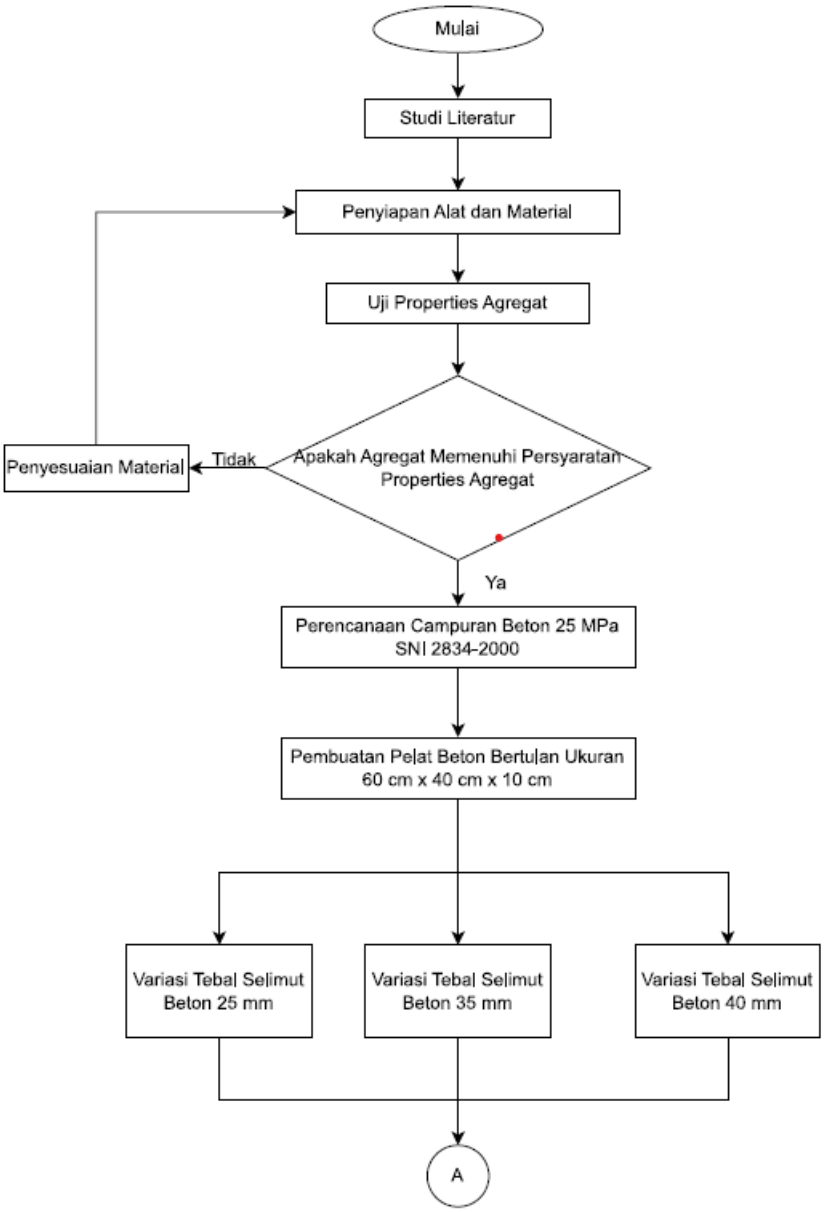
4.6.8 Pembahasan

Pembahasan merupakan tahapan pemaparan dari hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya untuk menjawab pertanyaan yang telah dicantumkan pada poin rumusan masalah.

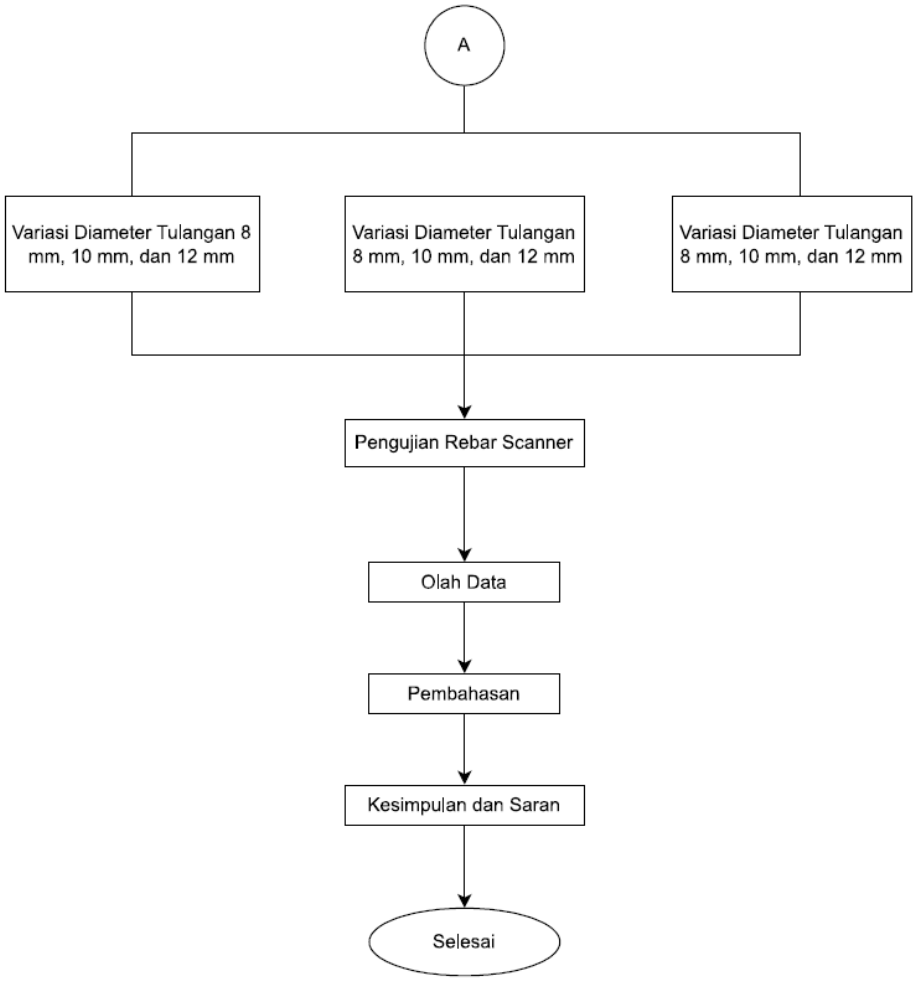
4.6.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan rangkuman dari topik yang dibahas peneliti terkait dengan tujuan dari penelitian yang dilakukan, pada tahapan ini juga membahas tentang saran-saran yang dapat digunakan sebagai pengembangan untuk penelitian selanjutnya berdasarkan topik yang dibahas.

4.6.10 Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 4.1 Flowchart Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1 Flowchart Penelitian

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Uji Propertis

Pengujian propertis agregat merupakan serangkaian pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat sifat material yang akan digunakan dalam campuran beton. Uji propertis bertujuan untuk memastikan bahwa agregat yang digunakan sudah memenuhi standar yang dibutuhkan. Uji propertis pada penelitian ini meliputi pengujian agregat halus dan agregat kasar.

Pengujian ini mencakup beberapa parameter penting seperti gradasi, berat jenis, penyerapan air, serta kadar lumpur. Setiap parameter tersebut berpengaruh langsung terhadap performa beton, baik dari segi kekuatan, daya tahan, maupun kemudahan pengerjaan di lapangan. Oleh karena itu, hasil dari pengujian ini akan menjadi dasar dalam pemilihan dan proporsi campuran beton yang sesuai dengan SNI.

5.1.1 Agregat Halus

pada agregat halus dilakukan pengujian propertis berupa berat jenis dan penyerapan air, Analisa saringan, berat volume padat, berat volume gembur dan pengujian kadar lumpur (lolos saringan nomor 200)

1. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

   Uji berat jenis dan penyerapan air dilaksanakan berdasarkan SNI 03-1970-1990. Berikut perhitungan berdasarkan data yang sudah diperoleh:

   a. Berat Jenis Curah

   Berat Jenis Curah $= \frac{Bk}{B+500-Bt}$

   $= \frac{481}{660+500-968}$

   $= 2{,}505$

b. Berat Jenis Kering Permukaan

Berat Jenis Kering Permukaan $= \frac{500}{B+500-Bt}$

$= \frac{500}{660+500-968}$

= 2,604

c. Berat Jenis Semu

Berat Jenis Semu $= \frac{Bk}{B+Bk-Bt}$

$= \frac{Bk}{660+481-968}$

= 2,780

d. Penyerapan Air

Penyerapan Air $= \frac{500-Bk}{Bk}$

$= \frac{500-481}{481}$

= 3,95%

Sampel 2 dilakukan perhitungan sama dengan sampel 1 diatas. Tabel rekapitulasi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dapat dilihat pada tabel 5.1

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Pemereriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	481	480	481
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	968	965	967
Berat piknometer berisi air, gram (B)	660	660	660
Berat Jenis Curah	2,505	2,462	2,483
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD)	2,604	2,564	2,584
Berat Jenis semu	2,780	2,743	2,762
Penyerapan Air	3,95%	4,17%	4,06%

Dari hasil perhitungan diatas, diperoleh berat jenis agregat halus sebesar 2,762 dan penyerapan air sebesar 4,06%

2. Analisa Saringan

Pengujian analsisa saringan agregat halus mengacu pada SNI-1968-1990. Pada pengujian ini bertujuan untuk memperoleh gradasi dari agregat halus. Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

a. Persentase Berat Tertinggal

Saringan 4,8 mm $= \frac{Berat\ tertinggal}{Berat\ Total} \times 100\%$

$= \frac{129}{2500} \times 100\%$

= 5,16 %

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

Saringan 4,8 mm = % berat tertinggal + %berat tertinggal sebelumnya

= 5,16% + 5,2%

= 10,36%

c. Persentase Lolos Kumulatif

Saringan 4,8 mm = 100%-% berat teringgal

= 89,64%

d. Modulus Halus Butir

MHB $= \frac{\%\ Berat\ tertinggal\ kumulatif}{100}$

$= \frac{271{,}880}{100}$

= 2,719

Tabel perhitungan Analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan 5.3

Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
1	20,00	0	0	0	100
2	10,00	130	5,2	0	100
3	4,80	129	5,16	10,36	89,64
4	2,40	175	7	17,36	82,64
5	1.20	336	13,44	30,80	69,20
6	0,60	511	20,44	51,24	48,76

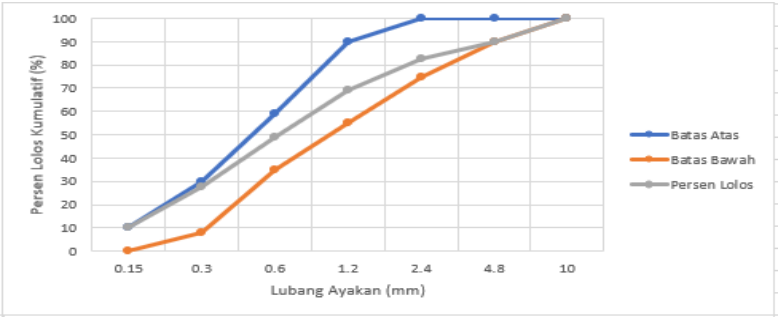
Lanjutan Tabel 5.3 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
7	0,30	530	21,20	72,44	27,56
8	0,15	431	17,24	89,68	10,32
9	Sisa	258	10,32	100,000	0
	Jumlah	2500	100	271,880	

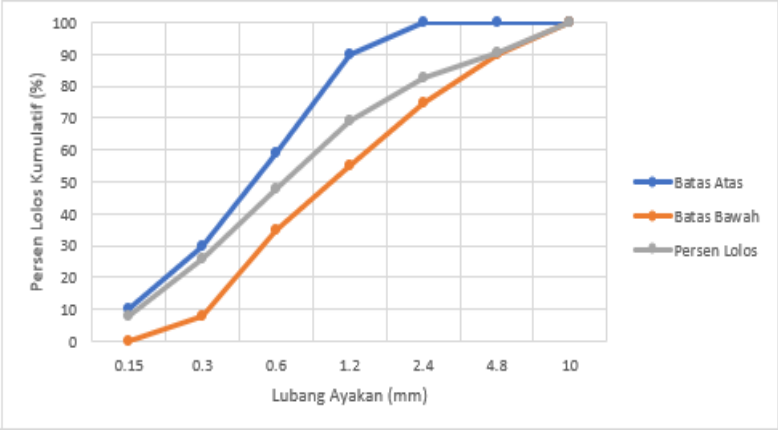
Tabel 5.4 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
1	20,00	0	0	0	100
2	10,00	110	4,4	0	100
3	4,80	130	5,20	9,6	90,4
4	2,40	192	7,68	17,28	82,72
5	1.20	343	13,72	31	69
6	0,60	527	21,08	52,08	47,92
7	0,30	544	21,76	73,84	26,16
8	0,15	454	18,16	92	8
9	Sisa	200	8	100,000	0
	Jumlah	2500	100	275,800	324,2

Hasil perhitungan pada tabel 5.2 dan 5.3 diperoleh modulus halus butir sebesar 2,719 dan 2,758. Hasil tersebut sudah sesuai dengan SNI 03-1750-1990 terkait persyaratan modulus halus butir agregat halus. Agregat halus masuk dalam gradasi II. Grafik gradasi dapat dilihat pada gambar 5.1 dan 5.2



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1



Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 2

3. Berat Volume padat

   Pada uji berat volume padat agregat halus dilakukan dengan memasukan agregat halus kedalam silinder kemudian dipadatkan dengan sempurna. Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

   a. Volume Tabung

      Volume Tabung $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$

      $= \frac{1}{4} \times \pi \times 14{,}90^2 \times 30{,}23$

      $= 5271 cm^3$

   b. Berat Agregat

      Berat Agregat $= W2 - W1$

      = 19899-8067

      $= 11832 gr$

   c. Berat Volume Padat

      Berat Volume Padat $= \frac{W3}{V}$

$$= \frac{11832}{5271}$$

$$= 2{,}244 \text{gr/cm3}$$

Rekapitulasi perhitungan berat volume padat sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	14,90	14,90
Tinggi (cm)	30,23	30,23
Berat Tabung (W1)(gr)	8067	8067
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	19889	19780
Berat agregat (W3)	11832	11713
Volume tabung (V) (cm3)	5271	5271
Berat volume padat (gr/cm3)	2,244	2,222
Rata-rata berat volume	2,233	

Berdasarkan tabel 5.4 diperoleh nilai rata – rata berat volume padat 2,233.

4. Berat Volume gembur

Perhitungan berat volume gembur sama dengan berat volume padat, hanya tidak dilakukan pemadatan terhadap agregat halus. Sehingga diperoleh hasil rekapitulasi perhitungan sampel 1 dan sampel 2 pada tabel 5.5

Tabel 5.5 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	14,90	14,90
Tinggi (cm)	30,23	30,23
Berat Tabung (W1)(gr)	8067	8067
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	18526	16671
Berat agregat (W3)	10459	8604
Volume tabung (V) (cm3)	5271	5271
Berat volume gembur (gr/cm3)	1,984	1,632
Rata-rata berat volume	1,808	

Berdasarkan tabel 5.5 diperoleh nilai rata – rata berat volume gembur 1,808.

5. Pengujian kadar Lumpur (lolos saringan nomor 200)

Pengujian kadar lumpur lolos saringan nomor 200 dilakukan berdasarkan SNI 03-4142-1990. Pengujian ini guna mengetahui kandungan lumpur pada agregat halus. Berikut merupakan contoh perhitungan uji lolos saringan No. 200

Kandungan Lumpur $= \frac{W1-W2}{W1}$

$= \frac{500-497}{500}$

=0,6%

Hasil pemerikasaan kadar lumpur dapat dilihat pada tabel 5.6

Tabel 5.6 Hasil Pemeriksaan Uji Lolos Saringan No.200

Uraian	**Hasil Pemeriksaan**	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	497	492
Persentase lolos saringan No. 200 ($\frac{(W1-W2)}{W1}$)	0,60	1,60
Rata-rata persentase lolos saringan No.200	1,10	

Berdasarkan tabel 5.6 diperoleh rerata kadar lumpur sebesar 1,10%. Rerata tersebut sudah memenuhi persyaratan sesuai SK SNI S-04-1989-F sebesar 5%.

5.1.2 Agregat Kasar

Pada uji propertis agregat kasar mencakup beberapa pengujian, berat jenis dan penyerapan air, Analisa saringan, berat volume padat, dan berat volume gembur.

1. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

   Pengujian berat jenis penyerapan air agregat kasar mengacu pada SNI 03-1969-1990. Berikut contoh perhitungan pengujian.

   1. Berat Jenis Curah

      Berat Jenis Curah $= \frac{Bk}{Bj-Ba}$

      $= \frac{4879}{5000-3115}$

      =2,588

   2. Berat Jenis Kering Permukaan

Berat Jenis Kering Permukaan $= \frac{Bj}{Bj-Ba}$

$= \frac{5000}{5000-3115}$

$= 2{,}653$

3. Berat Jenis Semu

Berat Jenis Semu $= \frac{Bk}{Bk-Ba}$

$= \frac{4879}{4879-3115}$

$=2{,}766$

4. Penyerapan Air

Penyerapan Air $= \frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$

$= \frac{5000-4879}{4879} \times 100\%$

$= 2{,}48\%$

Hasil perhitungan pemerikasaan berat jenis penyerapan air agregat kasar sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada tabel 5.7

Tabel 5.7 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4879	4887	4883
Berat Kerikil Jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3115	3125	3120
Berat Jenis Curah	2,588	2,606	2,597
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD)	2,653	2,667	2,660
Berat Jenis semu	2,766	2,774	2,770
Penyerapan Air %	2,48%	2,31%	2,40%

Berdasarkan tabel 5.7 diperoleh rata-rata berat jenis penyerapan air agregat kasar sampel 1 dan sampel 2 sebesar 2,66. rata-rata penyerapan air sampel 1 dan sampel 2 sebesar 2,40%.

2. Analisa Saringan

Pengujian Analisa saringan pada agregat kasar mengacu pada SNI 1968-1990. Berikut contoh perhitungan Analisa saringnan agegat kasar.

1. Presentase berat teringgal

Saringan 20 mm $= \frac{Berat\ tertinggal}{Berat\ Total} \times 100\%$

$= \frac{131}{5000} \times 100\%$

=2,62%

2. Persentase berat tertinggal kumulatif

   Saringan 20 mm = % berat tertinggal+% berat tertinggal sebelumnya

   = 0 % + 2,62 %

   = 2,62%

3. Presentase lolos kumulatif

   Saringan 20 mm = 100% - % berat tertinggal

   = 97,38%

4. Modulus halus butir

   MHB $= \frac{\%\ Berat\ tertinggal\ kumulatif}{100}$

   $= \frac{626,54}{100}$

   =6,265

Hasil perhitungan Analisa saringan dapat dilihat pada tabel 5.8 dan 5.9

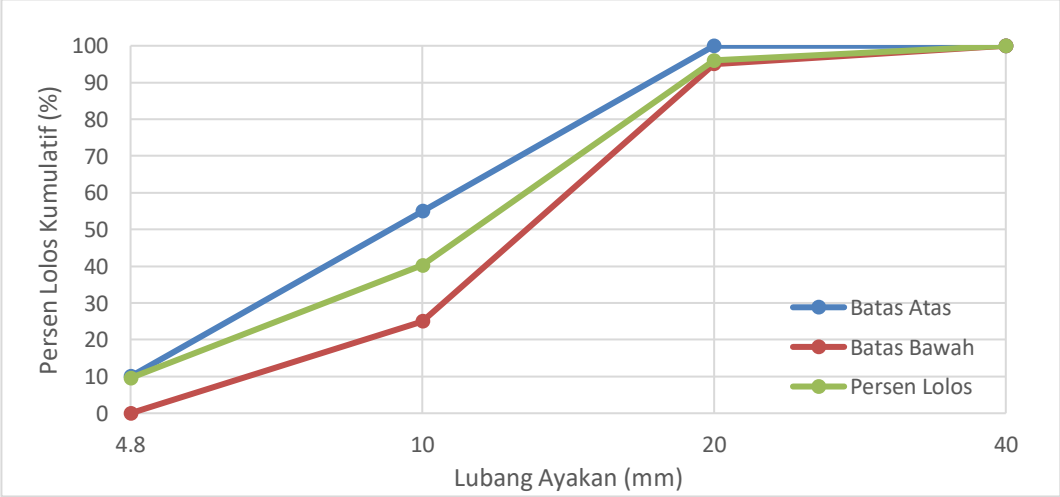
Tabel 5.8 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
1	40,00	0	0	0	100
2	20,00	131	2,62	2,62	97,38
3	10,00	2700	54	56,62	43,38
4	4,80	1690	33,8	90,42	9,58
5	2,40	151	3,02	93,44	6,56
6	1.20	121	2,42	95,86	4,14
7	0,60	0	0,00	95,86	4,14
8	0,30	0	0,00	95,86	4,14
9	0,15	0	0,00	95,86	4,14
10	Sisa	207	4,14	100,00	0,00
	Jumlah	5000	100	626,54	

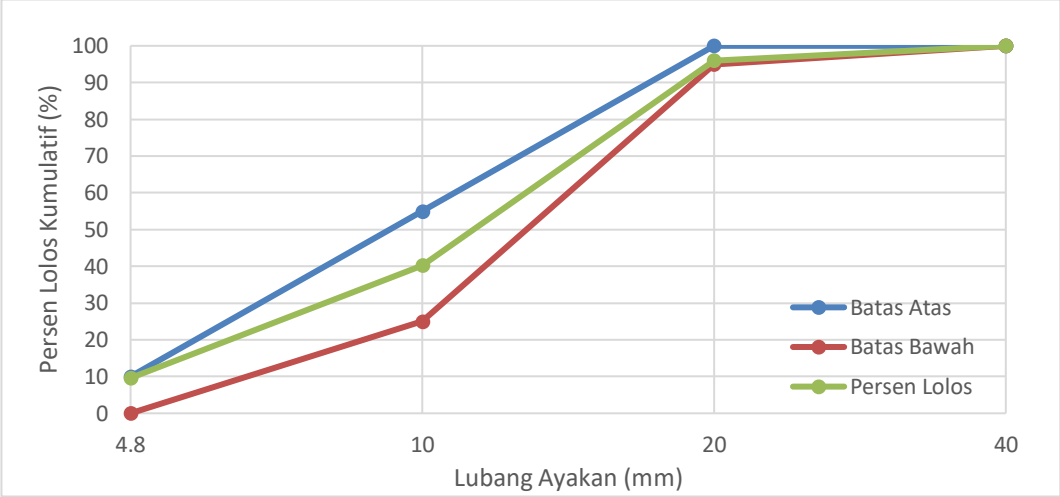
Tabel 5.9 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
1	40,00	0	0	0	100
2	20,00	200	4	4	96,00
3	10,00	2788	55,76	59,76	40,24
4	4,80	1532	30,64	90,4	9,60
5	2,40	142	2,84	93,24	6,76
6	1.20	119	2,38	95,62	4,38
7	0,60	0	0,00	95,62	4,38
8	0,30	0	0,00	95,62	4,38
9	0,15	0	0,00	95,62	4,38
10	Sisa	219	4,38	100,00	0,00
	Jumlah	5000	100	629,88	

Perhitungan Analisa Saringan Tabel 5.8 dan 5.9 diperoleh nilai modulus halus butir sebesar 6,265 dan 6,298 Sudah sesuai dengan SK SNI S-0401989 F. Agregat kasar yang digunakan dalam peneltian masuk dalam gradasi butir maksimum 20 mm. gambar grafik gradasi agregat kasar sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada gambar 5.3 dan 5.4



Gambar 5.3 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1



Gambar 5.4 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2

3. Berat Volume Padat

Pengujian berat volume padat dilakukan untuk memperoleh berat volume agregat kasar saat kondisi agregat dipadatakan. Berikut contoh perhitungan berat volume padat.

1. Volume Tabung

Volume Tabung $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 14{,}90^2 \times 30{,}23$

$= 5271 cm^3$

2. Berat Agregat

Berat Agregat $= W2 - W1$

$= 18179\text{-}8067$

$= 10112 gr$

3. Berat Volume Padat

Berat Volume Padat $= \frac{W3}{V}$

$= \frac{10112}{5271}$

$= 1{,}918 gr/cm3$

Hasil dari perhitungan berat volume padat dapat dilihat pada tabel 5.10

Tabel 5.10 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Diameter (cm)	14,9	14,9
Tinggi (cm)	30,23	30,23
Berat Tabung (gr)	8067	8067
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	18179	18237
Berat agregat (W3)	10112	10170
Volume tabung (v) (cm3)	5271	5271
Berat volume padat (gr/cm3)	1,918	1,929
Rata-rata	1,923	

Pada perhitungan pemeriksaan berat volume padat, diperoleh rata rata 1,923

4. Berat Volume Gembur

   Perhitungan berat volume gembur sama dengan berat volume padat, hanya tidak dilakukan pemadatan terhadap agregat kasar. pada pengujian ini diperoleh hasil rekapitulasi sampel 1 dan sampel 2 pada tabel 5.11

Tabel 5.11 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Diameter (cm)	14,9	14,9
Tinggi (cm)	30,23	30,23
Berat Tabung (gr)	8067	8067
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	17279	17455
Berat agregat (W3)	9212	9388
Volume tabung (v) (cm3)	5271	5271
Berat volume gembur (gr/cm3)	1,747	1,781
Rata-rata	1,764	

Berdasrkan pengujian berat volume gembur sampel 1 dan sampel 2 diperoleh hasil rata rata 1,781

5.2 *Mix Design*

Mix desain yang digunakan mengacu pada SNI 03-2834-2000. Langkah – langkah penentuan mix desain dapat dilihat sebagai berikut.

1. Rencana mutu beton 25 MPa menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan ketinggian 30 cm.

2. Menentukan deviasi standar.

   Peneliti belum memiliki pengalaman dalam menentukan standar deviasi, sehingga ditetapkan sebesar 7 berdasarkan tabel 3.1

3. Menghitung nilai tambah

   M=1,64 × Sr

   M=1,64 × 7

   M=11,48 MPa

4. Menghitung mutu beton yang direncanakan

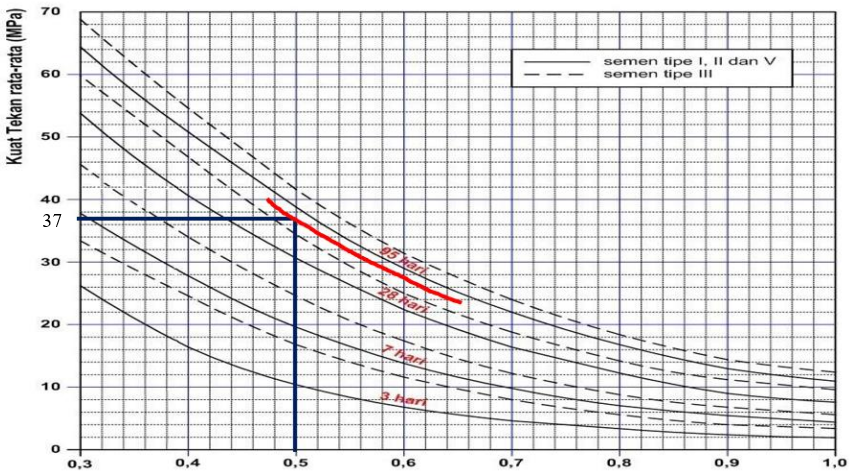
   $F'cr = F'c + M$

   $F'cr = 25 + 12$

   $F'cr = 37\ MPa$

5. Menggunakan semen Portland tipe I merek gresik
6. Agregat halus berasal dari merapi dan agregat kasar berasal dari clereng.
7. Menentukan faktor air semen (FAS)

   1. Berdasarkan tabel dengan rencana benda uji silinder, semen portland tipe 1 dan kuat tekan berumur 28 hari. Diperkirakan kuat tekan beton menggunakan fas 0,5 sebesar 37 MPa



Gambar 5.5 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

Sumber :SNI 03-2843-2000

   2. Berdasarkan gambar 5.5 Diperoleh nilai fas 0,5

8. Fas maksimum serta jumlah semen minimum ditetapkan dengan keadaan beton dalam ruangan keliling non korosif, diperoleh nilai fas maksimum

sebesar 0,6 dan nilai semen minimum sejumlah 275 kg/m3

9. Nilai slump ditetapkan sebesar 10±2 masuk dalam rentang 60-180mm
10. Berdasarkan uji propertis yang sudah dilakukan peneliti, diperoleh ukuran maksimum agregat sebagai berikut
    1. Pasir (agregat halus) masuk kedalam kelompok gradasi II
    2. Ukuran agregat kasar maksimum (Krikil) 20 mm
    3. Agregat kasar menggunakan batu pecah
11. Perhitungan nilai kadar air bebas mengacu pada tabel 3.5. agregat dengan ukuran maksimum 20 mm dan nilai slump 60-180 mm didapatkan nilai batu tidak pecah sebanyak 195kg/m3 serta batu pecah sejumlah 225kg/m3. Perhitungan kadar air bebas menggunakan persamaan 3.3.

    W $= \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk$

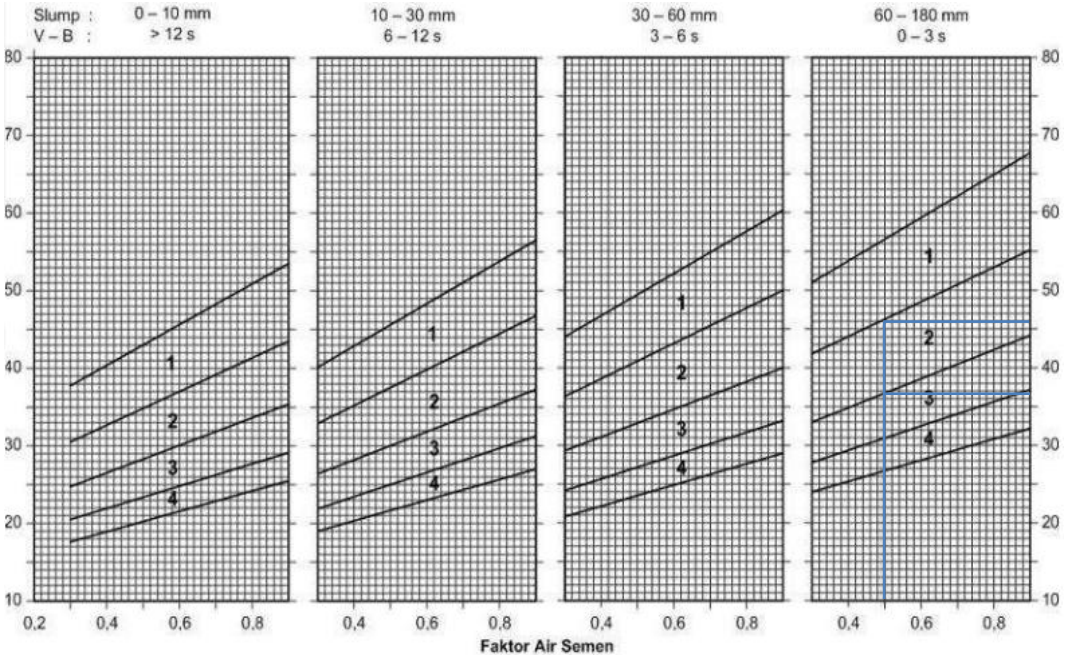
    $= \frac{2}{3}195 + \frac{1}{3}225$

    = 205 kg/m3
12. Menghitung kebutuhan semen untuk per m3 mengacu pada persamaan 3.4 berikut.

    C $= \frac{w}{fas}$

    $= \frac{205}{0,5}$

    = 410 kg/m3
13. Menentukan persentase agregat halus dan kasar menggunakan gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Grafik persen pasir terhadap total agregat (ukuran butir maksimum 20 mm)

Sumber :SNI 03-2843-2000

Berdasarkan gambar diatas diperoleh batas atas agregat sebesar 45,5% dan batas bawah 36,5%. Perhitungan persentase dari agregat halus dan kasar sebagai berikut.

Persentase agregat halus $= \frac{45{,}5\% + 36{,}5\%}{2}$

$= 41\%$

Persentase agregat kasar = 100%-%agregat halus

= 100%-41%

=59%

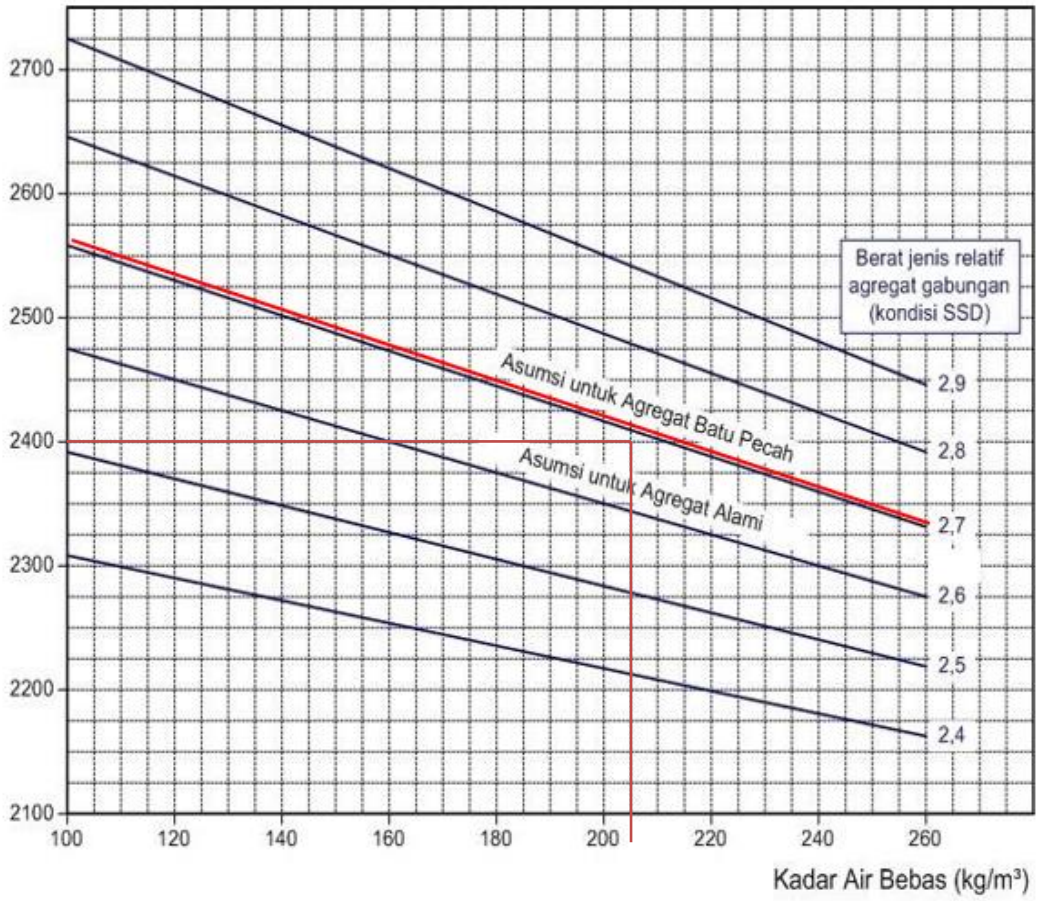
14. Berat jenis gabungan agrgeat dapat dihitung dengan persamaan 3.5

Bj gabungan $= \%Ag.Halus \times BJ_{ag.halus} + \%Ag.Kasar \times BJ_{ag.kasar}$

$=41 \times 2{,}762 + 59 \times 2{,}66$

=2,702

15. Menentukan berat isi beton berdasarkan kadar air bebas dan berat jenis gabungan menggunakan gambar 3.5



Gambar 5.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah

Sumber :SNI 03-2843-2000

Berdasarkan gabungan garis berat jenis gabungan dan garis air bebas gambar 5.7 diperoleh berat isi beton sebesar 2420 kg.m3.

16. Perhitungan kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan 3.6

    Wagregat gabungan = Wbeton-Wsemen-w

    = 2420-410-205

    = 1805 kg/m3

17. Kadar agregat halus dihitung menggunakan persamaan 3.7

    Wagregat halus = %Ag halus × WAg gabungan

    = 41 ×1805

    = 740,05 kg/m3

18. Kadar agregat kasar dihitung menggunakan persamaan 3.8

Wagregata kasar = Wag gabungan – Wag halus

= 1805-740,05

= 1064,95 kg/m3

Selanjutnya menghitung proporsi campuran beton untuk setiap 1 m3, Proporsi campuran beton dengan tambahan angka penyusutan, dan proporsi campuran beton kebutuhan sampel.

1. Proporsi campuran untuk per 1 m3 beton
    1. Air = 205 kg
    2. Semen = 410 kg
    3. Agregat halus = 740,05 kg
    4. Agregat kasar = 1064,95 kg
2. Proporsi campuran beton dengan angka penyusutan sebanyak 20%
    1. Air = 246 kg
    2. Semen = 492 kg
    3. Agregat halus = 888,06 kg
    4. Agregat kasar = 1277,94 kg
3. Proporsi campuran beton untuk kebutuhan sampel uji

    Pada penelitian ini menggunakan 5 buah sampel silinder untuk uji tekan, karena untuk mengetahui apakah mutu plat lantai sudah memenuhi f'c rencana yaitu 25MPa dan 3 buah plat lantai dengan ukuran $40\text{ cm} \times 60\text{ cm} \times 10\text{ cm}$

    1. Volume silinder (5 buah)

        Vsilinder $= 5\times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$

        $= 5\times \frac{1}{4} \times \pi \times 0{,}15^2 \times 0{,}3$

        = 0,0265 m3
    2. Volume plat lantai

        Vplat = jumlah pelat x panjang x tinggi x lebar

        $= 3 \times\ 0{,}6 \times 0{,}4 \times 0{,}1$

        = 0,072 m3
    3. Volume total kebutuhan = volume silinder + volume plat lantai

        = 0,0265 + 0,072

        = 0,0985 m3

4. Air $= V_{kebutuhan} \times V_{total}$
   $= 0{,}0985 \times 246$
   $= 24{,}233$ kg
5. Semen $= V_{kebutuhan} \times V_{total}$
   $= 0{,}0985 \times 492$
   $= 48{,}466$ kg
6. Agregat halus $= V_{kebutuhan} \times V_{total}$
   $= 0{,}0985 \times 888{,}06$
   $= 87{,}48$ kg
7. Agregat kasar $= V_{kebutuhan} \times V_{total}$
   $= 0{,}0985 \times 1277{,}94$
   $= 125{,}886$ kg

5.3 Pengujian Tekan Silinder

Pada pengujian tekan silinder dilaksanakan saat usia beton 7 hari. Pengujian ini menggunakan alat uji tekan CTM (*Compression Test Machine*). sebelum dilakukan uji tekan benda uji diangkat dari perendaman atau dikeringkan selama 1 hari. Jumlah benda uji yang digunakan berjumlah 5 silinder. Pengujian dilakukan hingga benda uji hancur dan diperoleh hasil beban maksimum usia 7 hari. Setelah didapatkan kuat nilai kuat tekan usia 7 hari selanjutnya dikonversikan menggunakan angka konversi untuk usia beton 28 hari berdasarkan pada PBI 1971 tabel 4.1.4. Contoh perhitungan menggunakan konversi dapat dilihat pada persamaan 5.1 dan hasil uji tekan dapat dilihat pada tabel 5.12 berikut.

SD1 = Nilai Kuat Tekan / Angka Konversi 28 hari (5.1)
= 16,1 / 0,65
= 24,8 MPa

Berdasarkan hasil dari perhitungan koonversi nilai kuat tekan maka diperoleh nilai rata rata sebagai berikut.

Rata-rata kuat tekan $= \frac{Jumlah\ konversi\ nilai\ kuat\ tekan}{Jumlah\ benda\ uji}$ (5.2)
$= \frac{123{,}4}{5}$
$= 24{,}68$ MPa

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Tekan Benda Uji Silinder

No.	Kode Benda	Dimensi Benda Uji		Umur	Nilai Kuat Tekan	Konversi 28 hari	Rata-rata
		Tinggi	Diameter				
		Cm	Cm	Hari	MPa	MPa	MPa
1	SD1	30,4	15,17	7	16,1	24,8	24,68
2	SD2	30,25	15,25	7	14,4	22,2	
3	SD3	30,34	15,21	7	20,3	31,2	
4	SD4	30,21	15,26	7	15,2	23,4	
5	SD5	30,37	15,13	7	14,2	21,8	

Hasil pengujian pada tabel 5.12 diperoleh nilai rata-rata benda uji setelah dikonversi pada usia 28 hari sebesar 24,68 MPa. Karena nilai rata rata cukup mendekati kuat tekan rencana 25 MPa maka mix design dianggap memenuhi persyaratan.

5.4 Pengujian Pelat untuk Membaca Tebal Selimut dengan Rebar Scanner

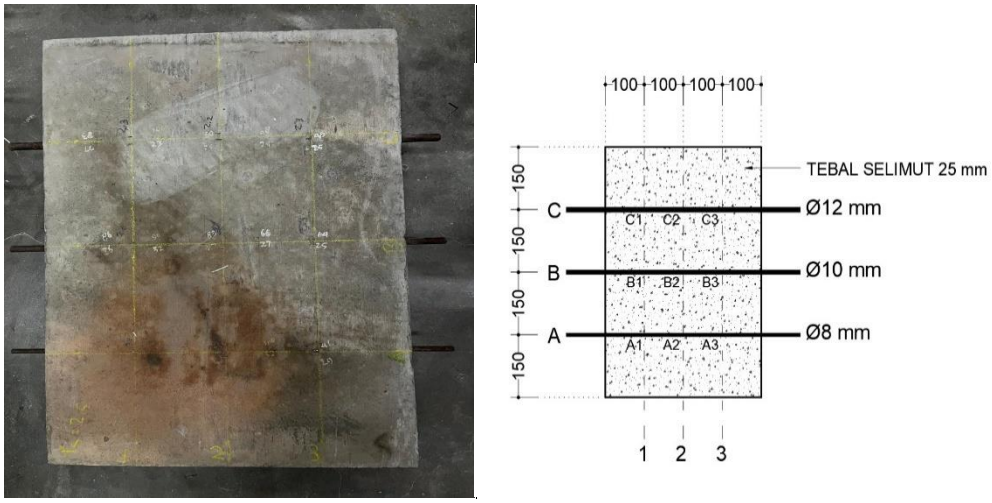
Beton bertulang merupakan salah satu elemen penting yang umum digunakan dalam bidang konstruksi. Namun seiring berjalannya waktu kualitas kekuatan yang dimiliki beton bertulang juga ikut menurun sehingga diperlukan pemeriksaan kelayakan bangunan. Pemeriksaan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keamanan dan kelayakan struktur eksisting.

Pengujian beton bertulang merupakan tahapan penting dalam evaluasi struktur bangunan, terutama untuk mengetahui kondisi eksisting beton tanpa merusak struktur yang telah ada. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode non-destruktif dengan alat *rebar scanner* profometer 5+. Teknologi yang digunakan adalah *The pulseinduction method*, dimana metode ini didasarkan pada induksi gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi baja tulangan (Hakiki, 2023). Penelitian ini menggunakan sampel pelat beton dengan variasi pada tebal selimut beton dan diameter tulangan sebagai variabel uji. Sub bab ini membahas hasil pengujian variasi sampel dengan menggunakan *rebar scanner*

5.4.1 Pengujian pelat dengan tebal selimut 25 mm

Pengujian *rebar scanner* pada pelat ini dilakukan setelah pelat mencapai usia 28 hari. Alat *rebar scanner* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Profometer 5+ Proceq*. Benda uji harus melalui proses pengeringan selama 1 hari sebelum

dilakukan pengujian. Benda uji yang telah dikeringkan kemudian digambar grid dengan jarak 10 cm. pembuatan grid bertujuan untuk mengatur lintasan profometer agar dapat lurus sehingga mengurangi angka koreksi. Pengambilan data pada alat profometer ketika kepala (Probe) berada pada titik pertemuan garis seperti pada gambar berikut.



Gambar 5.8 Benda uji 1

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Tebal Selimut 25 mm

Kode titik uji	Diameter (mm)	Tebal selimut (mm)	Hasil pembacaan Rebar Scanner (mm)
A1	8	25	28
A2	8	25	28
A3	8	25	28
B1	10	25	26
B2	10	25	25
B3	10	25	24
C1	12	25	23
C2	12	25	23
C3	12	25	23

Berdasarkan tabel 5.13 diperoleh hasil pembacaan alat profometer 5+ pada benda uji 1 dengan ketebalan selimut beton sebesar 25 mm. Pengujian dilakukan pada masing-masing diameter tulangan dengan tiga titik uji untuk setiap diameter. Hasil

pembacaan pada diameter 8 mm terhadap titik A1, A2, dan A3 diperoleh nilai sebesar 29 mm, 29 mm, dan 28 mm. Hasil pembacaan pada diameter 10 mm terhadap titik B1, B2, dan B3 diperoleh nilai sebesar 26 mm, 25 mm, dan 24 mm. Hasil pembacaan pada diameter 12 mm terhadap titik C1, C2, dan C3 diperoleh nilai sebesar 23 mm, 23 mm, dan 23 mm. Berdasarkan data pengujian *rebar scanner* pada tabel 5.13 terdapat perbedaan antara kondisi eksisting dengan hasil pembacaan rebar scanner. Perbedaan hasil tersebut merupakan error yang terjadi saat pengujian. Adapun perhitungan error adalah seperti berikut.

$$angka\ koreksi = \frac{hasil\ pengujian - kondisi\ eksisting}{kondisi\ eksisting} \times 100\% \qquad (5.2)$$

$$angka\ koreksi = \frac{28 - 25}{25} \times 100\%$$

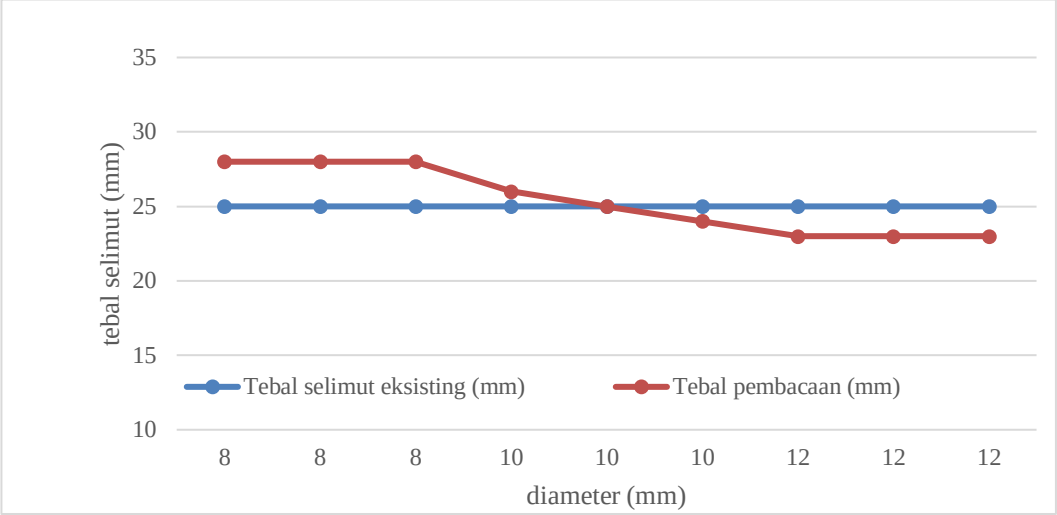
$$angka\ koreksi = 12\%$$

Hasil perhitungan angka koreksi dapat dilihat pada tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Angka Koreksi

Tebal selimut (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)	Angka koreksi
25	28	12,0%
25	28	12,0%
25	28	12,0%
25	26	4,0%
25	25	0,0%
25	24	-4,0%
25	23	-8,0%
25	23	-8,0%
25	23	-8,0%

Berdasarkan tabel hasil pembacaan rebar scanner pada tabel 5.13 diperoleh grafik perbandingan kondisi eksisting benda uji dengan hasil pengujian.

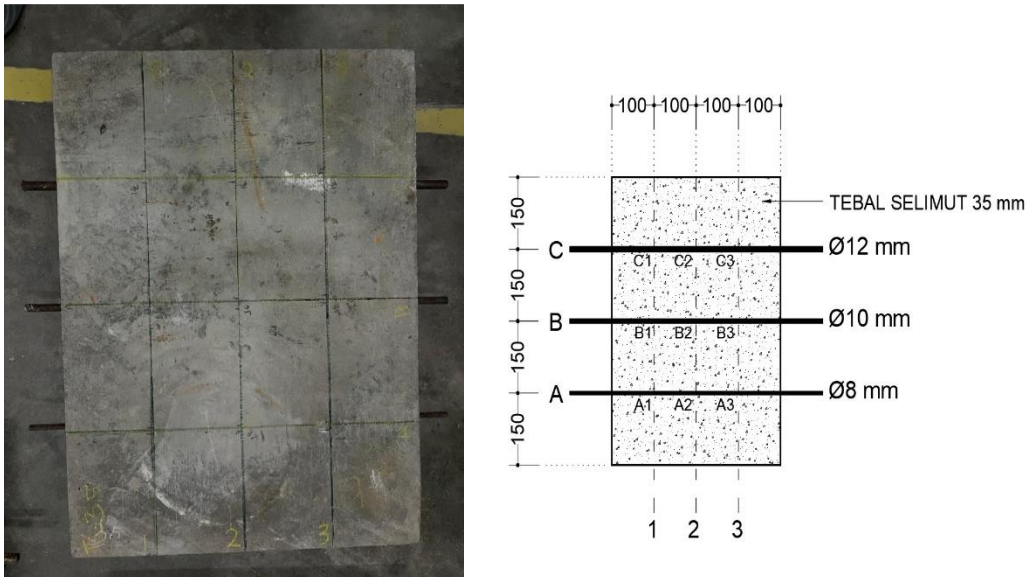


Gambar 5.9 Grafik Hasil Pengujian Tebal Selimut Beton pada Benda Uji 1

Berdasarkan data yang diperoleh dari tabel 5.13 menghasilkan grafik pembacaan tebal selimut pada diameter tulangan 8 mm terbaca diatas kondisi eksisting, tetapi hasil pembacaan pada diameter tulangan 12 mm berada dibawah kondisi eksisting. Kondisi yang paling mendekati tebal selimut eksisting adalah pembacaan pada diameter tulangan 10 mm.

5.4.2 Pelat dengan tebal selimut 35 mm

Pengujian pelat lantai dengan tebal selimut 35 mm dengan *rebar scanner* dilakukan setelah pelat mencapai usia 28 hari. Alat *rebar scanner* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Prfometer 5+ Proceq*. hasil pengujian pelat dengan tebal selimut 35 mm dapat dilihat pada gambar 5.10 , tabel 5.15 dan grafik 5.9.



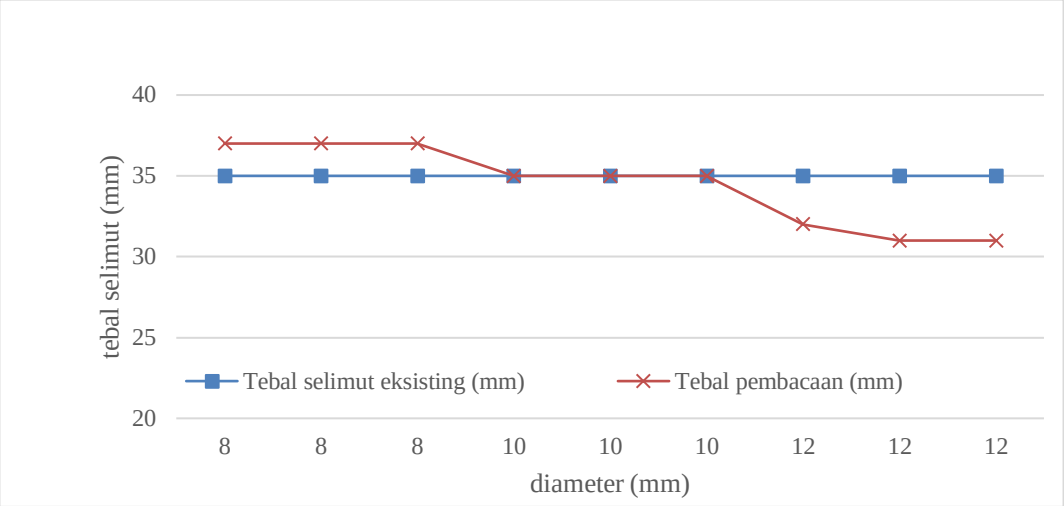
Gambar 5.10 Benda uji 2

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Tebal Selimut 35 mm

Kode titik uji	Diameter (mm)	Tebal selimut (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)	Angka Koreksi
A1	8	35	37	5,71%
A2	8	35	37	5,71%
A3	8	35	37	5,71%
B1	10	35	35	0,00%
B2	10	35	35	0,00%
B3	10	35	35	0,00%
C1	12	35	32	-8,57%
C2	12	35	31	-11,43%
C3	12	35	31	-11,43%

Berdasarkan tabel 5.15 diperoleh hasil pembacaan profometer 5+ pada benda uji 1 dengan tebal selimut 35 mm adalah sebagai berikut. Hasil pengujian pada setiap diameter terdapat 3 titik uji. Hasil pembacaan pada diameter 8 mm terhadap titik A1, A2, dan A3 diperoleh nilai sebesar 37 mm, 37 mm, dan 37 mm. Hasil pembacaan pada diameter 10 mm terhadap titik B1, B2, dan B3 diperoleh nilai

sebesar 35 mm, 35 mm, dan 35 mm. Hasil pembacaan pada diameter 12 mm terhadap titik C1, C2, dan C3 diperoleh nilai sebesar 32 mm, 31 mm, dan 31 mm. Berdasarkan data yang telah didapatkan pada pengujian *rebar scanner* diperoleh grafik perbandingan kondisi eksisting benda uji dengan hasil pengujian.

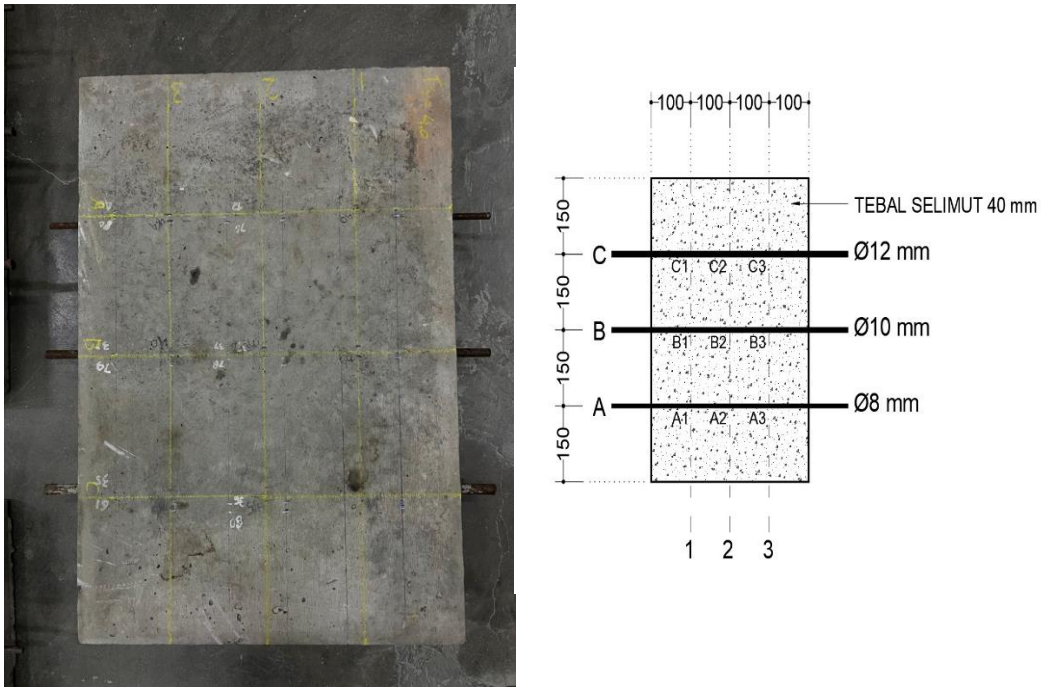


Gambar 5.11 Grafik Hasil Pengujian Tebal Selimut Beton pada Benda Uji 2

Berdasarkan data yang diperoleh dari tabel 5.15 menghasilkan grafik yang mirip dengan grafik pengujian tebal selimut pada benda uji 1. pembacaan tebal selimut pada diameter tulangan 8 mm terbaca diatas kondisi eksisting, tetapi hasil pembacaan pada diameter tulangan 12 mm berada dibawah kondisi eksisting. Kondisi yang paling mendekati tebal selimut eksisting adalah pembacaan pada diameter tulangan 10 mm.

5.4.3 Pelat dengan tebal selimut 40 mm

Pengujian pelat lantai dengan tebal selimut 40 mm dengan *rebar scanner* dilakukan setelah pelat mencapai usia 28 hari. Alat *rebar scanner* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Prfometer 5+ Proceq.* hasil pengujian pelat dengan tebal selimut 40 mm dapat dilihat pada gambar 5.12 , tabel 5.16 dan grafik 5.10.



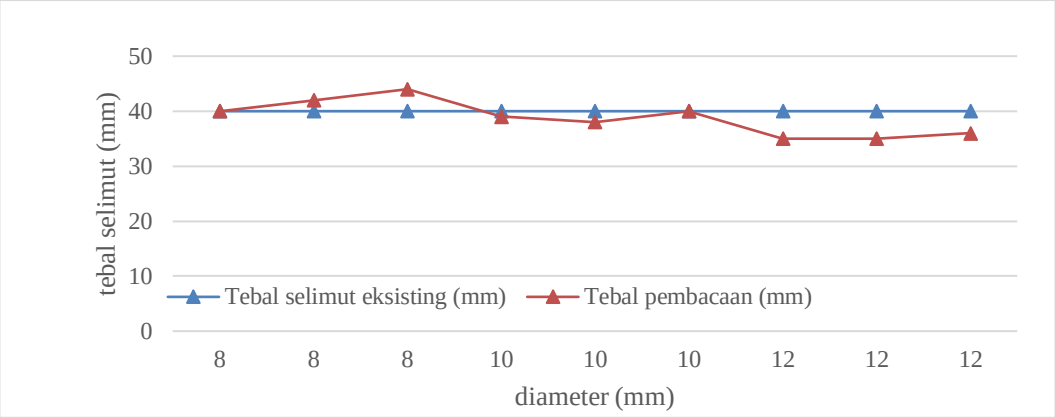
Gambar 5.12 Benda uji 3

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Tebal Selimut 40 mm

Kode titik uji	Diameter (mm)	Tebal selimut (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)	Angka Koreksi
A1	8	40	40	0,00%
A2	8	40	42	5,00%
A3	8	40	44	10,00%
B1	10	40	39	-2,50%
B2	10	40	38	-5,00%
B3	10	40	40	0,00%
C1	12	40	35	-12,50%
C2	12	40	35	-12,50%
C3	12	40	36	-10,00%

Berdasarkan tabel 5.15 diperoleh hasil pembacaan profometer 5+ pada benda uji 1 dengan tebal selimut 35 mm adalah sebagai berikut. Hasil pengujian pada setiap

diameter terdapat 3 titik uji. Hasil pembacaan pada diameter 8 mm terhadap titik A1, A2, dan A3 diperoleh nilai sebesar 40 mm, 42 mm, dan 44 mm. Hasil pembacaan pada diameter 10 mm terhadap titik B1, B2, dan B3 diperoleh nilai sebesar 39 mm, 38 mm, dan 40 mm. Hasil pembacaan pada diameter 12 mm terhadap titik C1, C2, dan C3 diperoleh nilai sebesar 35 mm, 35 mm, dan 36 mm. Berdasarkan data yang telah didapatkan pada pengujian *rebar scanner* diperoleh grafik perbandingan kondisi eksisting benda uji dengan hasil pengujian.



Gambar 5.13 Grafik Hasil Pengujian Tebal Selimut Beton pada Benda Uji 3

Berdasarkan data yang diperoleh dari tabel 5.15 menghasilkan pola grafik yang kurang konsisten. pembacaan tebal selimut pada diameter tulangan 8 mm terbaca mendekati kondisis eksisting dan diatas kondisi eksisting, tetapi hasil pembacaan pada diameter tulangan 12 mm berada dibawah kondisi eksisting. Kondisi yang paling mendekati tebal selimut eksisting adalah pembacaan pada diameter tulangan 10 mm.

5.4.4 Rekapitulasi Pengujian Tebal Selimut dengan Rebar Scanner

Berdasarkan pengujian rebar scanner yang telah dilakukan didapatkan hasil rata-rata rekapitulasi pada tabel 5.16 berikut.

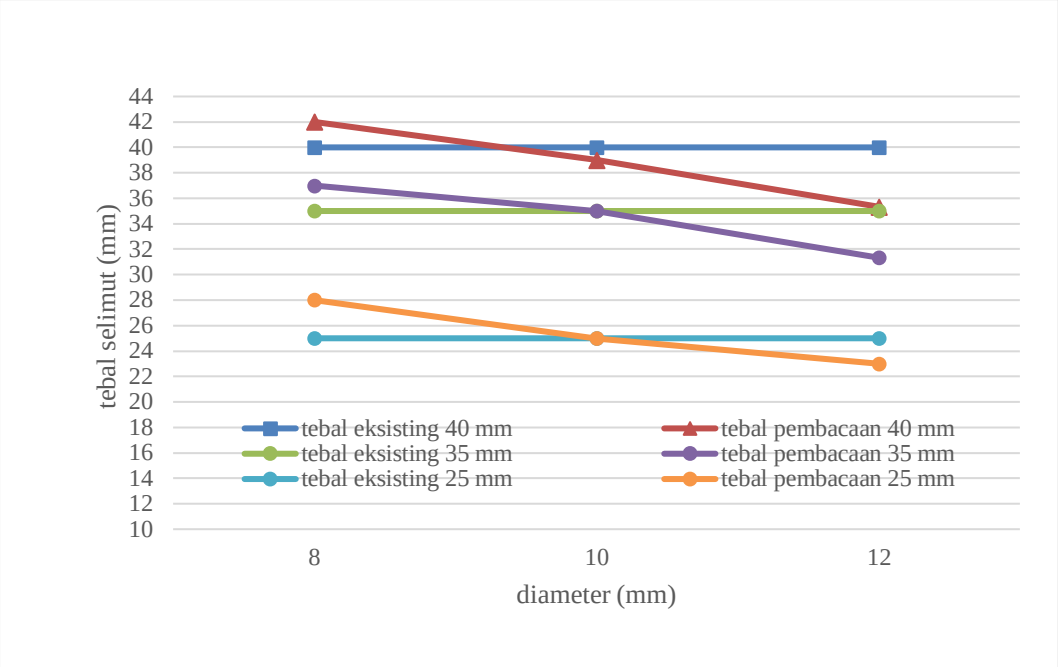
Tabel 5.16 Rata-Rata Rekapitulasi Pengujian Rebar Scanner pada Tebal Selimut dan Angka Koreksi

diameter	Tebal selimut eksisting (mm)	Tebal pembacaan (mm)	Angka Koreksi (%)
8	25	28	12
8	35	37	5,7

Lanjutan Tabel 5.16 Rata-Rata Rekapitulasi Pengujian Rebar Scanner pada Tebal Selimut dan Angka Koreksi

diameter	Tebal selimut eksisting (mm)	Tebal pembacaan (mm)	Angka Koreksi (%)
8	40	42	5
10	25	25	0
10	35	35	0
10	40	39	-2,5
12	25	23	-8
12	35	31	-10,48
12	40	35	-11,67

Berdasarkan tabel hasil rekapitulasi pembacaan rebar scanner menunjukkan bahwa hasil pembacaan pada setiap diameter dan tebal selimut memiliki tingkat akurasi yang berbeda. Pada diameter 8 mm nilai angka koreksi cenderung menunjukkan hasil positif. Artinya pembacaan alat rebar scanner lebih tinggi dibandingkan dengan kndisi eksisting. Pada diameter 10 mm hasil pembacaan rebar scanner cenderung mendekati kondisi eksisting. Hasil ini dapat dilihat pada tabel bahwa pada diameter 10 mm dengan tebal selimut 25 mm dan 35 mm menghasilkan angka kreksi 0%. Hasil pembacaan pada diameter 12 mm menunjukkan bahwa angka koreksi cenderung negatif. Artinya pembacaan tebal selimut lebih rendah daripada kondisi eksisting. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa akurasi rebar scanner diketahui bervariasi tergantung pada kedalaman selimut dan diameter tulangan. Tingkat akurasi dalam penentuan selimut beton menurun seiring dengan meningkatnya kedalaman selimut beton (Kairu, 2016). Sebagai contoh pada penelitian sebelumnya tebal selimut dengan kedalaman 40 mmmenghasilkan angka koreksi sebesar 2,5%. Namun pada pengujian dengan kedalaman selimut 100 mm angka koreksi ynag dihasilkan adalah 17%.Hasil rekapitulasi pengujian rebar scanner dapat digambarkan pada grafik 5.11 berikut.



Gambar 5.14 Grafik Rekapitulasi Hasil Pengujian Tebal Selimut Beton

Berdasarkan data rekapitusali yang diperoleh dari tabel 5.16 menghasilkan pola grafik yang konsisten. pembacaan tebal selimut pada diameter tulangan 8 mm terbaca diatas kondisi eksisting. Pembacaan tebal selimut pada diameter tulangan 12 mm terbaca dibawah kondisi eksisting. Sedangkan pembacaan tebal selimut pada diameter tulangan 10 mm terbaca mendekati kondisi eksisting.

5.5 Pengujian Pelat untuk Membaca Diameter Tulangan dengan Rebar Scanner

Beton bertulang merupakan kombinasi antara beton yang kuat terhada tekan dan baja tulangan yang kuat terhadap tarik, sehingga mampu menahan gaya-gaya yang bekerja secara efektif (SNI 2874:2019). Tulangan pada struktur beton bertulang memiliki usia tertentu, sehingga diperlukan inspeksi untuk memastikan struktur tetap aman. Sub bab ini membahas tentang pengujian non-destruktif tulangan dengan alat Profometer 5+. Pengujian ini bertujuan untuk mendeteksi kondisi tulangan yang ada didalam beton tanpa merusak struktur. Pengujian pelat yang dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan antara kondisi eksisting dengan hasil pembaaan rebar scanner.

5.5.1 Pengujian pelat dengan diameter 8 mm

Pengujian diameter dengan rebar scanner pada penelitian ini dilakukan dengan cara yang mirip dengan pengujian tebal selimut. Dalam sekali pengujian biasanya didapatkan tiga output hasil, yaitu kedalaman tebal selimut beton, jarak antar tulangan, dan diameter tulangan. Penelitian pada sub bab ini membahas tentang identifikasi diameter tulangan eksisting dan diameter tulangan yang dibaca oleh alat *rebar scanner*. Hasil dari identifikasi diameter tulangan dengan rebar scanner dapat dilihat pada tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Diameter Tulangan 8 mm

Kode titik uji	Tebal selimut (mm)	Diameter (mm)	Hasil pembacaan diameter (mm)
A1	25	7,5	7,5
A2	25	7,5	7,5
A3	25	7,5	7,4
A1	35	7,5	7,2
A2	35	7,5	7,4
A3	35	7,5	7,4
A1	40	7,5	7,2
A2	40	7,5	7,1
A3	40	7,5	7,1

Berdasarkan tabel hasil pembacaan diameter 8 mm dengan variasi tebal selimut beton 25 mm, 35 mm, dan 40 mm menunjukkan diameter eksisting adalah sebesar 7,4 mm dan 7,5 mm. Pengujian rebar scanner yang dilakukan mendapatkan hasil pembacaan yang bervariasi. Hasil pembacaan pada benda uji satu (tebal selimut 25 mm) adalah 7,5 mm, 7,7 mm dan 7,4 mm. Hasil pembacaan pada benda uji dua (tebal selimut 35 mm) adalah 7,1 mm, 7,4 mm, dan 7,4 mm. Hasil pembacaan pada benda uji tiga (tebal selimut 40 mm) adalah 6,8 mm, 7,1 mm, dan 6,9 mm.

Hasil pembacaan rebar scanner pada tebal selimut 25 mm cenderung lebih besar dari diameter eksisting, pada titik uji A1 dan A2 diameter tulangan terbaca 7,5 mm. perbedaan kondisi eksisting dan hasil pembacaan rebar scanner

kemungkinan disebabkan karena toleransi alat. Pengujian yang dilakukan pada benda uji tiga (tebal selimut 40 mm) diperoleh penurunan pembacaan. Hasil pada titik uji A1 mencapai 6,8 mm sehingga terdapat perbedaan 0,6 mm. perbedaan yang dihasilkan merupakan angka koreksi yang akan dihitung dengan persamaan berikut.

$$angka\ koreksi = \frac{hasil\ pengujian - kondisi\ eksisting}{kondisi\ eksisting} \times 100\% \quad (5.3)$$

$$angka\ koreksi = \frac{7{,}4 - 7{,}5}{7{,}5} \times 100\%$$

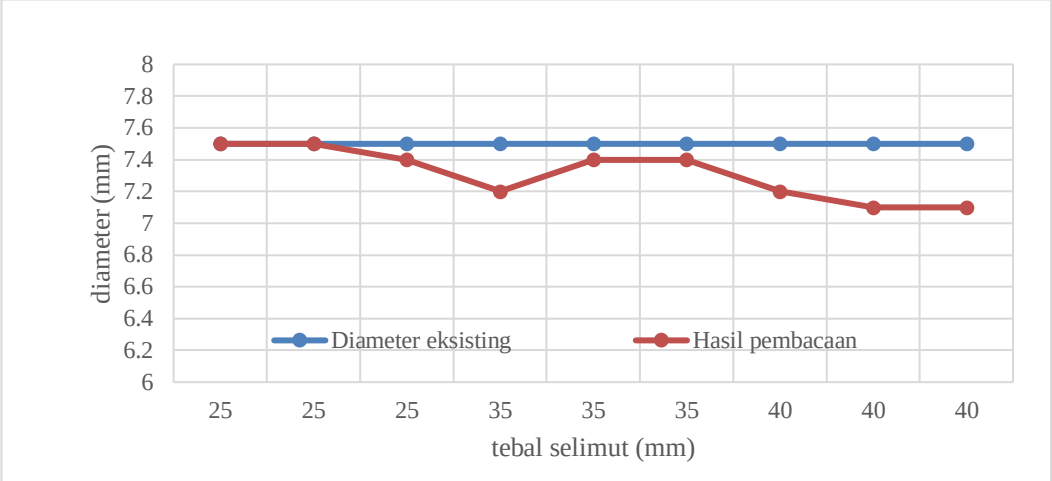
$$angka\ koreksi = -1.33\%$$

Angka koreksi yang dihasilkan pada pengujian benda uji satu titik A3 adalah sebesar -1,33%. Hasil perhitungan angka koreksi dapat dilihat pada tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Angka Koreksi

Tebal selimut (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)	Angka koreksi
7,5	7,5	0,00%
7,5	7,5	0,00%
7,5	7,4	-1,33%
7,5	7,2	-4,00%
7,5	7,4	-1,33%
7,5	7,4	-1,33%
7,5	7,2	-4,00%
7,5	7,1	-5,33%
7,5	7,1	-5,33%

Berdasarkan tabel hasil pembacaan rebar scanner pada tabel 5.17 diperoleh grafik perbandingan kondisi eksisting benda uji dengan hasil pengujian.



Gambar 5.15 Grafik Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Diameter Tulangan 8 mm

Hasil yang diperoleh dari grafik 5.15 adalah bahwa pada pembacaan diameter tulangan menghasilkan angka koreksi yang semakin besar ketika tebal seilimut beton semakin dalam. Pembacaan yang dilakukan pada tebal selimut beton 25 mm terbaca mendekati kondisi eksisting. Pembacaan yang dilakukan pada tebal selimut beton 35 mm dan 40 mm semakin menjauh dari kondisi eksisting.

5.5.2 Pengujian pelat dengan diameter 10 mm

Pengujian diameter tulangan pada benda uji dengan alat profometer 5+ dilakukan bersama ketika melakukan pengujian kedalaman tulangan. Hasil dari pengujian diameter tulangan dapat dilihat pada tabel berikut.

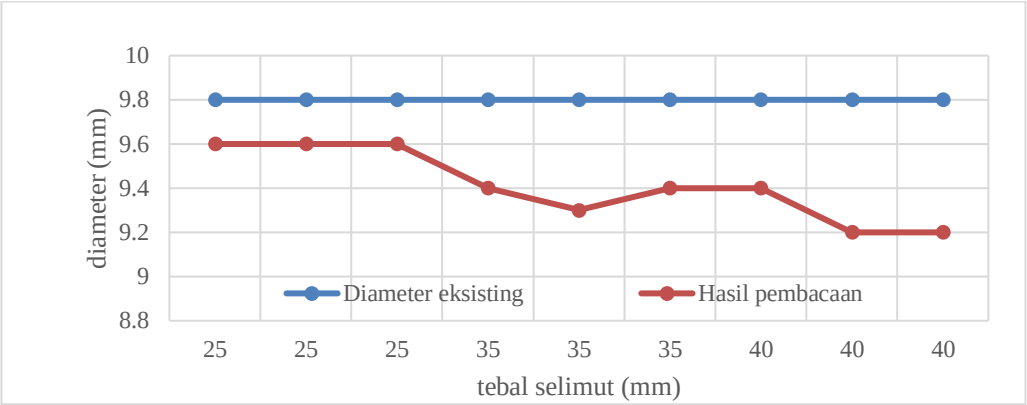
Tabel 5.19 Hasil pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Diameter Tulangan 10 mm

Kode titik uji	Tebal Selimut (mm)	Daimeter (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)	Angka Koreksi
B1	25	9,8	9,6	-2,04%
B2	25	9,8	9,6	-2,04%
B3	25	9,8	9,6	-2,04%
B1	35	9,8	9,4	-4,08%
B2	35	9,8	9,3	-5,10%

Lanjutan Tabel 5.19 Hasil pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Diameter Tulangan 10 mm

B3	35	9,8	9,4	-4,08%
B1	40	9,8	9,4	-4,08%
B2	40	9,8	9,2	-6,12%
B3	40	9,8	9.2	-6,12%

Berdasarkan tabel hasil pengujian pada diameter 10 mm diperoleh bahwa pada tebal selimut 25 mm menghasilkan angka koreksi sebesar -2,04% pada setiap titik uji. Angka koreksi yang dihasilkan pada pengujian tebal selimut 35 mm pada titik B1, B2, dan B3 adalah sebesar -4,08%, -5,10%, dan -4,08%. Hasil angka koreksi yang diperoleh pada tebal selimut 40 mm adalah -4,08&, -6,12%, dan 6,12%. Pembahasan yang dihasilkan dari pengujian pembacaan diameter dengan alat profometer 5+ adalah semakin dalam tebal selimut maka angka koreksi yang dihasilkan juga semakin besar. Berdasarkan tabel hasil pengujian diperoleh grafik perbandingan kondisi eksisting dengan hasil pembacaan rebar scanner seerti berikut.



Gambar 5.16 Grafik Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Diameter Tulangan 10 mm

Hasil yang diperoleh dari grafik 5.16 adalah bahwa pada pembacaan diameter tulangan menghasilkan angka koreksi yang semakin besar ketika tebal seilimut beton semakin dalam. Pembacaan yang dilakukan pada tebal selimut beton 25 mm terbaca mendekati kondisi eksisting. Pembacaan yang dilakukan pada tebal selimut beton 35 mm dan 40 mm semakin menjauh dari kondisi eksisting.

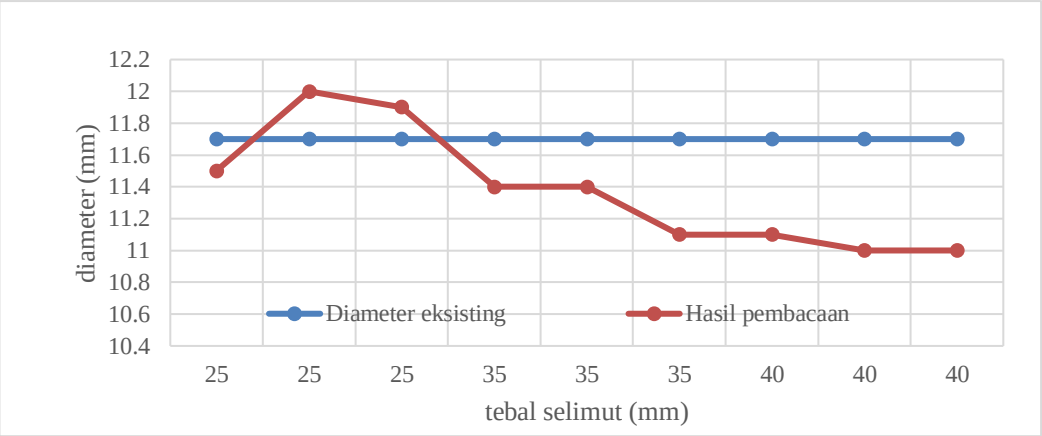
5.5.3 Pengujian pelat dengan diameter 12 mm

Pengujian diameter tulangan pada benda uji dengan alat profometer 5+ dilakukan bersama ketika melakukan pengujian kedalaman tulangan. Hasil dari pengujian diameter tulangan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.20 Hasil pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Diameter Tulangan 12 mm

Kode titik uji	Tebal Selimut (mm)	Daimeter (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)	Angka Koreksi
C1	25	11,7	11,5	-1,71%
C2	25	11,7	12	2,56%
C3	25	11,7	11,9	1,71%
C1	35	11,7	11,4	-2,56%
C2	35	11,7	11,4	-2,56%
C3	35	11,7	11,1	-5,13%
C1	40	11,7	11,1	-5,13%
C2	40	11,7	11	-5,98%
C3	40	11,7	11	-5,98%

Berdasarkan data yang telah didapatkan pada pengujian *rebar scanner* diperoleh grafik perbandingan kondisi eksisting benda uji dengan hasil pengujian.



Gambar 5.17 Grafik Hasil Pengujian Rebar Scanner pada Diameter Tulangan 12 mm

Hasil yang diperoleh dari grafik 5.15 adalah bahwa pada pembacaan diameter tulangan menghasilkan angka koreksi yang semakin besar ketika tebal seilimut beton semakin dalam. Pembacaan yang dilakukan pada tebal selimut beton 25 mm terbaca mendekati kondisi eksisting. Pembacaan yang dilakukan pada tebal selimut beton 35 mm dan 40 mm semakin menjauh dari kondisi eksisting.

5.5.4 Rekapitulasi pengujian diameter tulangan

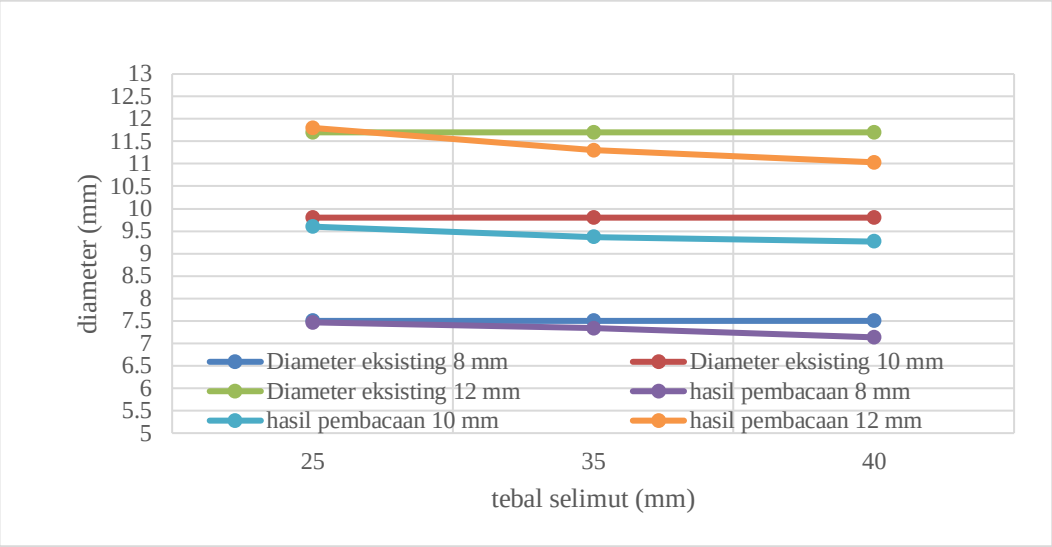
Berdasarkan pengujian rebar scanner yang telah dilakukan didapatkan hasil rata-rata rekapitulasi pada tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.21 Rata-Rata Rekapitulasi pengujian Rebar Scanner pada Diameter Tulangan dan Angka Koreksi

Tebal selimut (mm)	Dismeter eksisting (mm)	Tebal pembacaan (mm)	Angka Koreksi (%)
25	7,5	7,47	-0,44%
35	7,5	7,30	-2,22%
40	7,5	6,93	-4,89%
25	9,8	9,60	-2,04%
35	9,8	9,37	-4,42%
40	9,8	9,23	-5,44%
25	11,7	11,80	0,85%
35	11,7	11,30	-3,42%
40	11,7	11,03	-5,70%

Rekapitulasi pengujian perbandingan pembacaan diameter tulangan eksisting dengan hasil pembacaan rebar scanner meghasilkan angka koreksi yang bervariasi pada setiap tebal selimut. Pengujian pada tebal selimut 25 mm menghasilkan angka koreksi -2,04% sampai 0,85%. Pengujian pada tebal selimut 35 mm mengasilkan angka koreksi yang semakin besar yaitu -2,22% sampai -4,42%. Pengujian pada tebal selimut 40 mm menunjukkan hasil angka koreksi yang lebih besar dari pengujian tebal selimut 25 mm dan 35 mm yaitu -4,89% sampai -5,70%. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa semakin dalam tebal selimut maka angka koreksi yang dihasilkan akan semakin besar. Perbandingan

antara kondisi eksisting diameter tulangan dengan hasil pembacaan rebar scanner dapat digambarkan pada grafik berikut.



Gambar 5.15 Grafik Rekapitulasi Hasil Pembacaan Diameter Tulangan dengan Profometer 5+

Berdasarkan data rekapitusali yang diperoleh dari tabel 5.16 menghasilkan pola grafik yang konsisten. pembacaan diameter tulangan pada tebal selimut beton 25 mm terbaca mendekati kondisi eksisting. Pembacaan yang dilakukan pada tebal selimut beton 35 mm dan 40 mm semakin menjauhi kondisi eksisting.

5.6 Hubungan Antara Rebar Scanner dengan Beton dan Baja Tulangan

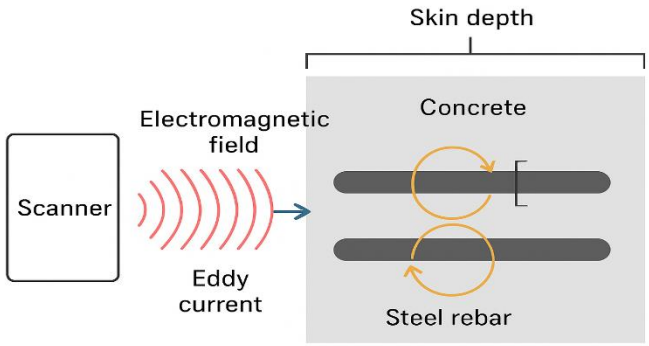
Material yang tersusun didalam beton bertulang dapat mempengaruhi peforma kerja alat rebar scanner. Pemilihan material penyusun beton bertulang dan perencanaan campuran perlu diperhatikan untuk menghindari atenuasi pada saat pembacaan rebar scanner. Penelitian ini merujuk pada material baja tulangan dan beton yang digunakan sebagai objek penelitian.

5.6.1 Baja tulangan

Baja yang memiliki sifat konduktor sehingga dapat dengan mudah menerima dan memantulkan kembali gelombang elektromagnetik. Sifat konduktor baja membantu rebar scanner menangkap pantulan gelombang sehingga dapat melihat dan membaca tulangan. Berikut merupakan aspek baja tulangan yang mempengaruhi rebar scanner

1. Permeabilitas magnetik

   Tulangan baja pada beton memiliki permeabilitas magnetik yang jauh lebih besar dibandingkan dengan beton di sekitarnya. Perbedaan sifat ini menyebabkan baja mampu menarik dan menyalurkan fluks magnetik lebih kuat daripada beton. Besarnya nilai permeabilitas relatif (μ) secara langsung menentukan sejauh mana baja dapat mengumpulkan dan memfokuskan fluks magnetik ketika terkena gelombang elektromagnetik dari rebar scanner. Dengan demikian, semakin tinggi nilai μ suatu baja, semakin kuat pula respon elektromagnetik yang dipantulkan kembali ke sensor. Selain itu, jenis baja yang digunakan (misalnya baja karbon, baja paduan, atau baja tahan karat) memiliki karakteristik konduktivitas dan permeabilitas yang berbeda, sehingga menghasilkan respon pantulan sinyal yang bervariasi. Perbedaan sifat material ini dapat memengaruhi tingkat akurasi rebar scanner dalam mendeteksi posisi, kedalaman, maupun diameter tulangan yang ada di dalam beton



Gambar 5.16 Ilustrasi Arus Eddy

2. Diameter tulangan dan luas permukaan

   Dimensi diameter tulangan mempengaruhi pembacaan rebar scanner karena semakin besar diameter maka menghasilkan arus eddy yang lebih luas sehingga gelombang elektromaknetik yang dipantulkan akan lebih besar. Hal ini mennyebabkan respon rebar scanner meningkat (Xiang et al., 2025).

3. Kandungan bahan kimia didalam baja tulangan

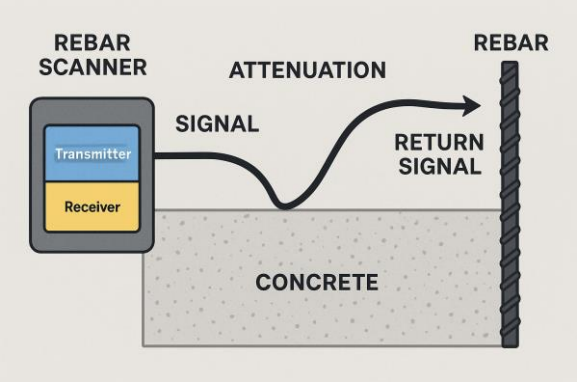
Bahan kimia yang terkandung atau yang tercampur pada baja tulangan berpengaruh langsung terhadap pembacaan rebar scanner karena menentukan konduktivitas baja tulangan. Baja tulangan karbon biasa memiliki nilai konduktivitas yang tinggi, sehingga dapat dengan baik memantulkan sinyal elektromagnetik. Baja tulangan yang memiliki kandingan kimia seperti kromium dan stainless memiliki nilai konduktivitas yang rendah, sehingga sinyal yang dipantulkan lemah dan rebar scanner tidak bisa mengidentifikasi. Baja tulangan yang mengalami korosi menyebabkan arus eddy melemah sehingga sinyal yang dipantulkan oleh baja tulangan tidak maksimal.

5.6.2 Beton

Beton bukan merupakan konduktor sehingga tidak dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Namun beton dapat menerima dan menyimpan gelombang elektromagnetik (Honorio et al., 2019). Gelombang yang masuk akan mengalami atenuasi yang disebabkan oleh beberapa hal seperti agregat, air, dan pori sehingga kondisi dan campuran beton perlu diperhatikan. Berikut merupakan aspek yang mempengaruhi pembacaan rebar scanner

1. Kepadatan beton

Kepadatan beton umumnya dipengaruhi oleh diameter agregat yang digunakan dalam campuran. Diameter agregat yang lebih kecil akan menghasilkan beton yang lebih padat karena pori-pori antar butiran kecil. Jika dihubungkan dengan rebar scanner maka beton yang memiliki kepadatan lebih besar maka pembacaan rebar scanner cenderung lebih akurat karena rambatan sinyal elektromagnetik lebih stabil dan atenuasinya kecil. Sebaliknya, beton yang menggunakan agregat kasar sebagai bahan utama campuran umumnya memiiki sifat yang kurang homogen sehingga menyebabkan gangguan jalur gelombang.



Gambar 5.17 Ilustrasi Atenuasi pada Gelombang Elektromagnetik

2. Kelembaban dan suhu beton

Kondisi beton basah memiliki pengaruh signifikan terhadap rambatan gelombang elektromagnetik. Kadar air yang tinggi didalam beton meningkatkan konstanta dielektrik. Semakin tinggi nilai konstanta dielektrik maka menyebabkan atenuasi karena air yang terkandung dalam beton menyerap energi. Jika air dalam beton terkontaminasi klorida maka gelombang elektromagnetik lebih cepat terserap dan terredam. Kondisi ini dapat mempengaruhi pembacaan rebar scanner terhadap kedalaman benda uji.

3. Kondisi beton

Kondisi retak atau void pada beton menyebabkan gangguan signifikan terhadap pembacaan rebar scanner. Diskontinuitas material ini mengubah jalur rambatan gelombang elektromagnetik, meningkatkan hamburan, serta memperbesar atenuasi sinyal. Akibatnya, pembacaan posisi, kedalaman, dan diameter tulangan sering kali menjadi tidak akurat atau bahkan menghasilkan noise pada hasil deteksi.

4. Tebal selimut beton

Tebal selimut beton memiliki pengaruh signifikan terhadap atenuasi dan penetrasi gelombang elektromagnetik, sebuah faktor krusial dalam perancangan sistem komunikasi nirkabel dan aplikasi perisai elektromagnetik (Akyel & Babić, 2024). Semakin tebal selimut beton, maka jarak tempuh gelombang elektromagnetik menuju tulangan menjadi lebih jauh sehingga peredaman (atenuasi) gelombang semakin besar. Beton yang bersifat dielektrik menyerap sebagian energi gelombang, sehingga sinyal pantulan yang diterima oleh rebar scanner melemah. Akibatnya, kualitas pembacaan scanner menurun seiring bertambahnya ketebalan

selimut. Sebaliknya, pada selimut beton yang lebih tipis, gelombang elektromagnetik lebih mudah mencapai tulangan, menghasilkan sinyal pantulan yang lebih kuat dan meningkatkan akurasi serta sensitivitas pembacaan. Fenomena ini memerlukan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik dielektrik beton dan pengaruh ketebalan selimut terhadap perambatan gelombang elektromagnetik untuk mengoptimalkan kinerja perangkat pendeteksi tulangan (Wong & Lai, 2021). Dengan demikian, tebal selimut beton berbanding lurus dengan tingkat atenuasi gelombang elektromagnetik yang memengaruhi keandalan hasil inspeksi.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan adalah sebagai berikut.

1. Diameter tulangan mempengaruhi hasil pembacaan rebar scanner terhadap tebal selimut beton. Pada pengujian dengan diameter tulangan 8 mm menghasilkan pembacaan tebal selimut yang lebih tebal dengan rentang angka koreksi antara 5% hingga 12%. Hasil pengujian yang dilakukan pada diameter tulangan 10 mm mendekati kondisi eksisting dengan rentang angka koreksi antara 0% hingga -2,5%. Namun, pada pengujian diameter tulangan 12 mm pembacaan tebal selimut beton dengan rebar scanner mendapatkan hasil yang lebih rendah dari kondisi eksisting dengan rentang angka koreksi antara -8% hingga 11,67%. Perbedaan hasil pembacaan rebar scanner dipengaruhi oleh diameter tulangan karena semakin besar diameter tulangan akan menghasilkan arus eddy yang lebih besar sehingga gelombang elektromagnetik yang dipantulkan akan lebih besar.
2. Tebal selimut beton mempengaruhi hasil pembacaan rebar scanner terhadap diameter tulangan. Pengujian yang dilakukan pada benda uji menunjukkan bahwa semakin besar tebal selimut maka angka koreksi yang dihasilkan akan semakin besar. Pengujian pada tebal selimut beton 25 mm menghasilkan angka koreksi pembacaan diameter tulangan dengan rentang -2,04% sampai 0,85%. Pengujian pada tebal selimut beton 35 mm menghasilkan angka koreksi pembacaan diameter tulangan dengan rentang -2,22% sampai -4,42%. Pengujian pada tebal selimut 40 mm menunjukkan hasil angka koreksi yang lebih besar dari pengujian tebal selimut 25 mm dan 35 mm yaitu -4,89% sampai -5,70%. Perbedaan hasil pembacaan dipengaruhi oleh tebal selimut beton karena Semakin tebal selimut beton, maka jarak tempuh gelombang

elektromagnetik menuju tulangan menjadi lebih jauh sehingga atenuasi gelombang semakin besar

6.2 Saran

Berdasarkan pada penelitian ini terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk perkembangan penelitian selanjutnya tentang pengaruh tebal selimut beton terhadap akurasi *rebar scanner*.

1. Penelitian terbatas pada pengujian *rebar scanner* sehingga diperlukan pengujian lain seperti Ultrasonic Pluse Velocity (UPV), rebound hammer, atau Ground Penetrating Radar (GPR).
2. Penambahan jumlah titik pembacaan diperlukan untuk memperoleh data pembanding yang lebih banyak.
3. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan modivikasi pada tebal selimut dan diameter tulangan.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, H. A. 2023. Pengaruh Metode Rawatan Beton Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas dan Kuat Lentur Beton. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Apriani, W. 2016. Aplikasi Non Destructive Test pada Investigasi Keandalan Struktur Beton (Studi Kasus: Kolom Basement–K4 Pada Bangunan Stadion Utama Riau). *Program Studi Teknik Sipil*, *2*(2), 95-103.

Barnes, R., & Zheng, T. 2008. Research on factors affecting concrete cover measurement. *The e-Journal of Nondestructive Testing. Austrália*.

Bamshad, O., Akbari, H., Mahdikhani, M., Akbari, H., Adibzadeh, A., & Pourtagh, G. (2014). Investigation of electromagnetic wave absorption of concrete containing metakaolin and carbon black. *Clinical Cancer Investigation Journal*, *3*(5), 373–377.

Hakiki, R. (2023). Investigasi Kerusakan Pada Struktur Gedung Plasa Telkom Padang Sidempuan. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, *7*(1), 100-108.

Hammarstrom, E. 2018. Non-Destructive testing of concrete with ground penetrating radar. *Civil Engineering, master's level*

Honorio, T., Bore, T., Benboudjema, F., Vourc'h, E., & Ferhat, M. (2019). *Dielectric properties of the pore solution in cement-based materials*. arXiv preprint arXiv:1910.11279.

Hüblová, S., Cikrle, P., Karel, O., & Kocáb, D. 2019. Experimental measurement of the diameter and cover depth of steel reinforcement using an electromagnetic concrete cover meter. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 549, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.

Nawy, E.G. 1985. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan oleh Bambang Suryoatmono. 1998. Refika Aditama. Bandung

Panggabean, I.P.T. 2017. Pemeriksaan Susunan Tulangan Baja dan Kedalaman Selimut Beton Pada Lantai Dermaha Dengan Alat *Scanning Rebar(Covermeter test)*. *Jurnal Stindo Profesional*, 2 (1).

Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1971. Departemen Pekerjaan Umum dan

Tenaga Listrik Direktorat Jenderal CIPTAKARYA.

Pratama, E. dkk. 2022. Pemeriksaan Mutu Beton Terpasang Menggunakan Pengujian Nondestruktif (NDT) dan Destruktif, Studi Kasus: Bangunan Beton Bertulang 4 Lantai. *Jurnal Permukiman*, *17*(1), 1-8.

Purnomo, S. dkk. 2021. Penyelidikan Struktur Bangunan Cagar Budaya Pasar Johar Semarang. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Arsitektur Usakti*, 19(2), 114-126.

Standar Nasional Indonesia. 2000. *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. SNI 03-2834.* Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia. 2015. *Semen Portland*. SNI 2049. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Tjokrodimuljo, K. 2007, *Teknologi Beton*, Penerbit Nafiri, Yogyakarta

Wong, P. T. W., & Lai, W. W. L. (2022). Characterization of complex dielectric permittivity of concrete by GPR numerical simulation and spectral analysis. *Journal of Nondestructive Evaluation, 41*(1), 1–15.

Xiang, Y., Tytko, G., Luo, Y., & Makowska, J. (2025). Measurement and calculation of the impedance of an eddy current probe placed above a disc with two layers of different diameters. *Materials, 18*(10), 2376.

LAMPIRAN

Lampiran 2 ***Alat Profometer***



1. Surat Pengesahan Hasil Pengujian Diameter Tulangan dengan Rebar Scanner

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN REBAR SCANNER

Peneliti : Bayu Sidianto
Jenjang Studi : S1-Teknik Sipil
Instansi : Universitas Islam Indonesia
Judul Penelitian : Pengaruh Tebal Selimut Beton Terhadap Akurasi Hasil Pembacaan Alat Pemindaian Tulangan
Dosen Pembimbing : Astriana Hardawati, S.T., M.Eng
Tanggal Pengujian : 10 Juni 2024

1. Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Diameter tulangan 8 mm

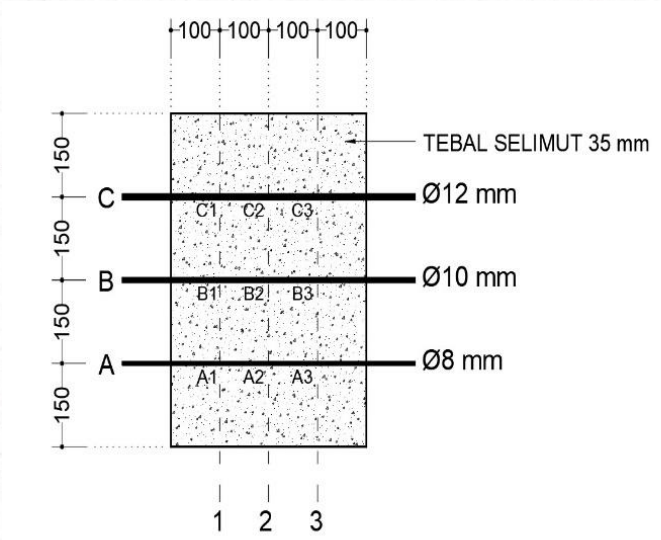
Kode titik uji	Tebal selimut (mm)	Diameter (mm)	Hasil pembacaan diameter (mm)
A1	25	7,5	7,5
A2	25	7,5	7,5
A3	25	7,5	7,4
A1	35	7,5	7,2
A2	35	7,5	7,4
A3	35	7,5	7,4
A1	40	7,5	7,2
A2	40	7,5	7,1
A3	40	7,5	7,1

2. Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Diameter tulangan 10 mm

Kode titik uji	Tebal Selimut (mm)	Daimeter (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)
B1	25	9,8	9,6
B2	25	9,8	9,6
B3	25	9,8	9,6
B1	35	9,8	9,4
B2	35	9,8	9,3
B3	35	9,8	9,4
B1	40	9,8	9,4
B2	40	9,8	9,2
B3	40	9,8	9.2

3. Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Diameter tulangan 12 mm

Kode titik uji	Tebal Selimut (mm)	Daimeter (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)
C1	25	11,7	11,5
C2	25	11,7	12
C3	25	11,7	11,9
C1	35	11,7	11,4
C2	35	11,7	11,4
C3	35	11,7	11,1
C1	40	11,7	11,1
C2	40	11,7	11
C3	40	11,7	11



Diperiksa Oleh
Kepala Lab. BKT

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng

Didata Oleh
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md

2. Surat Pengesahan Hasil Pengujian Tebal Selimut Beton dengan Rebar Scanner

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN REBAR SCANNER

Peneliti : Bayu Sidianto
Jenjang Studi : S1-Teknik Sipil
Instansi : Universitas Islam Indonesia
Judul Penelitian : Pengaruh Tebal Selimut Beton Terhadap Akurasi Hasil Pembacaan Alat Pemindaian Tulangan
Dosen Pembimbing : Astriana Hardawati, S.T., M.Eng
Tanggal Pengujian : 10 Juni 2024

1. Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Tebal Selimut Beton 25 mm

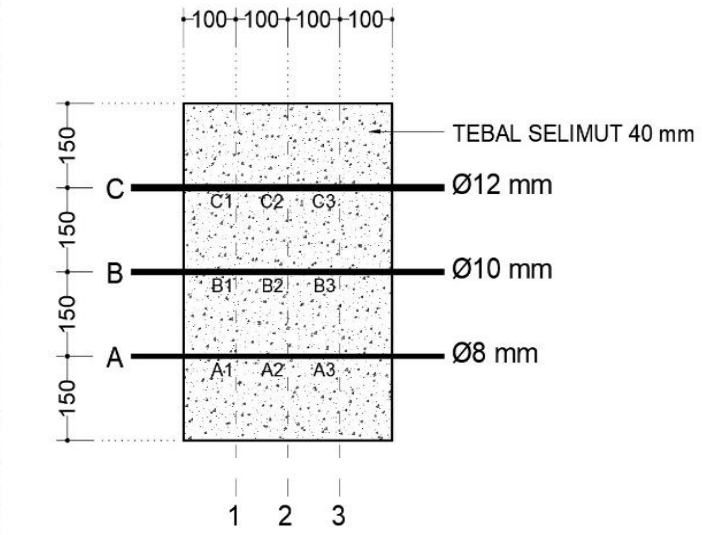
Kode titik uji	Diameter (mm)	Tebal selimut (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)
A1	8	25	28
A2	8	25	28
A3	8	25	28
B1	10	25	26
B2	10	25	25
B3	10	25	24
C1	12	25	23
C2	12	25	23
C3	12	25	23

2. Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Tebal Selimut Beton 35 mm

Kode titik uji	Diameter (mm)	Tebal selimut (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)
A1	8	35	37
A2	8	35	37
A3	8	35	37
B1	10	35	35
B2	10	35	35
B3	10	35	35
C1	12	35	32
C2	12	35	31
C3	12	35	31

3. Pengujian Rebar Scanner pada Pelat dengan Tebal Selimut Beton 40 mm

Kode titik uji	Diameter (mm)	Tebal selimut (mm)	Hasil pembacaan rebar scanner (mm)
A1	8	40	40
A2	8	40	42
A3	8	40	44
B1	10	40	39
B2	10	40	38
B3	10	40	40
C1	12	40	35
C2	12	40	35
C3	12	40	36



Diperiksa Oleh
Kepala Lab. BKT

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng

Didata Oleh
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md

3. Surat Pengesahan Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BENDA UJI SILINDER

Peneliti : Bayu Sidianto
Jenjang Studi : S1-Teknik Sipil
Instansi : Universitas Islam Indonesia
Judul Penelitian : Pengaruh Tebal Selimut Beton Terhadap Akurasi Hasil Pembacaan Alat Pemindaian Tulangan
Dosen Pembimbing : Astriana Hardawati, S.T., M.Eng
Tanggal Pengujian : 10 Juni 2024

No.	Kode Benda	Dimensi Benda Uji		Umur	Nilai Kuat Tekan	Konversi 28 hari
		Tinggi	Diameter			
		Cm	Cm	Hari	MPa	MPa
1	SD1	30,4	15,17	7	16,1	24,8
2	SD2	30,25	15,25	7	14,4	22,2
3	SD3	30,34	15,21	7	20,3	31,2
4	SD4	30,21	15,26	7	15,2	23,4
5	SD5	30,37	15,13	7	14,2	21,8





Diperiksa Oleh
Kepala Lab. BKT

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng

Didata Oleh
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md