

TUGAS AKHIR

**EVALUASI HUBUNGAN ANTARA KUAT TEKAN DAN
KUAT TARIK BETON DENGAN UJI IMPEDANSI
LISTRIK BERDASARKAN UMUR RENCANA DAN
JENIS SEMEN**

*(EVALUATION OF RELATIONSHIP BETWEEN
CROMPRESSIVE AND TENSILE STRENGTH OF
CONCRETE WITH ELECTRICAL IMPEDANCE TEST
BASED ON THE PLANNED AGE AND THE TYPE OF
CEMENT)*

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



**Zainul Anwar Yahya
14511384**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

TUGAS AKHIR

EVALUASI HUBUNGAN ANTARA KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON DENGAN UJI IMPEDANSI LISTRIK BERDASARKAN UMUR RENCANA DAN JENIS SEMEN

(EVALUATION OF RELATIONSHIP BETWEEN COMPRESSIVE AND TENSILE STRENGTH OF CONCRETE WITH ELECTRICAL IMPEDANCE TEST BASED ON THE PLANNED AGE AND THE TYPE OF CEMENT)

Disusun oleh

Zainul Anwar Yahya
14511384

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 2 Juni 2021

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Novi Rahmavanti, S.T., M.Eng.
NIK : 155111306

Penguji I

Hariadi Yulianto, S.T., M.Eng.
NIK : 155111305

Penguji II

Astriaana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK : 165111301

Mengesahkan,
Kebala Program Studi Teknik Sipil




Dr. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam 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 dikemudian 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, 22 Maret 2021

Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow adhesive stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '1000 METERAI TEMPEL' and 'DA2DCAJX195731810'.

Zainul Anwar Yahya

(14511384)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah robbil 'alamin Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul "Evaluasi Hubungan antara Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton dengan Uji Impedansi Listrik Berdasarkan Umur Recana dan Jenis Semen" ini dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dalam menjalani dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak, ibu, dan kakak-kakak yang senantiasa mendukung dan mendoakan saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan, dukungan, dan inspirasi yang diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Hariyadi Yulianto, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing penelitian program hibah jurusan, terima kasih atas bimbingan, dukungan, dan inspirasi yang diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Reza, Varid, Naufal, Taska, Yahya atas bantuan, tenaga, dan waktu yang diluangkan dalam pembuatan sampel Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Teknik Sipil 2014 yang telah banyak membantu selama proses penelitian berlangsung.
7. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga penelitian yang telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk laporan Tugas Akhir dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia Teknik Sipil dan bermanfaat untuk pengembangan penelitian-penelitian selanjutnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 22 Maret 2021

Penulis,



Zainul Anwar Yahya

14511384



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	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
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pendahuluan	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan	6
2.4 Keaslian Penelitian yang Dilakukan	9
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Beton	10
3.2 Material Penyusun Beton	10
3.2.1 Agregat	11

3.2.2	Semen	12
3.2.3	Air	13
3.3	Perencanaan Campuran Beton	13
3.4	Pengujian Beton	22
3.4.1	Pengujian Beton Segar	22
3.4.2	Pengujian Beton Keras	23
3.5	Modulus Elastisitas Beton	25
BAB IV METODE PENELITIAN		26
4.1	Jenis Penelitian	26
4.2	Benda Uji	26
4.3	Bahan Pembuatan Benda Uji	27
4.4	Peralatan	27
4.4.1	Peralatan Pembuatan Benda Uji	27
4.4.2	Peralatan Pengujian Benda Uji	28
4.5	Lokasi Penelitian	29
4.6	Tahapan Penelitian	29
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		33
5.1	Hasil Pengujian Agregat	33
5.1.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	33
5.1.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar	37
5.2	Hasil Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	40
5.3	Hasil Pengujian Beton	45
5.3.1	Hasil Pengujian Impedansi Listrik Beton	45
5.3.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	49
5.3.3	Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton	53
5.3.4	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	57
5.3.5	Hubungan Antara Impedansi Listrik pada Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah	63
5.3.6	Pembahasan Secara Keseluruhan	65
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		67
6.1	Kesimpulan	67

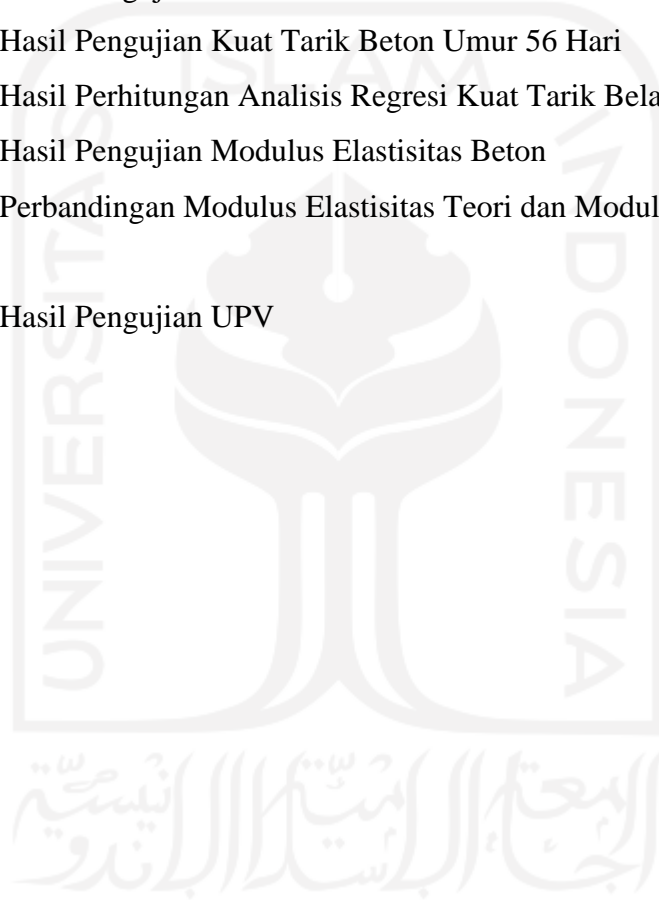
6.2	Saran	68
	DAFTAR PUSTAKA	69
	LAMPIRAN	71



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Terdahulu	7
Tabel 3. 1 Faktor Pengali Deviasi Standar	14
Tabel 3. 2 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	14
Tabel 3. 3 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,5	15
Tabel 3. 4 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton	18
Tabel 4. 1 Rincian Benda Uji	26
Tabel 4. 2 Peralatan Pembuatan Benda Uji	27
Tabel 4. 3 Peralatan Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik	28
Tabel 4. 4 Peralatan Pengujian Impedansi Listrik	28
Tabel 4. 5 <i>Time Line</i> Penelitian	32
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	33
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200	34
Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	34
Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	35
Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	35
Tabel 5. 6 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus	36
Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	37
Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar	37
Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	38
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	38
Tabel 5. 11 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar	39
Tabel 5.12 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	41
Tabel 5.13 Perkiraan Kebutuhan Air per-meter Kubik Beton	42
Tabel 5. 14 Hasil Pengujian Impedansi Listrik Beton Umur 14 Hari	46
Tabel 5. 15 Hasil Pengujian Impedansi Listrik Beton Umur 28 Hari	46

Tabel 5. 16 Hasil Pengujian Impedansi Listrik Beton Umur 56 Hari	47
Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	49
Tabel 5. 18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	50
Tabel 5. 19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 56 Hari	50
Tabel 5. 20 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Kuat Tekan	52
Tabel 5. 21 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Umur 14 Hari	53
Tabel 5. 22 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Umur 28 Hari	54
Tabel 5. 23 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Umur 56 Hari	54
Tabel 5. 24 Hasil Perhitungan Analisis Regresi Kuat Tarik Belah	56
Tabel 5. 25 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	60
Tabel 5. 26 Perbandingan Modulus Elastisitas Teori dan Modulus Elastisitas Pengujian	62
Tabel 5. 27 Hasil Pengujian UPV	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Grafik Hubungan Antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen	16
Gambar 3. 2 Grafik Hubungan Antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen	17
Gambar 3. 3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang	19
Gambar 3. 4 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 40 mm	19
Gambar 3. 5 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Selesai	21
Gambar 3. 6 Kerucut Terpancung	23
Gambar 4. 1 Skema Alur Penelitian	31
Gambar 5. 1 Grafik Gradasi Agregat Halus	36
Gambar 5. 2 Grafik Gradasi Agregat Kasar	39
Gambar 5. 3 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	40
Gambar 5. 4 Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat untuk Ukuran Maksimum 20 mm	43
Gambar 5. 5 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Didapatkan	44
Gambar 5. 6 Grafik Rekapitulasi Impedansi Listrik Beton	48
Gambar 5. 7 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Beton	51
Gambar 5. 8 Perbandingan Kuat Tarik Beton	55
Gambar 5. 9 Grafik Regangan Tegangan Silinder 1A.14	57
Gambar 5. 10 Grafik Regangan Tegangan Semen Holcim	59
Gambar 5. 11 Grafik Regangan Tegangan Semen Holcim Powermax	59
Gambar 5. 12 Grafik Regangan Tegangan Semen Gresik	60
Gambar 5. 13 Perbandingan Modulus Elastisitas Beton	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pemeriksaan Bahan	72
Lampiran 2 Hasil Pengujian Beton	80
Lampiran 3 Gambar Alat, Bahan, Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	95



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas tampang, mm^2
$f'c$	= Kuat desak beton, MPa
σ	= Tegangan, (N/mm^2)
ε	= Regangan
E_c	= Modulus elastis beton, MPa
P	= Beban Maksimum
D	= Diameter Benda Uji
M	= Margin, MPa
k	= Deviasi Standar
f'_{cr}	= kuat tekan rata-rata yang direncanakan, MPa
W_h	= Perkiraan Jumlah air untuk agregat halus
W_k	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar
F_{as}	= Faktor Air Semen
$BJAG$	= Berat jenis agregat gabungan
$BJAH$	= Berat jenis agregat halus
$BJAK$	= Berat jenis agregat kasar
% AH	= Prosentase agregat halus
% AK	= Prosentase agregat kasar
Z	= Impedansi listrik (Ohm)
V	= Beda potensial (volt)
I	= Kuat Arus (Ampere)

ABSTRAK

Beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 2847-2013). Penggunaan beton sangat diminati karna kemudahan dalam pengerjaan dan tahan lama, selain itu beton juga memiliki nilai impedansi listrik yang tinggi. Impedansi listrik adalah penolakan terhadap arus bolak-balik. Nilai impedansi listrik pada beton berguna untuk mengetahui beton termasuk isolator atau konduktor. Menurut PUIL 2000 bahwa nilai minimum isolasi pada peralatan listrik dan instalasinya adalah 1000 kali tahanan kerja.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian impedansi listrik beton normal dengan variasi perbedaan jenis semen yaitu semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik, umur pengujian beton yaitu 14, 28, dan 56 hari, dan mutu beton rencana 20 MPa. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan kenaikan mutu beton pada semen Holcim Powermax sebesar 15% dari semen Holcim, dan mengetahui hubungan antara impedansi dengan kuat tekan dan kuat tarik beton. Pengujian yang dilakukan pada penelitian itu yaitu uji tekan beton, uji tarik belah beton, uji impedansi listrik, dan uji modulus elastisitas beton.

Apabila menggunakan 3 titik tinjauan, kuat tekan beton dengan semen Holcim dan Holcim Powermax seiring bertambahnya hari mengalami peningkatan sampai titik maksimum dan kemudian mengalami penurunan, sedangkan beton dengan semen Gresik semakin bertambah umur beton kuat tekan beton semakin naik. Kuat tarik belah beton dengan semen Holcim, Holcim Powermax dan Gresik seiring bertambahnya hari mengalami penurunan sampai titik minimum kemudian mengalami kenaikan. Nilai modulus elastisitas pada beton dengan semen Holcim Powermax memiliki nilai yang lebih kecil daripada beton dengan semen Holcim dan semen Gresik. Nilai modulus elastisitas teori pada beton dengan semen Holcim Powermax memiliki nilai lebih besar daripada beton dengan semen Holcim dan semen Gresik. Hubungan antara impedansi listrik dengan umur beton dengan semen Holcim Powermax dan Gresik dalam kategori kuat, sedangkan beton dengan semen Holcim dalam kategori cukup kuat. Hubungan antara impedansi listrik dengan kuat tekan beton yang menggunakan semen Holcim dikategorikan sangat kuat, semen Holcim Powermax dikategorikan sangat lemah dengan, dan semen Gresik dikategorikan cukup kuat dengan. Hubungan antara impedansi listrik dengan kuat tarik belah beton yang menggunakan semen Holcim dikategorikan sangat lemah, semen Holcim Powermax dikategorikan cukup kuat, dan semen Gresik dikategorikan lemah.

Kata Kunci : Kuat Tekan, Kuat Tarik, Impedansi Listrik, Modulus Elastisitas

ABSTRACT

Concrete is a mixture of Portland cement or other hydraulic cement, fine aggregate, coarse aggregate, and water, with or without admixture (SNI 2847-2013). The use of concrete is in great demand because of its ease of workability and durability, besides that concrete also has a high electrical impedance value. Electrical impedance is the resistance to alternating current. The electrical impedance value in concrete is useful for knowing concrete, including an insulator or conductor. According to PUIL 2000, the minimum insulation value for electrical equipment and its installation is 1000 times the work limit.

In this study, the electrical impedance of normal concrete will be tested with variations in different types of cement, namely Holcim, Holcim Powermax, and Gresik cement, concrete age test of 14, 28, and 56 days, and the quality of the planned concrete is 20 MPa. This study aims to prove the increase in the quality of concrete in Holcim Powermax cement by 15% from Holcim cement, and to determine the relationship between impedance and compressive strength and tensile strength of concrete. The tests carried out in this research are the concrete compressive test, the splitting tensile test of the concrete, the electrical impedance test, and the concrete elasticity modulus test.

When using 3 points of review, the compressive strength of concrete with Holcim cement and Holcim Powermax increases with more days to a maximum point and then decreases, while concrete with Gresik cement ages the concrete the compressive strength of the concrete increases. The tensile strength of concrete with Holcim, Holcim Powermax and Gresik cement decreased as the days went on to a minimum and then increased. The modulus of elasticity in concrete with Holcim Powermax cement has a smaller value than that of Holcim cement and Gresik cement. The theoretical modulus of elasticity in concrete with Holcim Powermax cement has a greater value for concrete with Holcim cement and Gresik cement. The relationship between the electrical impedance and the age of the concrete with Holcim Powermax and Gresik cement is in the strong category, while the concrete with Holcim cement is in the strong enough category. The relationship between electrical impedance and the compressive strength of concrete using Holcim cement is categorized as very strong, Holcim Powermax cement is categorized as very weak with, and Gresik cement is categorized as quite strong with. The relationship between the electrical impedance and the split tensile strength of concrete using Holcim cement is categorized as very weak, Holcim Powermax cement is categorized as strong enough, and Gresik cement is categorized as weak.

Keywords : *Compressive Strength, Tensile Strength, Electrical Impedance, Modulus of Elasticity*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah campuran semen *Portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 2847-2013). Penggunaan beton sendiri mulai digunakan pada awal abad 19 dan merupakan awal era beton bertulang dan terus berkembang hingga sekarang. Beton berkembang mulai dari jenis beton normal, beton kedap air, beton bertulang, beton bermutu tinggi hingga beton ringan. penggunaan beton sangat diminati karna kemudahan dalam pengerjaan dan tahan lama.

Beton memiliki keunikan sendiri yaitu mutu beton, keunikan beton yaitu dalam pembuatan beton dalam satu adukan yang sama mutu beton akan berbeda-beda atau tidak seratus persen sama antara benda uji satu dengan yang lainnya. Mutu beton dapat diketahui melalui pengujian, pengujian beton idealnya dilakukan saat beton berumur 28 hari. Seperti penelitian Rakhmat (2015) tentang pengujian kuat tekan beton pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari yang menghasilkan angka konversi mutu beton tersebut 0,61; 0,73; 0,86; 0,95; 1. Angka konversi mengalami perbedaan dengan konversi menurut PBI'71.

Salah satu bahan material penting dalam beton adalah semen. Dalam hal tersebut muncul berbagai *merk* semen. Seperti penelitian Adistiani (2017) meneliti dengan menggunakan *merk* semen yaitu semen Tiga Roda, semen Gresik, dan semen Holcim, didapat semen Tiga Roda memiliki kuat tekan rata-rata paling tinggi yaitu 29,5 MPa dari kuat tekan rencana sebesar 35 MPa.

Beton juga memiliki nilai impedansi listrik yang tinggi. Impedansi listrik adalah penolakan terhadap arus bolak-balik. Berdasarkan Keputusan Dirjen Perhubungan Darat Nomor : SK.516/KA.604/DRJD/2002 tentang Petunjuk Teknis Penggunaan Bantalan Beton Monoblok dengan Proses Pretension dan AREMA Part

4 bantalan beton dinyatakan lulus jika nilai impedansi minimum 20000 ohm. Nilai impedansi listrik pada beton berguna untuk mengetahui beton termasuk isolator atau konduktor. Menurut PUIL 2000 bahwa nilai minimum isolasi pada peralatan listrik dan instalasinya adalah 1000 kali tegangan kerja.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian impedansi listrik beton normal dengan variasi perbedaan jenis semen yaitu semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik dan umur pengujian beton yaitu umur 14, 28, dan 56 hari. Peneliti bertujuan untuk membuktikan kenaikan mutu beton pada semen Holcim Powermax sebesar 15% dari semen Holcim. Peneliti bermaksud untuk mengetahui hubungan antara impedansi dengan kuat tekan dan kuat tarik beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh umur pengujian beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton?
2. Bagaimana hubungan modulus elastisitas pada beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik dengan perbedaan umur beton?
3. Bagaimana hubungan impedansi listrik pada beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik dengan perbedaan umur beton?
4. Bagaimana hubungan impedansi listrik pada kuat tekan dan kuat tarik beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik dengan perbedaan umur beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh perbedaan umur pengujian beton terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton yang menggunakan Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik.
2. Mengetahui hubungan modulus elastisitas pada beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik dengan perbedaan umur beton.
3. Mengetahui hubungan impedansi listrik pada beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, Gresik dengan perbedaan umur beton.
4. Mengetahui hubungan impedansi listrik dengan kuat tekan dan kuat tarik beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik dengan perbedaan umur beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang sudah disebutkan, penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut.

1. Memberi pengetahuan tentang pengaruh perbedaan umur pengujian beton terhadap kuat tarik dan kuat tekan beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik.
2. Memberi pengetahuan tentang modulus elastisitas pada beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik terhadap perbedaan umur beton.
3. Memberi pengetahuan tentang impedansi listrik pada beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik terhadap perbedaan umur beton.

4. Memberi pengetahuan tentang hubungan impedansi listrik dengan kuat tekan dan kuat tarik beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik terhadap perbedaan umur beton.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian maka perlu dibuat batasan-batasan penelitian sebagai berikut.

1. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berupa beton silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
2. Benda uji yang digunakan merupakan beton dengan rancangan $f'c$ 20 MPa.
3. Metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan SNI 03-2834-2000.
4. Nilai *slump* 140 mm.
5. Semen yang digunakan adalah semen jenis Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik.
6. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 14, 28, dan 56 hari.
7. Pengujian impedansi listrik pada beton dialiri arus AC 10 volt selama 15 menit.
8. Benda uji setiap variasi sebanyak 3 buah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka berupa penelitian-penelitian yang sebelumnya telah dilakukan sebagai referensi dilakukannya penelitian ini. Penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya berkaitan dengan penelitian beton dengan variasi jenis semen dan variasi umur beton.

2.2 Penelitian Terdahulu

Perbandingan dengan beberapa penelitian sebelumnya dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. Adistiani, Putri (2017) meneliti tentang pengaruh *merk* semen terhadap kuat tekan beton dengan perendaman air tawar. Peneliti menggunakan variasi *merk* semen yaitu Tiga Roda, Gresik, dan Holcim. Benda uji menggunakan silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm diuji pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. Dari penelitian ini diketahui pada umur beton 28 hari semen Tiga Roda memiliki nilai kuat tekan rata-rata paling tinggi dengan nilai kuat tekan 29,5 MPa dari kuat tekan rencana 35 MPa.
2. Wahyudi, Dian (2016) tentang perbandingan kuat tekan beton menggunakan dua jenis semen dan variasinya. Semen yang digunakan yaitu semen Bima dan Tiga Roda dengan fas 0,4. Variasi campuran semen yang digunakan adalah semen Bima 1 : semen Tiga Roda 1, semen Bima 3 : semen Tiga Roda 1, dan semen Bima 1 : semen Tiga Roda 3. Benda uji diuji pada umur 7 hari. Dari hasil penelitian ini diketahui nilai kuat tekan semen Bima lebih tinggi dari semen Tiga Roda dengan perbandingan selisih 13,37% dan nilai kuat tekan variasi campuran beton masih di bawah semen

Bima dan Tiga Roda. Perbandingan selisih antara semen bima dan variasi campuran semen paling rendah adalah 31,31%.

3. Rakhmat (2015) tentang pengujian kuat tekan beton pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari pada berbagai mutu beton untuk mendapatkan angka konversi umur. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 15, 20, 25, dan 30 MPa. Benda uji menggunakan silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Beton yang digunakan adalah beton dengan pabrikasi beton agar menjaga kuat tekannya sesuai dengan kuat tekan rencana. Hasil uji statistik didapat bahwa keempat mutu beton tersebut tidak mengalami perbedaan nyata, hingga dihasilkan angka konversi umur keempat mutu beton tersebut 0,61; 0,73; 0,86; 0,95; 1. Jika dibandingkan dengan angka Konversi Umur Beton menurut PBI 1971 mengalami perbedaan.
4. Wagianto, dkk (2014) tentang studi eksperimen kuat tekan dan kuat tarik belah beton normal dengan semen jenis PCC yang berbeda merk. Pengujian menggunakan merk semen Holcim, Tiga Roda, dan Merah Putih dan pengujian dilakukan pada umur uji 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Dari hasil pemeriksaan dan perhitungan nilai kuat tekan rata-rata beton normal sampel menggunakan semen Holcim lebih besar dibandingkan nilai sampel menggunakan Merah Putih dan Tiga Roda, dimana semen Holcim didapat $f'c = 35,574$ MPa, semen Merah Putih didapat $f'c = 33,215$ MPa dan semen Tiga Roda didapat $f'c = 28,780$ MPa. Perhitungan kuat tarik belah semen Holcim lebih besar dibandingkan dengan semen Tiga Roda dan Merah Putih, dimana Holcim didapat $f'c = 3,7037$ MPa, Merah Putih didapat $f'c = 3,6329$ MPa dan Tiga Roda didapat $f'c = 2,9436$ MPa.

2.3 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan

Berdasarkan paparan dari tinjauan pustaka di atas, maka perbandingan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Perbandingan Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Konten	Parameter	Hasil Penelitian
1	Adistiani, Putri (2017)	Pengaruh <i>Merk</i> Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air Tawar	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Merk</i> semen yaitu Tiga Roda, Gresik, dan Holcim • Umur beton 7, 14, dan 28 hari • Mutu beton 35 Mpa 	Kuat Tekan	Pada umur beton 28 hari semen Tiga Roda memiliki nilai kuat tekan rata-rata paling tinggi dengan nilai kuat tekan 29,5 MPa dari kuat tekan rencana 35 MPa
2	Wahyudi, Dian (2016)	Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Dua Jenis Semen dan Variasinya	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Merk</i> semen Bima dan Tiga Roda • Umur beton 7 hari • Faktor air semen 0,4 • Mutu beton 20 Mpa 	Kuat Tekan	Bima lebih tinggi dari semen Tiga Roda dengan perbandingan selisih 13,37% dan nilai kuat tekan variasi campuran beton masih di bawah semen Bima dan Tiga Roda. Perbandingan selisih antara semen bima dan variasi campuran semen paling rendah adalah 31,31%.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Konten	Parameter	Hasil Penelitian
3	Rakhmat (2015)	Pengujian Kuat Tekan Beton pada Umur 3, 7, 14, 21 dan 28 Hari pada Berbagai Mutu Beton untuk Mendapatkan Angka Konversi Umur	<ul style="list-style-type: none"> • Beton Pabrikasi • Mutu beton 15, 20, 25, dan 30 MPa • Umur beton 3, 7, 14, 21 dan 28 hari 	Kuat Tekan	Hasil uji statistic didapat bahwa keempat mutu beton tersebut tidak mengalami perbedaan nyata, hingga dihasilkan angka konversi umur keempat mutu beton tersebut 0,61; 0,73; 0,86; 0,95; 1. Jika dibandingkan dengan angka Konversi Umur Beton menurut PBI 1971 mengalami perbedaan
4	Wagianto, dkk (2014)	Studi Eksperimen Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Normal dengan Semen Jenis PCC yang Berbeda Merk	<ul style="list-style-type: none"> • Merk semen Holcim, Tiga Roda dan Merah Putih • Umur beton 3, 7, 14, 21, dan 28 hari 	Kuat tekan dan kuat tarik belah	Kuat tekan Holcim lebih besar dibandingkan Merah Putih dan Tiga Roda, dimana Holcim $f'c = 35,574$ MPa, Merah Putih $f'c = 33,215$ MPa dan Tiga Roda $f'c = 28,780$ MPa. Kuat tarik belah Holcim lebih besar Tiga Roda dan Merah Putih, dimana holcim $f'c = 3,7037$ MPa, Merah Putih $f'c = 3,6329$ MPa dan Tiga Roda didapat $f'c = 2,9436$ MPa

2.4 Keaslian Penelitian yang Dilakukan

Perbedaan penelitian pada Tugas Akhir ini dengan penelitian-penelitian terdahulu yaitu variasi jenis semen yang digunakan adalah Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik. Umur pengujian beton yaitu 14, 28, dan 56 hari, Membuktikan kenaikan mutu beton semen Holcim Powermax sebesar 15% dari semen Holcim. Melakukan pengujian impedansi listrik pada setiap benda uji. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian yang dilakukan dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton adalah campuran semen *Portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 2847-2013). Pencampuran agregat halus dan agregat kasar dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia maka campuran tersebut akan mengalami proses pengerasan. Tjokrodinuljo (1992) mengungkapkan bahwa beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran besar diisi oleh butiran yang lebih kecil, dan pori-pori di antara butiran-butiran agregat halus ini diisi oleh semen dan air. Dalam adukan beton, air dan semen membentuk pasta semen. Pasta semen ini selain mengisi pori-pori di antara butiran agregat halus juga bersifat sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling merekat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak/padat.

3.2 Material Penyusun Beton

Material penyusun beton dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu bahan aktif dan bahan pasif. Kelompok aktif yaitu semen dan air, sedangkan yang pasif yaitu pasir dan kerikil (disebut agregat, agregat halus dan agregat kasar). Kelompok aktif disebut perekat/pengikat sedangkan yang pasif disebut bahan pengisi. Selain bahan utama terdapat juga bahan-bahan lain yang ditambahkan dalam beton untuk memodifikasi karakteristik beton.

3.2.1 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kira-kira 70% volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tjokrodinuljo, 1996).

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Batasan ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4,80 mm (*British Standard*) atau 4,75 mm (Standar ASTM). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm).

1. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 4,8 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*). Pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat dari agregat halus berdasarkan SII.0052 dalam Tri (2003) adalah sebagai berikut.

- a. Modulus halus butir dari agregat halus antara 1,5 sampai 3,8.
- b. Kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus maksimal 5% apabila kadar lumpur dalam agregat halus lebih dari 5% maka agregat halus harus dicuci terlebih dahulu.
- c. Kekasaran butiran tidak boleh melebihi 2,20 kali dari pasir kwarsa Bangka.
- d. Kekelam apabila menggunakan natrium sulfat untuk menguji maksimal 10% sedangkan apabila menggunakan magnesium sulfat maksimal 15%.

2. Agregat Kasar

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah. Syarat dari agregat kasar berdasarkan SII.0052 dalam Tri (2003) adalah sebagai berikut..

- a. Modulus halus butir agregat kasar 6,0 sampai 7,1.
- b. Kadar lumpur dalam agregat kasar maksimal 1%. Apabila kadar lumpur dalam agregat kasar lebih dari 5% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu.
- c. Kadar bagian lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimal 5%.
- d. Tidak bersifat reaktif terhadap alkali
- e. Tidak mengandung agregat yang berbentuk pipih atau panjang lebih dari 20%.

3.2.2 Semen

Semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan yang kompak. Semen dikelompokkan ke dalam dua jenis yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis. Semen hidrolis adalah campuran senyawa kimia jika dicampur dalam air dalam jumlah tertentu akan mengikat bahan-bahan lain menjadi satu kesatuan massa yang dapat memadat dan mengeras. Contohnya seperti semen *Portland*, semen putih dan sebagainya, sedangkan semen non-hidrolis adalah semen yang tidak dapat stabil dalam air.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004, semen *Portland* merupakan semen yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *Portland* yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling dengan bahan tambah. Semen *Portland* ini memiliki reaksi hidrasi semen yaitu.



Semen *Portland* dibagi menjadi 5 kategori berdasarkan jenis dan penggunaannya sesuai dengan SNI 15-2049-2004 adalah sebagai berikut.

1. Tipe I, semen *Portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Tipe II, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Tipe V, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

3.2.3 Air

Air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organik lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya (SNI 03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung). Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penuangan beton.

Selain untuk reaksi pengikatan, air dapat juga untuk perawatan sesudah beton dituang. Air untuk perawatan (*Curing*) harus memiliki syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Keasamannya tidak boleh PHnya > 6 , juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur.

3.3 Perencanaan Campuran Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI 03-2834-2000 agar memenuhi persyaratan kekentalan,

keawetan, kuat tekan, dan ekonomis. Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai deviasi standar (Sd) yang ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali pada Tabel 3.1 dan bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa. Kemudian nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 1 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali
< 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 3. 2 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : SNI 03-2834-2000

2. Nilai tambah (M) untuk kuat tekan rencana dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$M = 1,64 \times Sd \quad (3.1)$$

dengan:

M = Nilai tambah (MPa)

Sd = Deviasi standar rencana (MPa)

3. Menentukan kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'_{cr}) dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut

$$f'_{cr} = f'_c + M \quad (3.2)$$

dengan :

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (MPa)

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

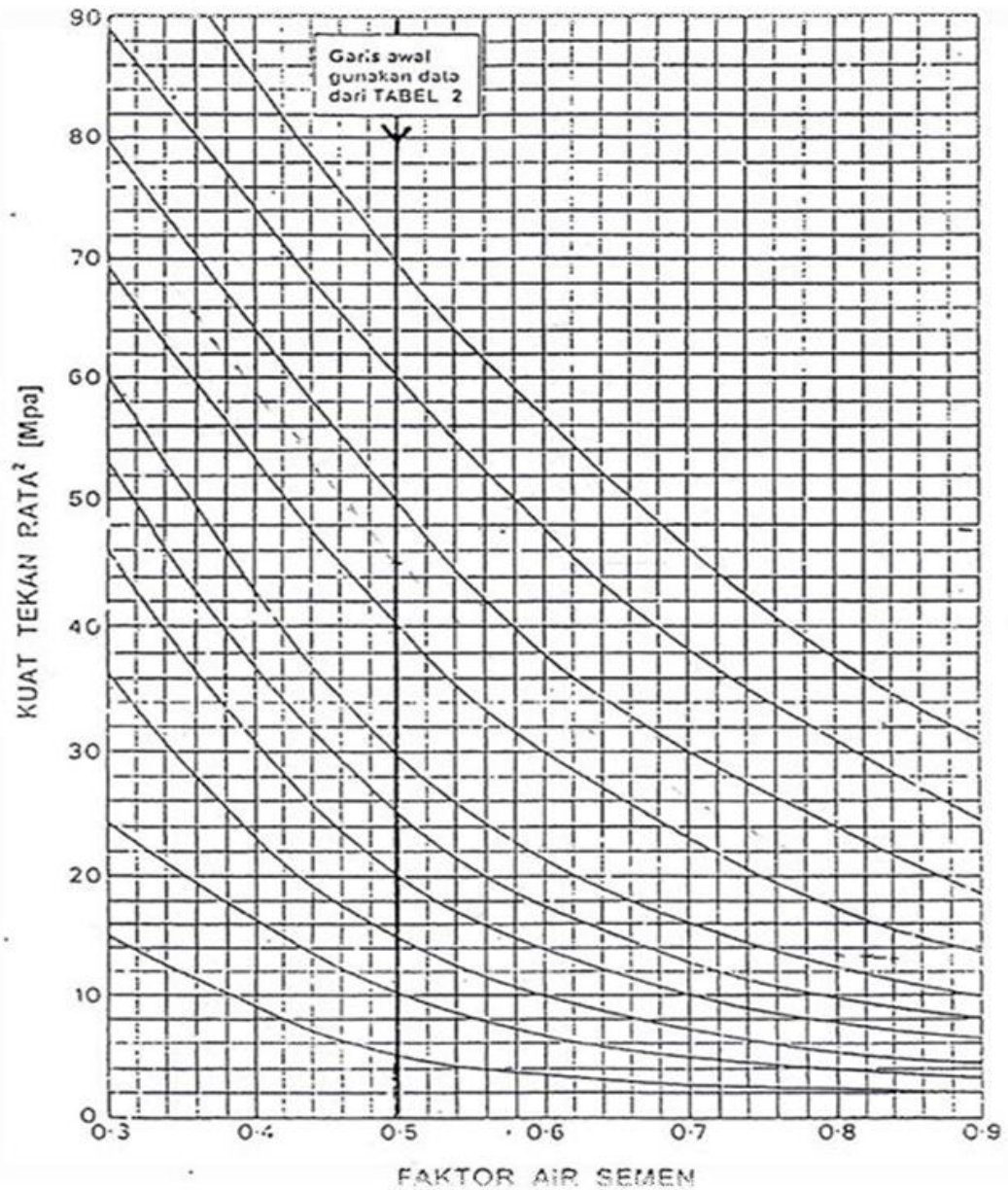
M = Nilai tambah (MPa)

4. Menentukan jenis semen yang digunakan.
 5. Menentukan jenis agregat yang digunakan.
 6. Menentukan nilai faktor air semen (FAS) dengan menggunakan Tabel 3.3 dan grafik pada Gambar 3.1 atau menggunakan grafik pada Gambar 3.2, dari kedua nilai diambil FAS yang terkecil.

Tabel 3. 3 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	95	
Semen <i>Portland</i> Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen <i>Portland</i> Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	

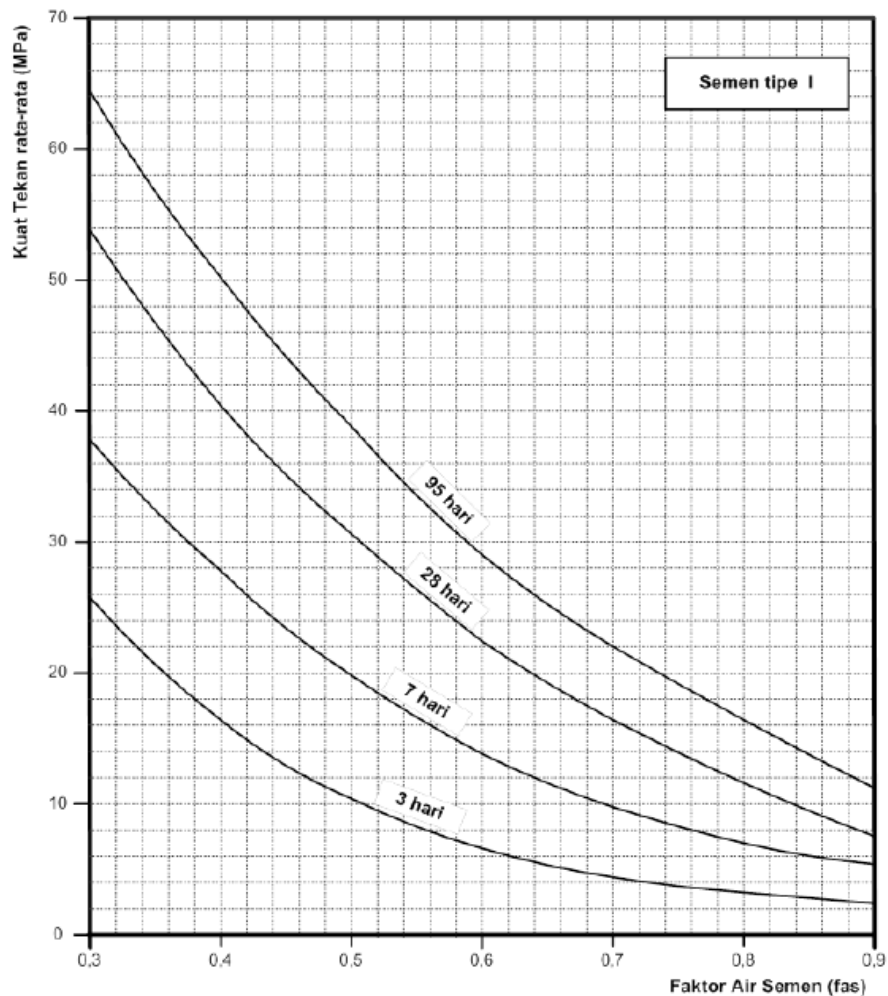
Semen <i>Portland</i> Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 3. 1 Grafik Hubungan Antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen

Untuk Benda Uji Silinder

SNI-03-2834-2000



Gambar 3. 2 Grafik Hubungan Antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen
Untuk Benda Uji Silinder

SNI-03-2834-2000

7. Menentukan nilai *slump* yang merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton.
8. Menghitung besar butir agregat maksimum berdasarkan ketentuan yaitu seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan.
9. Menghitung kadar air bebas agregat campuran (agregat tak dipecahkan dan agregat dipecahkan) dengan Persamaan 3.3 berikut ini.

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} W_h + \frac{2}{3} W_k \quad (3.3)$$

dengan :

Wh = Perkiraan jumlah agregat halus

Wk = Perkiraan jumlah agregat kasar

Nilai Wh dan Wk diperoleh dari Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-100
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI-03-2834-2000

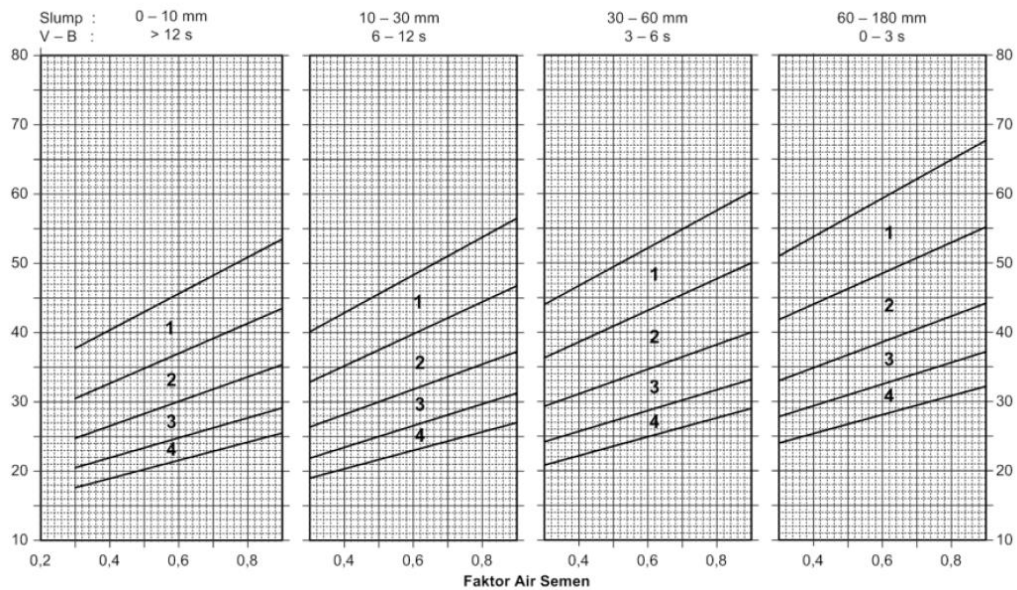
Jumlah semen yang dipakai per m³ beton dapat dihitung dengan Persamaan 3.4 berikut.

$$\text{Jumlah semen per m}^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{FAS}} \quad (3.4)$$

dengan:

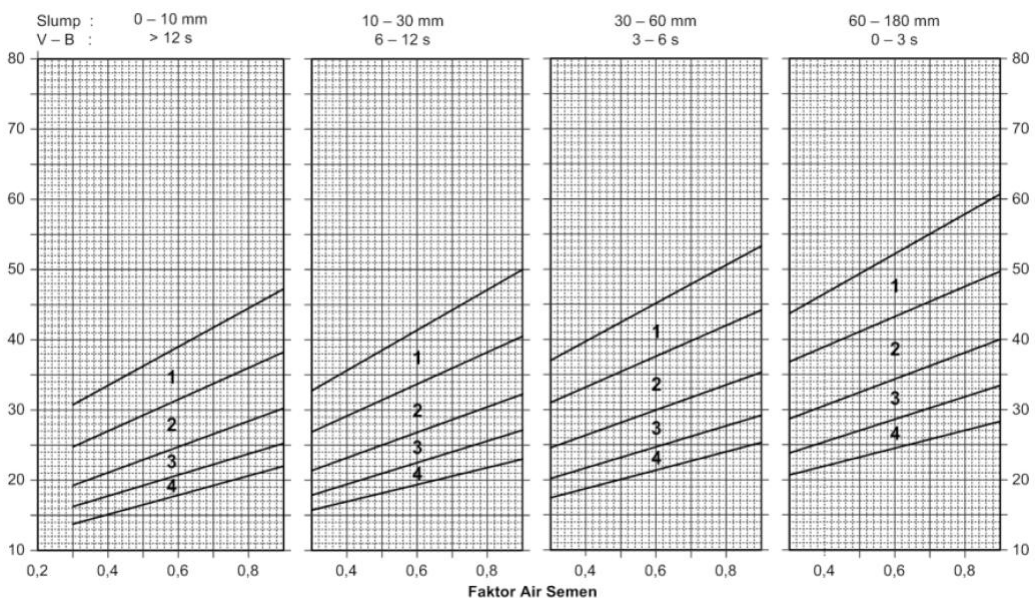
FAS = Faktor air semen

10. Menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3. 3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang
Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 20 mm

Sumber: SNI-03-2834-2000



Gambar 3. 4 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan
Untuk Ukuran Maksimum 40 mm

Sumber: SNI-03-2834-2000

Adapun untuk menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan grafik tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 di atas, tentukan grafik yang akan dipakai berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.
- b. Tarik garis vertikal ke atas sampai ke kurva yang paling atas di antara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
- c. Kemudian, tarik garis horizontal ke kanan, baik kurva batas atas maupun kurva batas bawah yang berada di daerah gradasi dan catat nilainya.
- d. Ambil rata-rata dari kedua nilai tersebut

Nilai persentase agregat kasar = 100% - Persentase agregat halus

11. Menghitung berat jenis relatif agregat yang diambil berdasarkan data hasil pengujian laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dihitung berdasarkan Persamaan 3.5 berikut.

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (3.5)$$

dengan :

BJ_{AG} = Berat jenis agregat gabungan

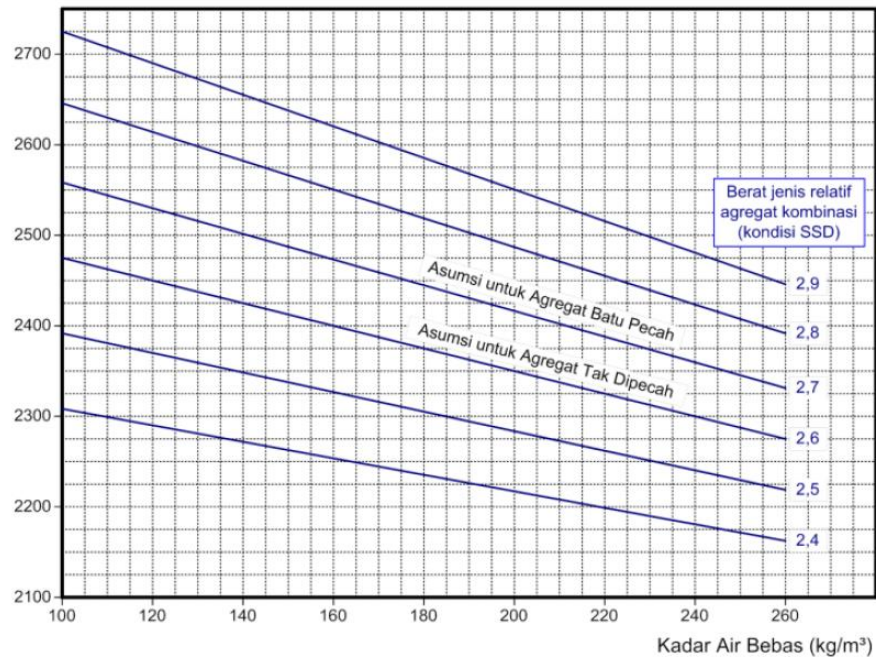
BJ_{AH} = Berat jenis agregat halus

BJ_{AK} = Berat jenis agregat kasar

$\%AH$ = Persentase agregat halus

$\%AK$ = Persentase agregat kasar

12. Mencari nilai berat isi beton dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3. 5 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Selesai

Dipadatkan

Sumber: SNI-03-2834-2000

Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai berat isi beton dengan menggunakan grafik tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Pada Gambar 3.4 di atas, tarik garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan sejajar dengan garis linier yang telah ada pada grafik,
- b. Tarik garis vertikal ke atas sampai memotong garis yang telah dibuat tadi sesuai dengan nilai kadar air bebas kemudian tarik garis horizontal ke kiri pada perpotongan kedua garis diatas dan catat nilainya.

13. Menghitung kadar agregat gabungan dengan menggunakan Persamaan 3.6

$$\text{Kadar agregat gabungan} = \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \quad (3.6)$$

14. Menghitung kadar agregat halus dengan menggunakan Persamaan 3.7

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\% \text{ Agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.7)$$

15. Menghitung kadar agregat kasar dengan menggunakan Persamaan 3.8

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\% \text{ agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.8)$$

3.4 Pengujian Beton

Pengujian beton dapat dibedakan menjadi pengujian beton segar dan pengujian beton keras yang akan dijelaskan berikut ini.

3.4.1 Pengujian Beton Segar

Beton segar merupakan adukan beton yang bersifat plastis yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen dan air, dengan atau tanpa bahan tambah atau pengisi menurut SNI 1972-2008. Pengujian slump merupakan salah satu pengujian beton segar. Berdasarkan SNI 1972-2008 slump merupakan penurunan ketinggian pada pusat permukaan beton yang diukur setelah cetakan uji slump diangkat. Slump dapat menunjukkan kelecakan adukan beton. semakin besar nilai slump maka mempermudah pekerjaan akan tetapi dapat menurunkan kuat tekan beton. Slump dibagi menjadi 3 jenis yang dijelaskan sebagai berikut ini.

1. Slump Sebenarnya

Slump sebenarnya adalah apabila suatu campuran beton mengalami penurunan secara seragam di setiap sisi setelah kerucut diangkat.

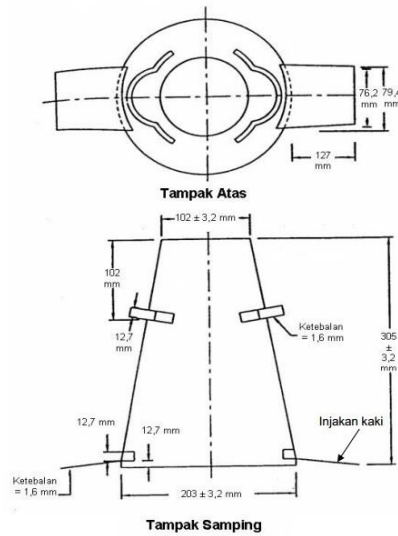
2. Slump Geser

Slump geser adalah apabila suatu campuran mengalami penurunan tidak seragam yaitu apabila salah satu sisi turun sedangkan salah satu sisi tidak sehingga mengakibatkan bidang miring.

3. Slump Runtuh

Slump runtuh adalah apabila suatu campuran mengalami runtuh (*collapse*) saat kerucut diangkat.

Pengujian slump menggunakan kerucut terpancung, dengan ketentuan dimensi kerucut terpancung dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3. 6 Kerucut Terpancung

Sumber : SNI 1972-2008

3.4.2 Pengujian Beton Keras

Beton keras merupakan campuran antara semen *Portland* atau jenis semen lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dalam perbandingan tertentu, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang telah mengeras menurut SNI 2492-2002. Pengujian beton keras yang dilakukan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1 Impedansi Listrik

Impedansi adalah ukuran restidansi sumber arus bolak-balik (AC). Impedansi memiliki definisi perhitungan secara total dalam Ohm dari seluruh rangkaian elektrikal untuk *signal* langsung termasuk diantaranya resistensi, reaktansi, kapasitansi dan seluruh faktor mekanika yang menimbulkan hambatan dari transfer energi dalam sebuah sistem. Impedansi listrik dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

$$Z = \frac{V}{I} \quad (3.9)$$

dengan:

Z = Impedansi listrik (Ohm)

V = Beda potensial (volt)

I = Kuat Arus (Ampere)

2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan perbandingan besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Berdasarkan SNI 1974-2011, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.10 berikut.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (3.10)$$

dengan :

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

3 Kuat Tarik Beton

Beberapa cara penyelesaian telah digunakan untuk mengevaluasi nilai kekuatan tarik beton. Pada tes langsung, benda uji ditahan pada kedua ujung dan ditarik sampai putus, kekuatan tarik adalah beban putus dibagi luas penampang benda uji. Pada tes tarik belah, benda uji silinder ditekan pada kedua sisi yang berhadapan, sehingga terbelah menjadi dua bagian akibat tegangan tarik. Pada tes lentur, suatu balok dengan penampang persegi dibebani di tengah atau pada jarak sepertiga dan hancur akibat momen lentur, dimana tegangan tarik yang dihitung pada saat hancur disebut *modulus of rupture*. Tetapi setiap metode pengetesan kekuatannya mempunyai hasil karakteristiknya masing-masing. Kebanyakan sarjana teknik mengasumsi bahwa kekuatan tarik langsung beton sebesar 10% dari kekuatan tekan beton. Kekuatan tarik belah kurang lebih sama, dan modulus of rupture kurang lebih 10-15% kekuatan tekan.

Tes tarik langsung, merupakan suatu cara pengukuran yang paling logis untuk mengukur kekuatan tarik beton. Akan tetapi banyak kesulitan yang

timbul yang menyebabkan tes langsung ini jarang digunakan, sehingga pada penelitian ini yang akan dilakukan adalah uji tarik belah. Kekuatan tarik berdasarkan SNI 2491-2014 dapat dihitung dengan Persamaan 3.11 berikut.

$$f_{cs} = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.11)$$

dengan :

f_{cs} = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban maksimum (N)

D = Diameter silinder (mm)

L = Panjang silinder (mm)

3.5 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada kondisi elastis yaitu 40% tegangan maksimum. Setiap benda uji yang menerima beban pasti akan mengalami perubahan bentuk. Perubahan inilah yang dihitung sebagai regangan sedangkan tegangan adalah kemampuan benda uji menerima beban. Regangan merupakan perubahan panjang benda uji dibanding dengan panjang awal sehingga dalam regangan tidak memiliki satuan. Tegangan merupakan perbandingan antara beban yang terjadi dengan luar tampang benda uji. Modulus elastisitas dihitung dengan Persamaan 3.12 berikut.

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005} \quad (3.12)$$

dengan:

E_c = Modulus elastisitas (MPa)

S_2 = Tegangan pada saat 40% dari beban maksimum (MPa)

S_1 = Tegangan pada saat regangan mencapai $\varepsilon_1 = 0,00005$ (MPa)

ε_2 = Regangan yang dihasilkan pada saat S_2

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian pada Tugas Akhir ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang dilakukan dengan manipulasi terhadap satu atau lebih variabel yang disebut variabel bebas sehingga berpengaruh pada satu atau lebih variabel lain yang diukur yang disebut variabel terikat.

4.2 Benda Uji

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan beton dan pengujian impedansi listrik dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan mutu beton 20 MPa. Jumlah benda uji yang digunakan adalah 54 buah dengan rincian seperti pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4. 1 Rincian Benda Uji

No.	Semen	Kode benda uji	Umur benda uji	Jumlah benda uji kuat tekan	Jumlah benda uji kuat tarik
1	Semen Holcim	A	14	3	3
			28	3	3
			56	3	3
2	Semen Holcim Powermax	B	14	3	3
			28	3	3
			56	3	3
3	Semen Gresik	C	14	3	3
			28	3	3
			56	3	3

4.3 Bahan Pembuatan Benda Uji

Bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Agregat

Agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus berupa pasir yang lolos saringan 4,8 mm dan agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm. agregat halus berasal dari Merapi dan agregat kasar berasal dari Celereng.

2. Semen *Portland*

Semen yang digunakan adalah semen *Portland* tipe I dengan jenis Holcim, Holcim Powermax, dan Gresik. Pengamatan keadaan fisik berupa keutuhan pada kemasan semen.

3. Air

Air yang digunakan dalam pembuatan sampel benda uji berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.4 Peralatan

4.4.1 Peralatan Pembuatan Benda Uji

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4. 2 Peralatan Pembuatan Benda Uji

No	Nama Alat	Kegunaan
1.	Ayakan agregat halus	Mengayak agregat halus
2.	Ayakan agregat kasar	Mengayak agregat kasar
3.	Cetakan silinder	Mencetak benda uji
4.	Ember	Menampung agregat
5.	Gelas ukur	Mengukur takaran air

Lanjutan Tabel 4.2 Peralatan Pembuatan Benda Uji

6.	Gerobak dorong	Memudahkan membawa material
7.	<i>Mixer</i> beton	Membuat campuran beton
8.	Sendok semen	Meratakan campuran beton
9.	Sekop	Memasukkan campuran ke dalam cetakan
10.	Timbangan	Menimbang material
11.	Tongkat penumbuk	Memadatkan campuran beton

4.4.2 Peralatan Pengujian Benda Uji

Alat-alat yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan untuk pengujian impedansi listrik dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4. 3 Peralatan Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik

No	Nama Alat	Kegunaan
1.	<i>Compressing Test Machine</i> (CTM)	Menguji kuat tekan dan kuat tarik
2.	Kaliper	Mengukur dimensi benda uji
3.	Timbangan	Menimbang benda uji

Tabel 4. 4 Peralatan Pengujian Impedansi Listrik

No	Nama Alat	Kegunaan
1.	<i>AC Voltage Regulator</i>	Menaikkan atau menurunkan tegangan AC
2.	Penyangga dan penjepit	menyangga dan menjepit benda uji
3.	Multimeter meter	Mengukur tegangan, hambatan dan arus listrik
4.	Kabel listrik	Menyalurkan arus listrik

4.5 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian mulai dari persiapan bahan, pengujian bahan, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.6 Tahapan Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Persiapan

Persiapan yang dilakukan meliputi persiapan studi pustaka, persiapan literatur, persiapan alat dan bahan dan persiapan laboratorium.

2. Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan untuk mengetahui sifat serta karakteristik bahan tersebut sudah memenuhi persyaratan yang ditentukan jika digunakan dalam perencanaan campuran beton (*mix design*). Berikut merupakan pengujian agregat halus dan agregat kasar.

- a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus,
- b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar,
- c. Pengujian analisa saringan agregat halus,
- d. Pengujian analisa saringan agregat kasar,
- e. Pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus,
- f. Pengujian berat volume padat dan gembur agregat kasar,
- g. Pengujian lolos saringan no. 200 (uji kandungan lumpur dalam pasir)

3. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran (*mix design*) dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yaitu semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang selanjutnya digunakan sebagai dasar pembuatan benda uji.

4. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan tahapan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut.

- a. Pembuatan adonan beton,
- b. Pengecoran ke dalam cetakan silinder,
- c. Pelepasan benda uji dari cetakan silinder,
- d. Perawatan beton sampai umur rencana,

5. Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji dilakukan pengujian impedansi listrik yang selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik pada setiap variasi, di samping itu dilakukan pengujian penunjang berupa modulus elastisitas beton.

6. Analisis dan Pembahasan

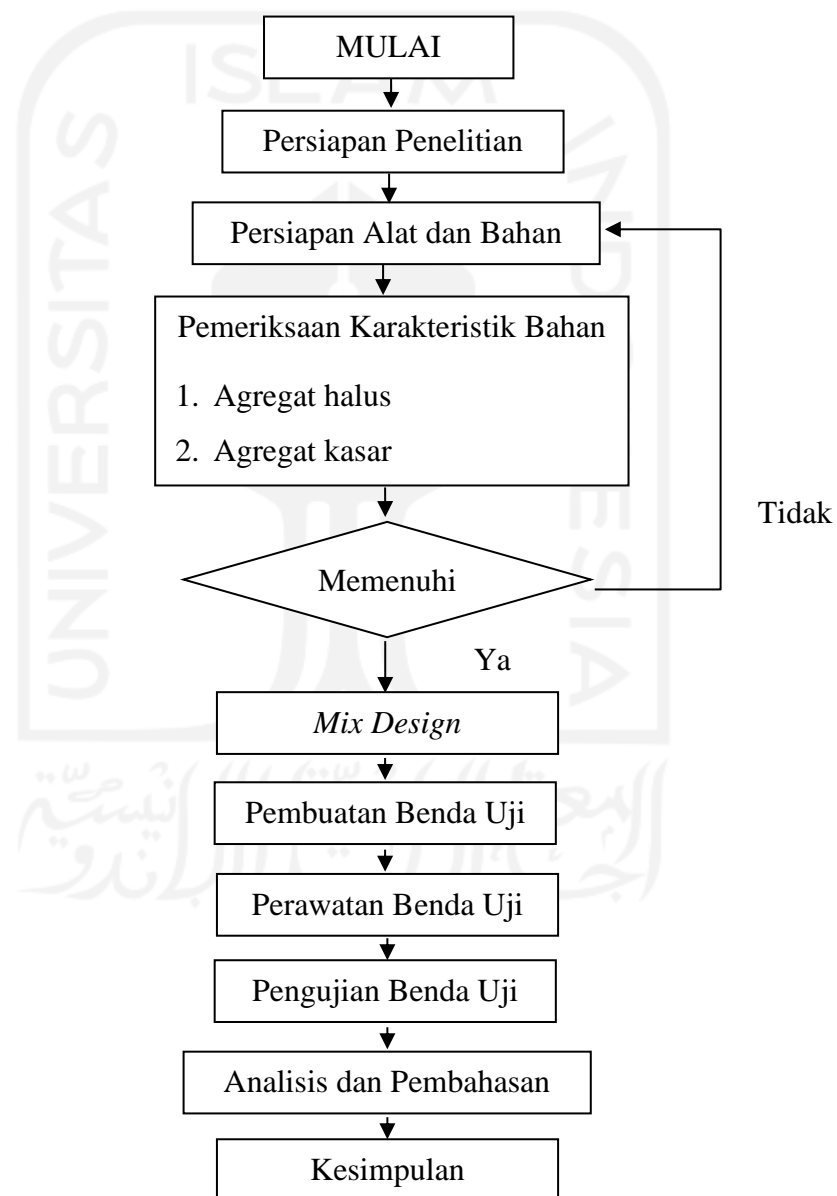
Pada tahap ini dilakukan analisis data hasil pengujian untuk mendeskripsikan atau memberikan gambaran terhadap obyek yang diteliti. Data hasil pengujian dikelompokkan berdasarkan variabel kemudian mentabulasi data-data tersebut sehingga mudah disusun untuk dilakukan analisis. Analisis yang dilakukan yaitu mengetahui hubungan antara variabel-variabel tersebut yang didapat dari perhitungan data-data hasil pengujian. Pada penelitian ini variasi jenis semen, variasi umur beton dan pengujian impedansi listrik sebagai variabel bebas dengan kuat tekan dan kuat tarik sebagai variabel terikat yang didapatkan dari perhitungan hasil pengujian, dibuat dalam bentuk kurva sehingga terlihat hubungan dari variabel-variabel tersebut. Dari hubungan tersebut dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab rumusan permasalahan dari penelitian ini.

7. Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini merupakan tahapan terakhir dari penelitian ini. Data yang sudah dianalisis disajikan dalam bentuk kurva yaitu kurva hubungan antara perbedaan jenis semen dan impedansi listrik dengan kuat tekan beton dari variasi umur beton, serta antara perbedaan jenis semen dan impedansi listrik dengan kuat tarik beton dari variasi umur beton. Sehingga dapat ditarik

kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian. Selain itu juga dibuat saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

Secara keseluruhan tahapan penelitian dapat dilihat pada skema alur penelitian pada Gambar 4.1 dan *Time Line* penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.



Gambar 4. 1 Skema Alur Penelitian

Tabel 4. 5 *Time Line* Penelitian

No.	Bulan ke	7	8				9				10			
	Minggu ke	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Kegiatan													
1	Persiapan Bahan	■	■											
2	Pemeriksaan Bahan	■	■											
3	Pembuatan Benda Uji			■	■	■								
4	Perawatan Benda Uji			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
5	Pengujian Benda Uji					■	■	■	■	■	■	■	■	
6	Penyusunan Laporan											■	■	■



BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari agregat halus dan agregat kasar. Hasil pengujian ini akan diketahui apakah agregat memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran beton atau tidak dalam perencanaan campuran beton (*mix design*).

5.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus pada penelitian ini meliputi pengujian berat jenis, penyerapan air agregat halus, lolos saringan No. 200 (uji kandungan lumpur), berat volume, dan analisa saringan.

1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-Rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	477	479	
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1038	1041	
Berat piknometer berisi air, gram (B)	737	741	
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD) $500 / (B + 500 - Bt)$ (1)	2,51	2,50	2,51
Penyerapan Air $[(500 - Bk) / Bk] \times 100\%$ (2)	4,82%	4,38%	4,60%

Hasil pengujian dan perhitungan berat jenis agregat halus kering muka (SSD) dan penyerapan air agregat halus didapat nilai sebesar 2,51 dan 4,60%.

2. Pengujian Lolos Saringan No. 200

Pengujian lolos saringan No. 200 bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur pada agregat halus. Agregat halus yang lolos dari saringan No.200 merupakan lumpur. Hasil pengujian lolos saringan No. 200 dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Agregat Kering Oven, gram (W1)	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci, gram (W2)	487
Berat yang Lolos Ayakan No. 200 [(W1 – W2) / W1] x 100%	2,6%

Hasil pengujian lolos saringan No. 200 didapat nilai sebesar 2,6%. Nilai tersebut memenuhi syarat kandungan lumpur dalam agregat halus menurut SNI 03-4142-1996 yaitu sebesar 5%.

3. Pengujian Berat Volume Agregat Halus

Berat volume merupakan perbandingan antara berat agregat dengan volumenya. Pengujian berat volume agregat dibagi menjadi 2 yaitu kondisi gembur dan kondisi padat. Hasil pengujian berat volume gembur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan hasil pengujian berat volume padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung, gram (W1)	12800
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram (W2)	20100
Berat Agregat, gram (W3)	7300
Volume Tabung, cm ³ (V)	5903,83
Berat Volume Gembur, gram/cm ³ (W3 / V)	1,24

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung, gram (W1)	12800
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram (W2)	21200
Berat Agregat, gram (W3)	8400
Volume Tabung, cm ³ (V)	5903,83
Berat Volume Padat, gram/cm ³ (W3 / V)	1,42

Hasil pengujian berat volume gembur didapat nilai sebesar 1,24 gram/cm³ dan nilai berat volume padat sebesar 1,42 gram/cm³. Hasil berat volume gembur lebih kecil daripada berat volume padat dikarenakan tidak adanya proses pemadatan sehingga masih banyak rongga pada cetakan.

4. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan agregat halus bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat halus dan modulus halus butir (MHB). Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00		0,00	0,00	100,00
20,00		0,00	0,00	100,00
10,00		0,00	0,00	100,00
4,80	5,4	0,27	0,27	99,73
2,40	199,6	9,98	10,25	89,75
1,20	412,7	20,64	30,89	69,11
0,60	489,1	24,46	55,35	44,65
0,30	381,8	19,09	74,45	25,55
0,15	338,8	16,94	91,39	8,61
Sisa	172,1	8,61	100,00	0,00
Jumlah	1999,5	100,00	262,61	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\% \text{ Jumlah Berat Tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{262.61}{100} \\
 &= 2,626
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian analisa saringan agregat halus didapat nilai modulus halus butir sebesar 2,626. Hasil tersebut sesuai dengan syarat pada SK SNI S-04-1989-F yaitu modulus halus butir berkisar antara 1,5-3,8.

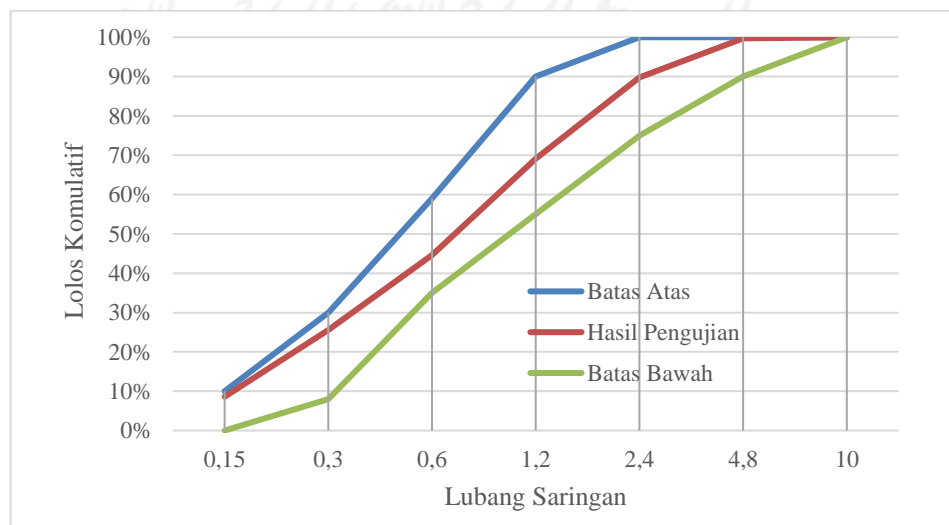
Selanjutnya menentukan daerah gradasi agregat halus dari nilai persen lolos kumulatif. Tabel spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini

Tabel 5. 6 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah 1	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SNI 2834-2000

Dari nilai persen lolos kumulatif pada Tabel 5.5 maka agregat halus termasuk gradasi daerah II. Grafik gradasi agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.1 di bawah ini



Gambar 5. 1 Grafik Gradasi Agregat Halus

5.1.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar pada penelitian ini meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, berat volume, dan analisa saringan.

1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-Rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4887	4898	
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3100	3090	
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD) $Bj / (Bk - Ba)$ (1)	2,63	2,62	2,63
Penyerapan Air $Bk / (Bk - Ba)$ (2)	2,31%	2,08%	2,20%

Hasil pengujian dan perhitungan berat jenis agregat kasar kering muka (SSD) dan penyerapan air agregat kasar didapat nilai sebesar 2,63 dan 2,20%.

2. Pengujian Berat Volume Agregat Kasar

Berat volume merupakan perbandingan antara berat agregat dengan volumenya. Pengujian berat volume agregat dibagi menjadi 2 yaitu kondisi gembur dan kondisi padat. Hasil pengujian berat volume gembur agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan hasil pengujian berat volume padat agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung, gram (W1)	12100
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram (W2)	19200
Berat Agregat, gram (W3)	7100
Volume Tabung, cm ³ (V)	5496,34
Berat Volume Gembur, gram/cm ³ (W3 / V)	1,29

Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung, gram (W1)	12100
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram (W2)	19800
Berat Agregat, gram (W3)	7700
Volume Tabung, cm ³ (V)	5496,34
Berat Volume Padat, gram/cm ³ (W3 / V)	1,40

Hasil pengujian berat volume gembur didapat nilai sebesar 1,29 gram/cm³ dan nilai berat volume padat sebesar 1,40 gram/cm³. Hasil berat volume gembur lebih kecil daripada berat volume padat dikarenakan tidak adanya proses pemadatan sehingga masih banyak rongga pada cetakan.

3. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan agregat kasar bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat kasar dan modulus halus butir (MHB). Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0,00	0,00	100,00
20,00	189	3,78	3,78	96,22
10,00	3489	69,81	73,60	26,40
4,80	1107	22,15	95,75	4,25
2,40	0	0,00	95,75	4,25
1,20	0	0,00	95,75	4,25
0,60	0	0,00	95,75	4,25
0,30	0	0,00	95,75	4,25
0,15	0	0,00	95,75	4,25
Sisa	212,5	4,25	100,00	0,00
Jumlah	4997,5	100,00	651,87	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\% \text{ Jumlah Berat Tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{651,87}{100} \\
 &= 6,519
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar didapat nilai modulus halus butir sebesar 6,519. Hasil tersebut sesuai dengan syarat pada SK SNI S-04-1989-F yaitu modulus halus butir berkisar antara 5,0-8,0.

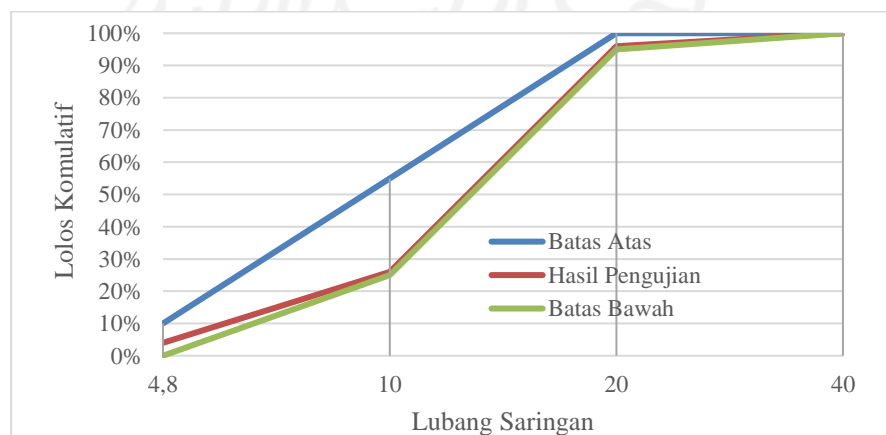
Selanjutnya menentukan daerah gradasi agregat kasar dari nilai persen lolos kumulatif. Tabel spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 5.11 di bawah ini

Tabel 5. 11 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan /Besar Butiran Maksimum		
	40 mm	20 mm	10 mm
40	95-100	100	-
20	30-70	95-100	100
10	10-35	25-55	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Sumber : SNI 2834-2000

Dari nilai persen lolos kumulatif pada Tabel 5.10 maka agregat kasar menunjukkan ukuran maksimum agregat adalah sebesar 20 mm. Grafik gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 5.2 dibawah ini



Gambar 5. 2 Grafik Gradasi Agregat Kasar

5.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan SNI 2834-2000. Perencanaan campuran beton dilakukan agar pembuatan beton sesuai dengan mutu beton yang diinginkan. Adapun langkah-langkah perencanaan dan perhitungan campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan yang disyaratkan, $f'c = 20$ MPa

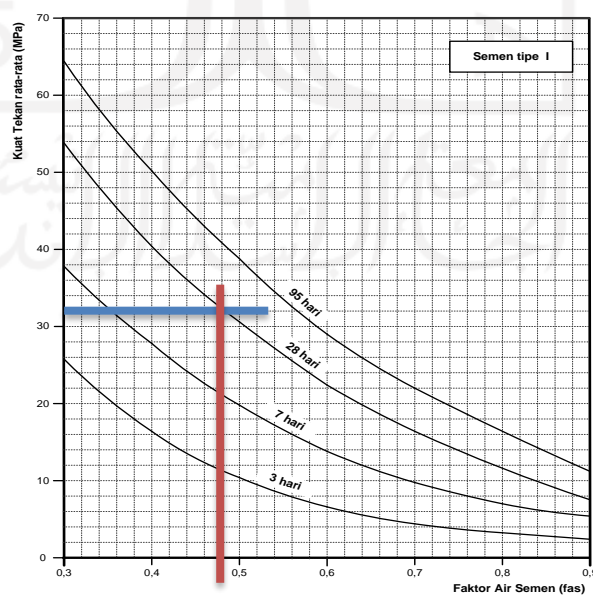
2. Menentukan nilai tambah (M)

Karena dalam pengujian ini sampel yang digunakan kurang dari 15 benda uji, maka nilai tambah (M) = 12

3. Menghitung kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ($f'cr$)

$$\begin{aligned} f'cr &= f'c + M \\ &= 20 + 12 = 32 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4. Semen yang digunakan semen Holcim, Holcim PowerMax, dan Gresik tipe PCC (*Portland Composite Cement*) yang sejenis dengan semen Portland tipe I
5. Jenis agregat halus berupa pasir alami dari Merapi
6. Jenis agregat kasar berupa batu pecah dari Clereng
7. Menentukan faktor air semen bebas dengan grafik pada Gambar 5.3 di bawah ini.



Gambar 5. 3 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

Menarik garis horizontal dari kuat tekan rata-rata sampai memotong kurva umur 28 hari. Menarik garis vertikal untuk mendapatkan nilai faktor air semen (fas), maka didapat nilai fas sebesar 0,48.

8. Menentukan faktor air semen maksimum dan jumlah semen minimum dengan menggunakan Tabel 5.12 di bawah ini.

Tabel 5.12 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum

Jenis Pemetonan	Jumlah Semen Minimum per-m ³ Beton (kg)	Nilai Fas Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,55
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		tabel 6

Jenis pembetonan dalam penelitian ini adalah untuk beton di luar ruangan bangunan dan terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung, maka didapat jumlah semen minimum sebesar 275 kg/m³ dan nilai fas maksimum sebesar 0,6. Nilai fas yang digunakan adalah yang terkecil dari nilai fas maksimum yaitu sebesar 0,48.

9. Menentukan ukuran slump yaitu sebesar 60-180 mm.
10. Ukuran butir agregat kasar maksimum 20 mm.

11. Menghitung kadar air bebas dengan nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (W_h) dan perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (W_k) dapat dilihat pada Tabel 5.13 di bawah ini

Tabel 5.13 Perkiraan Kebutuhan Air per-meter Kubik Beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-100
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air bebas} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{2}{3} W_k \\
 &= \frac{2}{3} 195 + \frac{2}{3} 225 \\
 &= 205 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

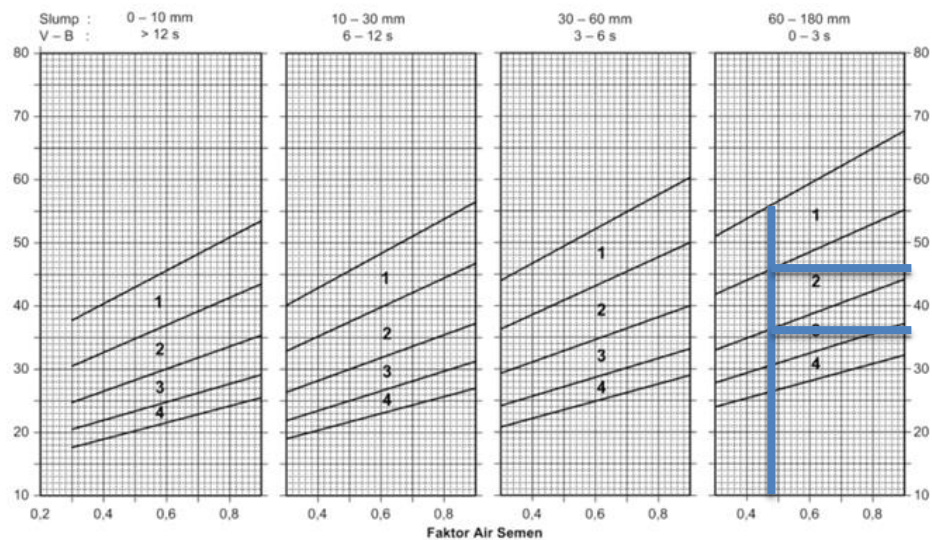
12. Menghitung kadar semen

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{fas}} \\
 &= \frac{205}{0,48} \\
 &= 427,08 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Kadar semen minimum 275 kg/m^3 dan kadar semen didapat $427,08 \text{ kg/m}^3$, maka kadar semen yang digunakan sebesar $427,08 \text{ kg/m}^3$.

13. Menentukan persen agregat halus (%AH) menggunakan grafik pada Gambar 5.4, dengan cara.
- Menggunakan grafik sesuai dengan nilai slump.
 - Menarik garis vertikal keatas sesuai fas yang digunakan sampai dua kurva antara daerah gradasi pasir.

- c. Menarik garis horizontal ke kanan, perpotongan fas dengan kurva batas atas dan batas bawah.
- d. Menghitung rata-rata dari kedua nilai yang didapat.



Gambar 5. 4 Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat untuk Ukuran Maksimum 20 mm

$$\begin{aligned} \%AH &= \frac{46 + 36}{2} \\ &= 41\% \end{aligned}$$

14. Menghitung persen agregat kasar (%AK)

$$\begin{aligned} \%AK &= 100\% - \%AH \\ &= 100\% - 41\% \\ &= 59\% \end{aligned}$$

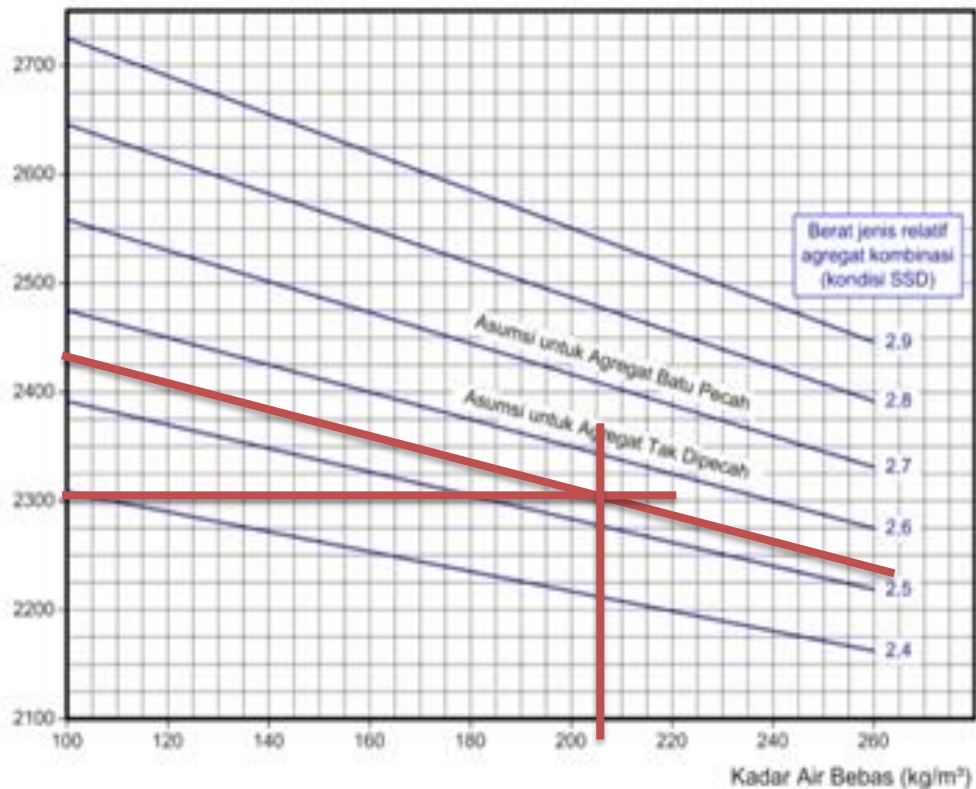
15. Menghitung berat jenis agregat gabungan

$$\begin{aligned} BJ_{AG} &= (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \\ &= (41\% \times 2,51) + (59\% \times 2,63) \\ &= 2,58 \end{aligned}$$

16. Menentukan berat isi beton menggunakan grafik pada Gambar 5.5, dengan cara sebagai berikut

- a. Membuat kurva sesuai dengan berat jenis agregat gabungan.

- b. Menarik garis vertikal sesuai dengan kadar air bebas sampai memotong kurva baru.
- c. Menarik garis horizontal ke kiri pada perpotongan kedua garis.



Gambar 5. 5 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Didapatkan

Maka didapat nilai perkiraan berat beton basah sebesar 2320 kg/m^3 .

17. Menghitung kadar agregat gabungan

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat isi beton} - \text{Kadar semen} - \text{Kadar air bebas} \\
 &= 2320 - 427,08 - 205 \\
 &= 1687,92 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

18. Menghitung kadar agregat halus

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat halus} &= \frac{\% \text{ Agregat halus}}{100} \times \text{Kadar agregat gabungan} \\
 &= \frac{41}{100} \times 1687,92 \\
 &= 629,05 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

19. Menghitung kadar agregat kasar

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat halus} &= \frac{\% \text{ Agregat kasar}}{100} \times \text{Kadar agregat gabungan} \\
 &= \frac{59}{100} \times 1687,92 \\
 &= 995,87 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

20. Menghitung proporsi campuran dengan *safety* 15%

Perbandingan semen : agregat halus : agregat kasar : air adalah 427,08 : 629,05 : 995,87 : 205 = 1 : 1,62 : 2,33 : 0,48

- a. Semen = $427 \times 115\%$
= $491,15 \text{ kg/m}^3$
- b. Agregat halus = $629,05 \times 115\%$
= $795,85 \text{ kg/m}^3$
- c. Agregat kasar = $995,87 \times 115\%$
= $1145,25 \text{ kg/m}^3$
- d. Air = $205 \times 115\%$
= $235,75 \text{ kg/m}^3$

5.3 Hasil Pengujian Beton

Pengujian beton yang dilakukan pada penelitian ini antara lain impedansi listrik, kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas. Pada penelitian ini pengujian silinder beton berumur 14, 28, dan 56 hari dengan variasi jenis semen Holcim (A), semen Holcim PowerMax (B) dan semen Gresik (C). Hasil pengujian beton tersebut dapat dilihat pada poin-poin berikut.

5.3.1 Hasil Pengujian Impedansi Listrik Beton

Pengujian impedansi listrik adalah pengujian menyalurkan listrik lebih kurang 10 volt selama 15 menit setelah benda uji silinder diangkat selama 15 menit setelah perendaman. Impedansi listrik adalah perbandingan beda potensial dan kuat arus. Perhitungan impedansi listrik dihitung menggunakan Persamaan 3.9. Contoh perhitungan impedansi listrik dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Beda potensial (V)} &= 10,406 \text{ V} \\
 \text{Kuat arus (I)} &= 0,010 \text{ A} \\
 \text{Impedansi (Z)} &= \frac{V}{I} \\
 &= \frac{10,406}{0,010} \\
 &= 1040625,000 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya nilai impedansi listrik dihitung tiap silinder benda uji. Hasil impedansi listrik dapat dilihat pada Tabel 5.14 sampai dengan Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5. 14 Hasil Pengujian Impedansi Listrik Beton Umur 14 Hari

No.	Nama Sampel	Beda Potensial (volt)	Kuat Arus (ampere)	Impedansi (ohm)
1	1A.14	10,406	0,010	1040625,000
2	3A.14	20,044	0,020	1002187,500
3	4A.14	60,100	0,010	6010000,000*
4	5A.14	50,313	0,010	5031250,000*
5	6A.14	40,156	0,010	4015625,000*
6	7A.14	79,875	0,010	7987500,000*
7	1B.14	10,125	0,010	1012500,000
8	2B.14	10,138	0,010	1013750,000
9	3B.14	10,081	0,010	1008125,000
10	4B.14	10,131	0,010	1013125,000
11	5B.14	10,200	0,010	1020000,000
12	6B.14	10,181	0,010	1018125,000
13	1C.14	10,100	0,012	849638,584
14	2C.14	10,144	0,012	850650,875
15	3C.14	10,100	0,012	848739,496
16	4C.14	10,100	0,012	848739,496
17	5C.14	10,000	0,012	847457,627
18	6C.14	10,200	0,012	850000,000

Keterangan * data tidak digunakan karena alat rusak

Tabel 5. 15 Hasil Pengujian Impedansi Listrik Beton Umur 28 Hari

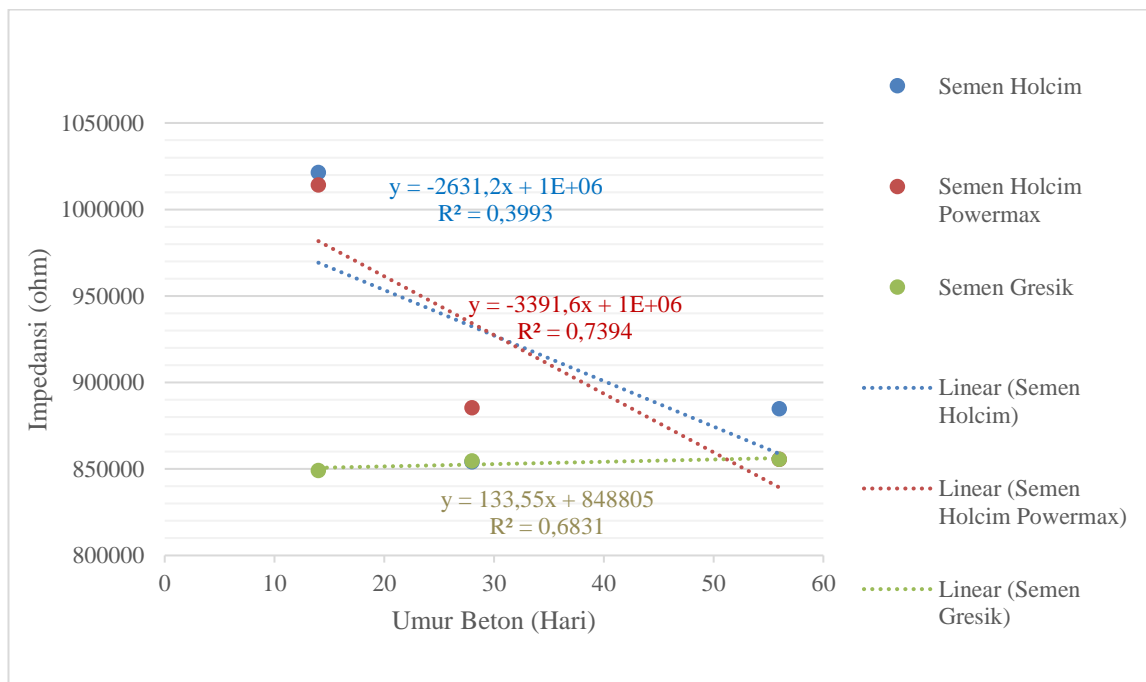
No.	Nama Sampel	Beda Potensial (volt)	Kuat Arus (ampere)	Impedansi (ohm)
1	1A.28	10,100	0,012	855932,203
2	2A.28	10,200	0,012	857142,857
3	3A.28	10,200	0,012	857142,857
4	4A.28	10,200	0,012	850000,000
5	5A.28	10,000	0,012	847457,627
6	6A.28	10,200	0,012	857142,857

7	1B.28	10,200	0,012	850000,000
8	2B.28	10,200	0,012	857142,857
9	3B.28	10,100	0,012	855932,203
10	4B.28	10,200	0,012	864406,780
11	5B.28	10,000	0,012	854700,855
12	6B.28	10,200	0,010	1030303,030
13	1C.28	10,100	0,012	848739,496
14	2C.28	10,200	0,012	857142,857
15	3C.28	10,200	0,012	850000,000
16	4C.28	10,300	0,012	858333,333
17	5C.28	10,200	0,012	857142,857
18	6C.28	10,200	0,012	857142,857

Tabel 5. 16 Hasil Pengujian Impedansi Listrik Beton Umur 56 Hari

No.	Nama Sampel	Beda Potensial (volt)	Kuat Arus (ampere)	Impedansi (ohm)
1	1A.56	10,200	0,012	857142,857
2	2A.56	10,300	0,012	858333,333
3	3A.56	10,100	0,012	855932,203
4	4A.56	10,200	0,012	850000,000
5	5A.56	10,200	0,010	1030303,030
6	6A.56	10,200	0,012	857142,857
7	1B.56	10,200	0,012	857142,857
8	2B.56	10,200	0,012	857142,857
9	3B.56	10,100	0,012	855932,203
10	4B.56	10,200	0,012	850000,000
11	5B.56	10,200	0,012	857142,857
12	6B.56	10,100	0,012	855932,203
13	1C.56	10,100	0,012	855932,203
14	2C.56	10,200	0,012	850000,000
15	3C.56	10,200	0,012	857142,857
16	4C.56	10,200	0,012	857142,857
17	5C.56	10,100	0,012	855932,203
18	6C.56	10,200	0,012	857142,857

Perbandingan impedansi listrik rata-rata dapat dilihat pada gambar 5.6 berikut ini



Gambar 5. 6 Grafik Rekapitulasi Impedansi Listrik Beton

Dari gambar di atas, dengan menggunakan 3 titik tinjauan dan analisis regresi linier, diperoleh bahwa nilai impedansi listrik pada beton yang menggunakan semen Holcim dan Holcim Powermax mengalami penurunan seiring bertambahnya umur beton, sedangkan beton yang menggunakan semen Gresik mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur beton. Selain itu, dari gambar 5.6 juga diperoleh bahwa nilai R^2 dari beton yang menggunakan semen Holcim Powermax dan Gresik berturut-turut adalah 0,7394 dan 0,6831, yang mana nilai tersebut mengindikasikan bahwa hubungan antara impedansi listrik dengan umur beton termasuk ke dalam kategori kuat, sedangkan untuk beton yang menggunakan semen Holcim, nilai R^2 yang diperoleh adalah sebesar 0,3993, hal tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara nilai impedansi listrik dengan umur beton termasuk ke dalam kategori cukup kuat. Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, isolator adalah 1000 kali voltase yang dipakai, dari hasil perhitungan diatas beton beton dikategorikan sebagai isolator.

5.3.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui beban maksimum yang mampu didukung oleh silinder beton dengan menggunakan *Compressing Test Mechine*. Kuat tekan dapat diperoleh dari perbandingan antara beban maksimum dengan luas penampang silinder beton. Perhitungan kuat tekan beton dihitung menggunakan Persamaan 3.10. Contoh peritugan kuat tekan beton dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 151,0 \text{ mm} \\
 \text{Beban maks (P)} &= 360 \text{ kN} \times 1000 \\
 &= 360000 \text{ N} \\
 \text{Luas Penampang (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 151,0^2 \\
 &= 17907,864 \text{ mm}^2 \\
 f'c &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{360000}{17907,864} \\
 &= 20,103 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya nilai kuat tekan beton dihitung tiap silinder benda uji. Selanjutnya nilai kuat tekan tiap silinder beton dari tiap variasi dirata-rata. Hasil perhitungan kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.17 sampai dengan Tabel 5.19 dan perbandingan kuat tekan rata-rata dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.

Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

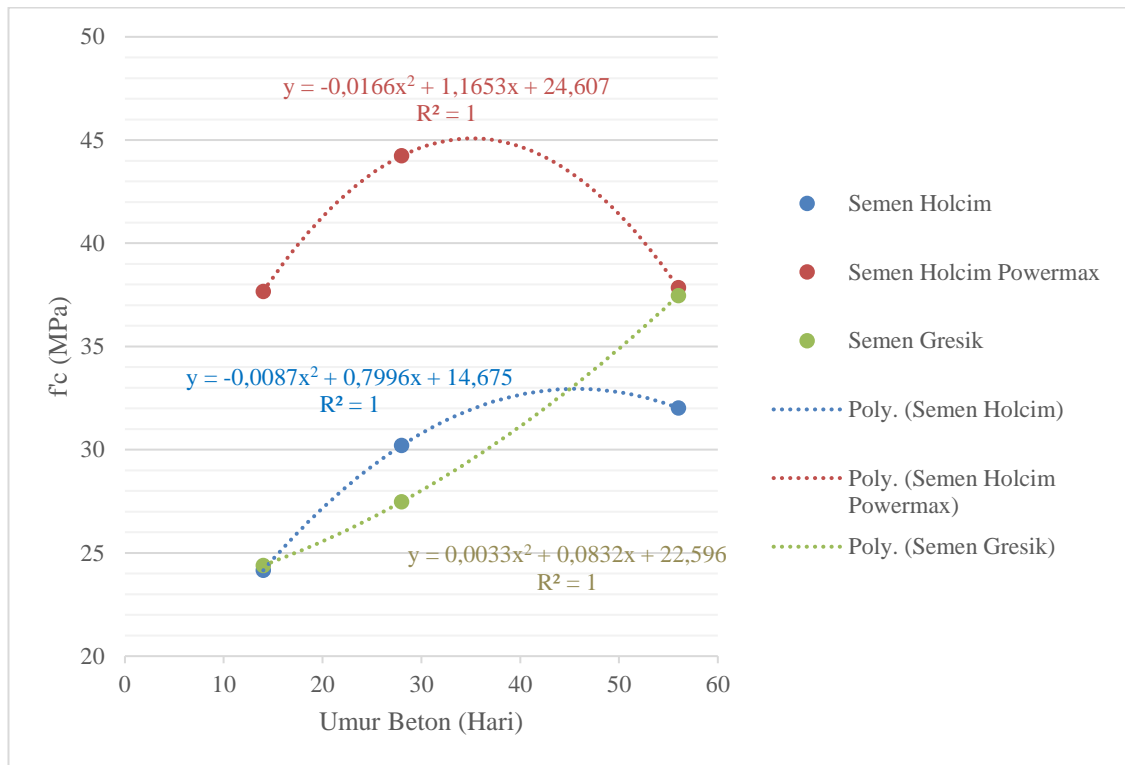
No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	f'c (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	1A.14	151,0	360	17907,864	20,103	24,154
2	6A.14	152,0	495	18145,839	27,279	
3	7A.14	150,3	445	17742,215	25,081	
4	1B.14	150,5	605	17789,465	34,009	37,671
5	2B.14	151,1	719	17931,590	40,097	
6	3B.14	152,0	706	18145,839	38,907	
7	1C.14	152,2	377	18193,623	20,722	24,399
8	2C.14	151,1	427	17931,590	23,813	
9	3C.14	151,4	516	18002,865	28,662	

Tabel 5. 18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	f _c (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	4A.28	151,3	530	17979,091	29,479	30,205
2	5A.28	151,2	616	17955,333	34,307	
3	6A.28	151,4	483	18002,865	26,829	
4	1B.28	151,4	680	18002,865	37,772	44,234
5	2B.28	151,4	890	18002,865	49,437	
6	3B.28	150,1	805	17695,028	45,493	
7	1C.28	150,3	500	17742,215	28,181	27,478
8	2C.28	150,1	470	17695,028	26,561	
9	3C.28	150,1	490	17695,028	27,691	

Tabel 5. 19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 56 Hari

No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	f _c (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	1A.56	150,1	440	17695,028	24,866	32,020
2	2A.56	150,7	625	17836,777	35,040	
3	3A.56	151,3	650	17979,091	36,153	
4	1B.56	150,7	640	17836,777	35,881	37,856
5	2B.56	151,6	830	18050,460	45,982	
6	3B.56	151,3	570	17979,091	31,703	
7	1C.56	151,4	700	18002,865	38,883	37,465
8	2C.56	151,5	680	18026,655	37,722	
9	3C.56	150,3	635	17742,215	35,790	



Gambar 5. 7 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Beton

Dari persamaan fungsi diatas dapat dianalisa menggunakan analisa regresi, perhitungan analisa regresi sebagai berikut ini

Semen Holcim

$$y(x) = -0,0087x^2 + 0,7996x + 14,675$$

$$\frac{dy}{dx} = 2(-0,0087x) + 0,7996$$

$$0 = -0,0174x + 0,7996$$

$$0,0174x = 0,7996$$

$$x = 45,954$$

$$y(x) = -0,0087x^2 + 0,7996x + 14,675$$

$$y(45,954) = -0,0087(45,954)^2 + 0,7996(45,954) + 14,675$$

$$y(45,954) = 33,047$$

Demikian seterusnya perhitungan analisa regresi pada beton dengan semen Holcim Powermax dan Gresik. Hasil perhitungan analisa regresi dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5. 20 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Kuat Tekan

Semen	x	y
Holcim	45,954	33,047
Holcim Powermax	35,099	45,058
Gresik	-12,606	22595,48

Dari Gambar 5.7 dan Tabel 5.20 di atas, apabila menggunakan 3 titik tinjauan, beton yang menggunakan semen Holcim mengalami peningkatan sampai umur 33 hari dengan $f'c$ maksimum adalah 45,954 MPa, beton yang menggunakan semen Holcim Powermax mengalami peningkatan sampai umur 45 hari dengan $f'c$ maksimum adalah 35,099 MPa, sedangkan beton yang menggunakan semen Gresik semakin bertambah umur beton membuat kuat tekan beton semakin naik. Perhitungan nilai kuat tekan rata-rata beton dengan menggunakan semen Holcim Powermax lebih besar dibandingkan nilai dengan menggunakan semen Holcim dan Gresik, dimana nilai kuat tekan rata-rata beton pada umur 14 hari dengan semen Holcim Powermax didapat $f'c = 37,671$ MPa, semen Gresik didapat $f'c = 24,399$ MPa, dan semen Holcim didapat $f'c = 24,154$ MPa, pada umur 28 hari dengan semen Holcim Powermax didapat $f'c = 44,234$ MPa, semen Holcim didapat $f'c = 30,205$ MPa, dan semen Gresik didapat $f'c = 27,478$ MPa, dan pada umur 56 hari dengan semen Holcim Powermax didapat $f'c = 37,856$ MPa, semen Gresik didapat $f'c = 37,465$ MPa, dan semen Holcim didapat $f'c = 32,020$ MPa. Persentase kenaikan kuat tekan antara semen Holcim Powermax terhadap semen Holcim sebesar 40,21%. Semua jenis semen mengalami kenaikan kuat tekan pengujian dengan kuat tekan rencana yaitu 20 MPa, karena pada perhitungan *mix design* faktor air semen didapat langsung menarik garis horizontal ke kurva umur 28 hari tanpa menggambar kurva baru.

5.3.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada benda uji dengan umur 14, 28, dan 56 hari. Pengujian kuat tarik belah beton berdasarkan SNI 2491-2014. Perhitungan kuat tarik belah dihitung menggunakan persamaan 3.11. Contoh perhitungan kuat tarik beton dapat dilihat di bawah ini.

$$\text{Diameter (D)} = 151,4 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi (L)} = 304,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban maks (P)} &= 166 \text{ kN} \times 1000 \\ &= 166000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_{cs} &= \frac{2P}{\pi DL} \\ &= \frac{2 \times 166000}{\pi \times 151,4 \times 304,5} \\ &= 2,292 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Demikian seterusnya nilai kuat tarik beton dihitung tiap silinder benda uji. Selanjutnya nilai kuat tarik tiap silinder beton dari tiap variasi dirata-rata. Hasil pengujian kuat tarik beton dapat dilihat pada Tabel 5.21 sampai dengan 5.23 dan perbandingan kuat tarik rata-rata beton dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini.

Tabel 5. 21 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Umur 14 Hari

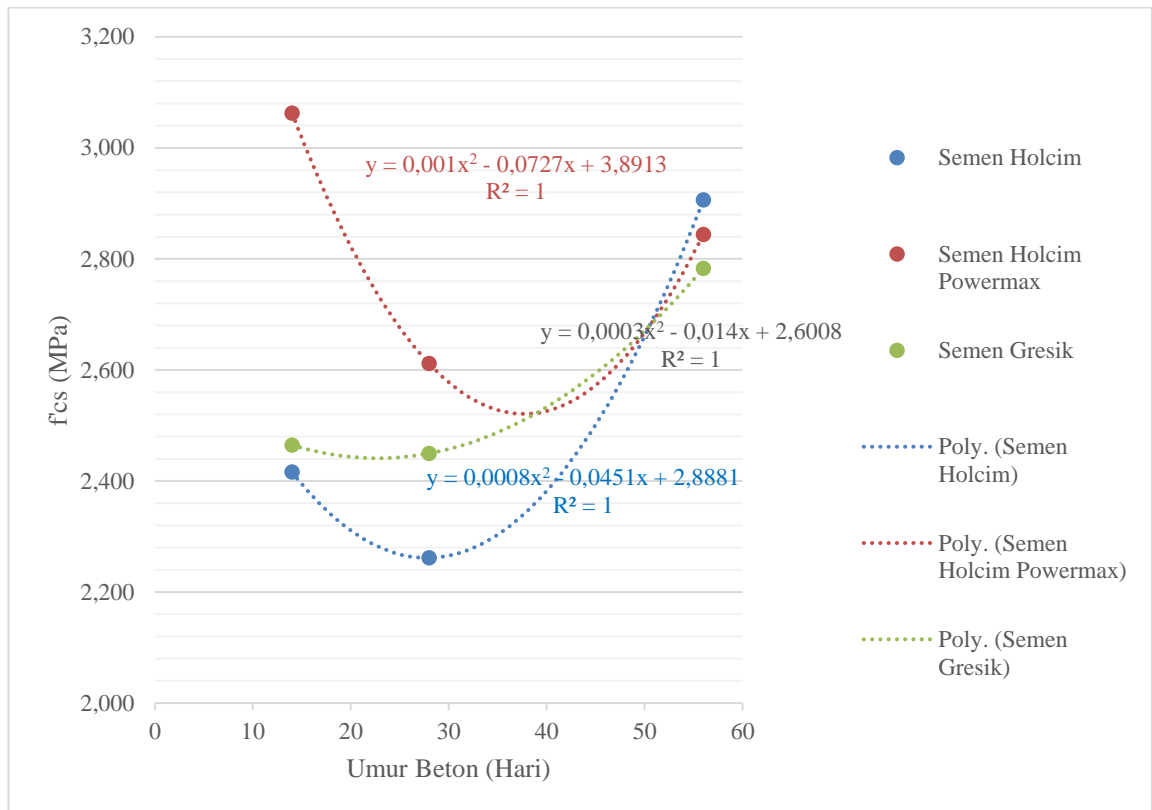
No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Selimut (mm ²)	f _{cs} (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	3A.14	151,4	304,5	166	144831,5054	2,292	2,416
2	4A.14	151,8	302,5	167	144260,3639	2,315	
3	5A.14	150,1	303,6	189	143163,5082	2,640	
4	4B.14	151,3	300,2	243	142691,9551	3,406	3,062
5	5B.14	151,4	302,7	210	143975,3586	2,917	
6	6B.14	151,0	301,8	205	143168,0321	2,864	
7	4C.14	151,6	302,7	150	144165,5506	2,081	2,465
8	5C.14	152,2	300,7	197	143779,8258	2,740	
9	6C.14	151,1	301,3	184	143025,498	2,573	

Tabel 5. 22 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Umur 28 Hari

No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Selimut (mm ²)	f _{cs} (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	1A.28	151,6	304,1	144	144832,3222	1,989	2,262
2	2A.28	150,2	303,3	169	143117,3268	2,362	
3	3A.28	151,6	305,3	177	145403,8408	2,435	
4	4B.28	151,4	302,4	227	143832,6674	3,156	2,611
5	5B.28	151,0	306,1	148	145207,8682	2,038	
6	6B.28	151,4	301,1	189	143214,3392	2,639	
7	4C.28	151,0	304,1	150	144259,1072	2,080	2,450
8	5C.28	151,5	302,2	198	143832,4789	2,753	
9	6C.28	153,2	302,2	183	145446,4407	2,516	

Tabel 5. 23 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Umur 56 Hari

No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Selimut (mm ²)	f _{cs} (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	4A.56	151,1	302,0	220	143357,784	3,069	2,906
2	5A.56	150,5	300,8	258	142221,156	3,628	
3	6A.56	151,2	302,1	145	143500,161	2,021	
4	4B.56	150,4	306,7	241	144914,381	3,326	2,844
5	5B.56	151,6	304,6	150	145070,455	2,068	
6	6B.56	151,1	304,7	227	144639,460	3,139	
7	4C.56	151,2	301,9	190	143405,160	2,650	2,783
8	5C.56	150,4	303,4	198	143355,145	2,762	
9	6C.56	150,7	302,1	210	143025,624	2,937	



Gambar 5. 8 Perbandingan Kuat Tarik Beton

Dari persamaan fungsi diatas dapat dianalisa menggunakan analisa regresi, perhitungan analisa regresi sebagai berikut ini

Semen Holcim

$$y(x) = 0,0008x^2 - 0,0451x + 2,8881$$

$$\frac{dy}{dx} = 2(-0,0008x) - 0,0451$$

$$0 = -0,0016x - 0,0451$$

$$0,0016x = 0,0451$$

$$x = 28,188$$

$$y(x) = 0,0008x^2 + 0,0451x + 2,8881$$

$$y(28,188) = 0,0008(28,188)^2 - 0,0451(28,188) + 2,8881$$

$$y(28,188) = 2,252$$

Demikian seterusnya perhitungan analisa regresi pada beton dengan semen Holcim Powermax dan Gresik. Hasil perhitungan analisa regresi dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut ini.

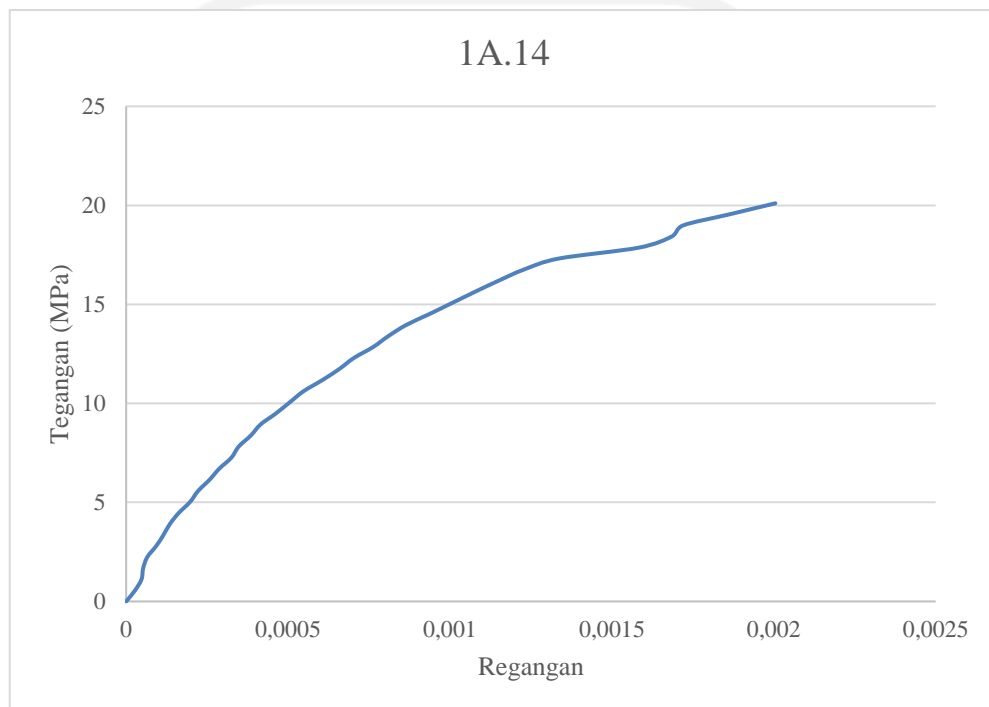
Tabel 5. 24 Hasil Perhitungan Analisa Regresi Kuat Tarik Belah

Semen	x	y
Holcim	28,188	2,252
Holcim Powermax	36,350	2,570
Gresik	23,333	2,437

Dari Gambar 5.8 dan Tabel 5.24 apabila menggunakan 3 titik, beton yang menggunakan semen Holcim mengalami penurunan kuat tarik belah sampai umur 28 hari dengan f'_{cs} minimum adalah 2,252 MPa dan kemudian mengalami kenaikan, beton yang menggunakan semen Holcim Powermax mengalami penurunan kuat tarik belah sampai umur 36 hari dengan f'_{cs} minimum adalah 2,570 MPa dan kemudian mengalami kenaikan, dan beton yang menggunakan semen Gresik mengalami penurunan kuat tarik belah sampai umur 23 hari dengan f'_{cs} minimum adalah 2,437 MPa dan kemudian mengalami kenaikan. Perhitungan nilai kuat tarik belah rata-rata beton dengan menggunakan semen Holcim Powermax lebih besar dibandingkan nilai dengan menggunakan semen Holcim dan Gresik, dimana nilai kuat tarik belah rata-rata beton pada umur 14 hari dengan semen Holcim Powermax didapat $f'_{cs} = 3,062$ MPa, semen Gresik didapat $f'_{cs} = 2,465$ MPa, dan semen Holcim didapat $f'_{cs} = 2,416$ MPa, pada umur 28 hari dengan semen Holcim Powermax didapat $f'_{cs} = 2,611$ MPa, semen Holcim didapat $f'_{cs} = 2,262$ MPa, dan semen Gresik didapat $f'_{cs} = 2,450$ MPa, dan pada umur 56 hari dengan semen Holcim Powermax didapat $f'_{cs} = 2,844$ MPa, semen Gresik didapat $f'_{cs} = 2,783$ MPa, dan semen Holcim didapat $f'_{cs} = 2,906$ MPa. Nilai kuat tarik dan kuat tekan beton tidak berbanding lurus, dimana kuat tarik belah memiliki perbandingan 9%-15% dari kuat tekannya (Istimawan Dipohusodo,1996). Hasil perhitungan perbandingan kuat tarik dan kuat tarik belah rata-rata memiliki nilai lebih kecil dari 9%-15%, sehingga kuat tarik beton tidak berbanding lurus dengan kuat tekannya.

5.3.4 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan pada benda uji yang juga dilakukan pengujian kuat tekan beton. Pengujian modulus elastisitas yang digunakan sebanyak 27 sampel. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai elastisitas beton dan regangan maksimal yang terjadi pada beton. Perhitungan modulus elastisitas beton dihitung menggunakan persamaan 3. Contoh perhitungan modulus elastisitas dapat dilihat sebagai berikut dengan melihat Gambar 5.9 berikut



Gambar 5. 9 Grafik Regangan Tegangan Silinder 1A.14

Nilai S_1 dihitung dengan interpolasi pada nilai bawah (ϵ_a , σ_a) dan nilai atas (ϵ_b , σ_b) dari nilai $\epsilon_1 = 0,00005$. Berikut ini adalah perhitungan interpolasi untuk mendapat nilai S_1 .

Diketahui :

$$\epsilon_1 = 0,00005$$

$$\epsilon_a = 0,0000475$$

$$\sigma_a = 1,117 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_b = 0,0000525$$

$$\sigma_b = 1,675 \text{ MPa}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 S1 &= \sigma_a + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_a}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} \times (\sigma_b - \sigma_a) \\
 &= 1,117 + \frac{0,00005 - 0,0000475}{0,0000525 - 0,0000475} \times (1,675 - 1,117) \\
 &= 1,396 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya interpolasi untuk mendapatkan nilai ε_2 dengan tegangan maksimum sebesar 20,103 MPa.

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\max} &= 20,103 \text{ MPa} \\
 \varepsilon_a &= 0,0003475 \\
 \sigma_a &= 7,818 \text{ MPa} \\
 \varepsilon_b &= 0,000385 \\
 \sigma_b &= 8,276 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 S2 &= 40\% \times \sigma_{\max} \\
 &= 40\% \times 20,103 \\
 &= 8,041 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

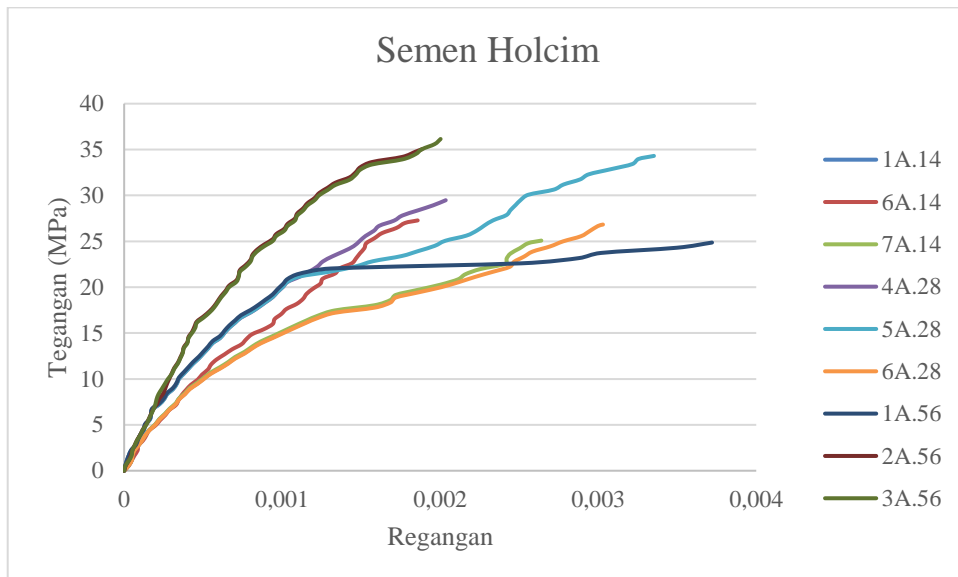
$$\begin{aligned}
 \varepsilon_2 &= \varepsilon_a + \frac{S_2 - \sigma_a}{\sigma_b - \sigma_a} \times (\varepsilon_b - \varepsilon_a) \\
 &= 0,0003475 + \frac{8,041 - 7,818}{8,276 - 7,818} \times (0,000385 - 0,0003475) \\
 &= 0,0003625
 \end{aligned}$$

Maka modulus elastisitas benda uji 1A.14 adalah :

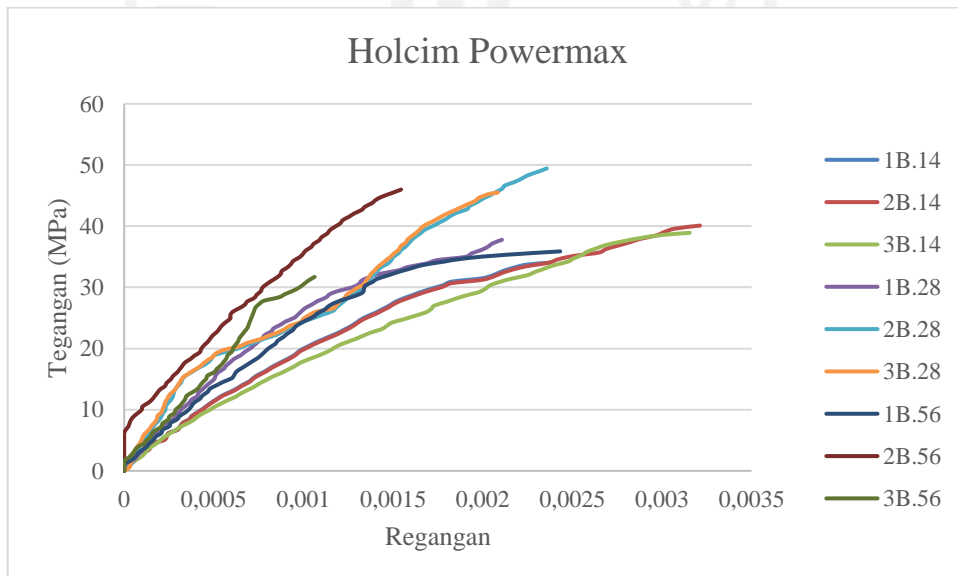
$$\begin{aligned}
 \text{Modulus elastisitas (Ec)} &= \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005} \\
 &= \frac{8,041 - 1,396}{0,0003625 - 0,00005} \\
 &= 21264,402 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya modulus elastisitas dihitung tiap variasi. Grafik tegangan regangan semen Holcim dapat dilihat pada Gambar 5.10, semen Holcim Powermax

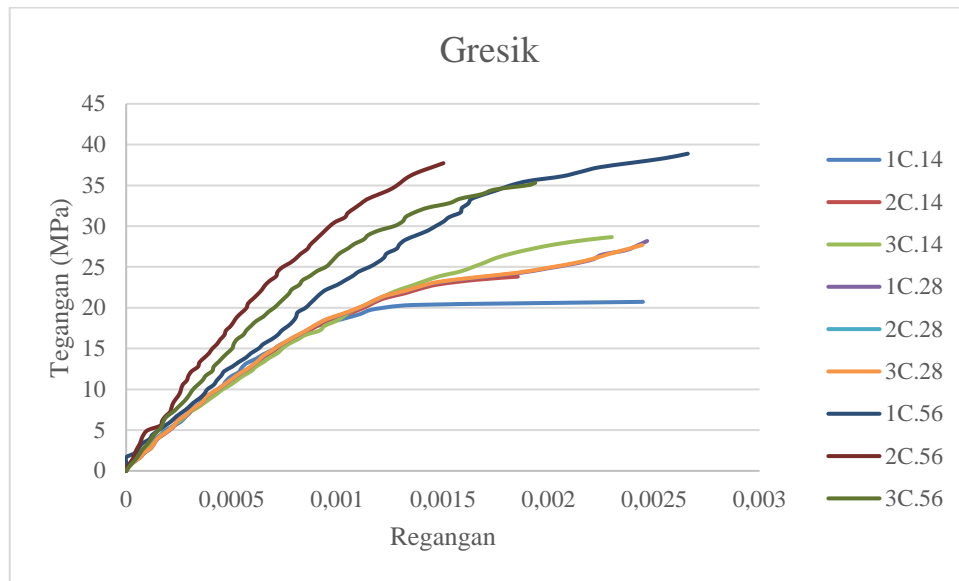
dapat dilihat pada Gambar 5.11, dan semen Gresik dapat dilihat pada Gambar 5.12. Hasil pengujian modulus elastisitas beton dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan perbandingan modulus elastisitas rata-rata beton dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut ini.



Gambar 5. 10 Grafik Regangan Tegangan Semen Holcim



Gambar 5. 11 Grafik Regangan Tegangan Semen Holcim Powermax

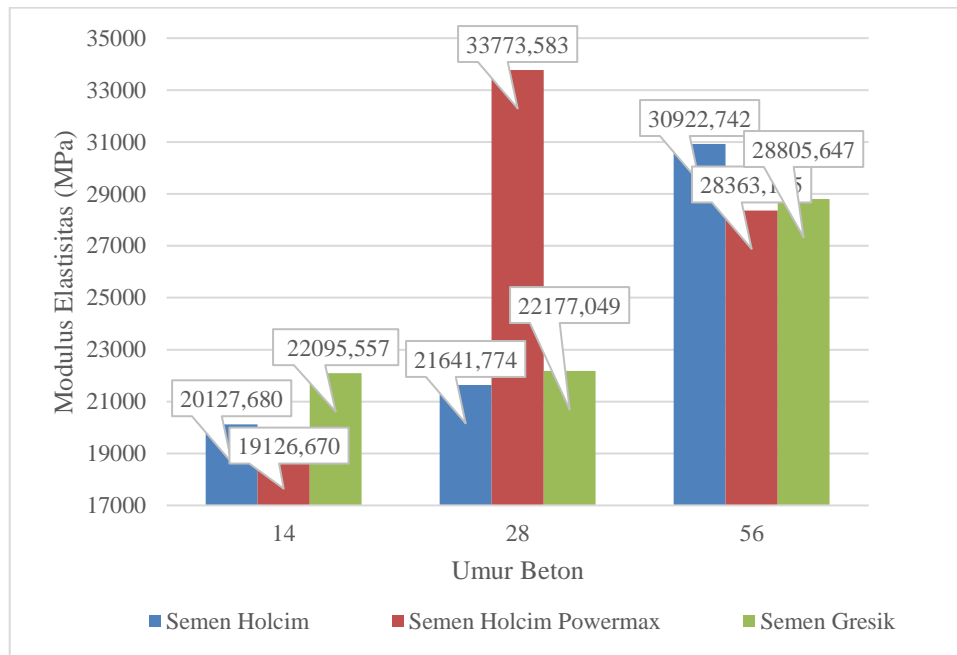


Gambar 5. 12 Grafik Regangan Tegangan Semen Gresik

Tabel 5. 25 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

No.	Nama sampel	Jenis Semen	Umur Beton (Hari)	σ_1 (MPa)	σ_2 (MPa)	ϵ_1	ϵ_2	Modulus Elastisitas (MPa)	Rata-Rata Modulus Elastisitas (MPa)
1	1A.14	Holcim	14	1,396	8,041	0,00005	0,00036	21264,402	20127,680
2	6A.14			1,181	10,912	0,00005	0,00052	20594,040	
3	7A.14			1,761	10,033	0,00005	0,00050	18524,599	
4	1B.14	Holcim Powermax		1,874	13,604	0,00005	0,00064	20016,705	19126,670
5	2B.14			1,859	16,039	0,00005	0,00078	19464,402	
6	3B.14			1,408	15,563	0,00005	0,00084	17898,905	
7	1C.14	Gresik		1,771	8,289	0,00005	0,00035	21819,706	22095,557
8	2C.14			1,185	9,525	0,00005	0,00039	24265,435	
9	3C.14			1,481	11,465	0,00005	0,00054	20201,530	
10	4A.28	Holcim	28	2,318	11,791	0,00005	0,00044	24015,128	21641,774
11	5A.28			2,321	13,723	0,00005	0,00055	22800,178	
12	6A.28			1,389	10,732	0,00005	0,00057	18110,016	
13	1B.28	Holcim Powermax		1,587	15,109	0,00005	0,00050	29783,386	33773,583
14	2B.28			2,222	19,330	0,00005	0,00055	34354,192	
15	3B.28			2,542	18,197	0,00005	0,00047	37183,170	
16	1C.28	Gresik		1,362	11,273	0,00005	0,00050	21901,547	22177,049
17	2C.28			1,366	10,624	0,00005	0,00046	22584,594	
18	3C.28			1,366	11,077	0,00005	0,00049	22045,007	
19	1C.56	Holcim	56	2,355	9,946	0,00005	0,00037	23723,707	30922,742
20	2C.56			2,102	14,016	0,00005	0,00040	34038,821	
21	3C.56			1,947	14,461	0,00005	0,00041	35005,697	

22	1B.56	Holcim Powermax	1,993	14,352	0,00005	0,00054	25222,416	28363,115
23	2B.56		8,772	18,393	0,00005	0,00037	29649,234	
24	3B.56		2,966	12,681	0,00005	0,00037	30217,694	
25	1C.56	Gresik	2,407	15,553	0,00005	0,00065	21910,093	28805,647
26	2C.56		2,635	15,089	0,00005	0,00041	34402,708	
27	3C.56		1,589	14,128	0,00005	0,00047	30104,139	



Gambar 5. 13 Perbandingan Modulus Elastisitas Beton

Hasil pengujian modulus elastisitas pada umur 14 dan 56 hari semen Holcim Powermax memiliki hasil yang lebih kecil dari semen Holcim dan semen Gresik, sedangkan pada umur 28 hari modulus elastisitas semen Holcim Powermax lebih tinggi daripada Semen holcim dan semen Gresik. Modulus elastisitas rata-rata pada umur beton 14 hari semen Holcim Powermax didapat 19126,670 MPa, semen Holcim didapat 20127,680 MPa, dan semen Gresik didapat 22095,557 MPa, pada umur beton 28 hari semen Holcim Powermax didapat 33773,583 MPa, semen Holcim didapat 21641,774 MPa, dan semen Gresik didapat 22177,049 MPa, dan pada umur beton 56 hari semen Holcim Powermax didapat 28363,115 MPa, semen Gresik didapat 28805647 MPa, dan semen Holcim didapat 30922,742 MPa.

Perbandingan nilai modulus elastisitas pengujian dan nilai modulus elastisitas teori yaitu $4700 \sqrt{f'c}$ dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

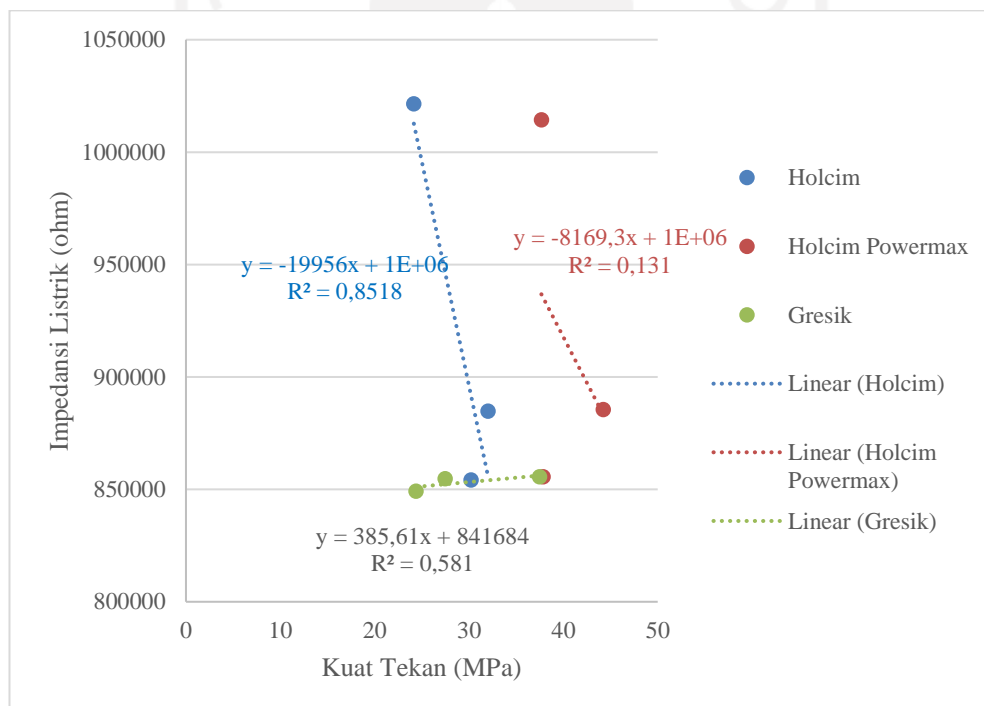
Tabel 5. 26 Perbandingan Modulus Elastisitas Teori dan Modulus Elastisitas Pengujian

No.	Nama sampel	Jenis Semen	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Elastisitas Teori (MPa)	Modulus Elastisitas Pengujian (MPa)	Rata-rata Modulus Elastisitas Teori (MPa)	Rata-rata Modulus Elastisitas Pengujian (MPa)
1	1A.14	Holcim	20,103	21073,041	21264,402	23053,014	20127,680
2	6A.14		27,279	24547,763	20594,040		
3	7A.14		25,081	23538,238	18524,599		
4	1B.14	Holcim Powermax	34,009	27409,058	20016,705	28828,966	19126,670
5	2B.14		40,097	29761,369	19464,402		
6	3B.14		38,907	29316,470	17898,905		
7	1C.14	Gresik	20,722	21394,835	21819,706	23164,139	22095,557
8	2C.14		23,813	22935,193	24265,435		
9	3C.14		28,662	25162,390	20201,530		
10	4A.28	Holcim	29,479	25518,311	24015,128	25797,288	21641,774
11	5A.28		34,307	27529,066	22800,178		
12	6A.28		26,829	24344,486	18110,016		
13	1B.28	Holcim Powermax	37,772	28885,607	29783,386	31210,881	33773,583
14	2B.28		49,437	33046,239	34354,192		
15	3B.28		45,493	31700,796	37183,170		
16	1C.28	Gresik	28,181	24950,482	21901,547	24635,244	22177,049
17	2C.28		26,561	24222,622	22584,594		
18	3C.28		27,691	24732,628	22045,007		
19	1C.56	Holcim	24,866	23436,813	23723,707	26506,054	30922,742
20	2C.56		35,040	27821,444	34038,821		
21	3C.56		36,153	28259,903	35005,697		
22	1B.56	Holcim Powermax	35,881	28153,322	25222,416	28829,286	28363,115
23	2B.56		45,982	31870,785	29649,234		
24	3B.56		31,703	26463,752	30217,694		
25	1C.56	Gresik	38,883	29307,430	21910,093	28763,912	28805,647
26	2C.56		37,722	28866,541	34402,708		
27	3C.56		35,790	28117,765	30104,139		

Rata-rata modulus teori lebih besar dari pada nilai modulus elastisitas pengujian. Modulus elastisitas teori beton dengan semen Powermax lebih tinggi daripada beton dengan semen Holcim dan semen Gresik. Hal ini mengindikasikan beton yang menggunakan semen Powermax mempunyai kekakuan lebih tinggi dari beton normal biasa.

5.3.5 Hubungan Antara Impedansi Listrik pada Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

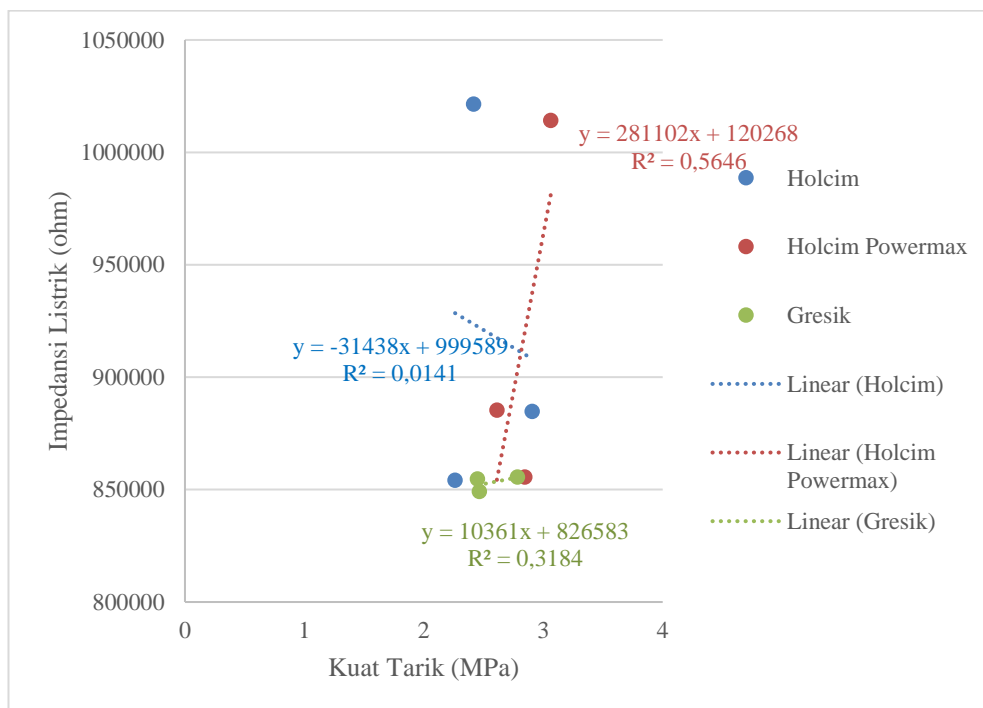
Hubungan antara impedansi listrik pada kuat tekan dan kuat tarik belah dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 berikut ini.



Gambar 5. 14 Hubungan antara Impedansi Listrik dengan Kuat Tekan

Dari Gambar 5.14, dengan menggunakan 3 titik tinjauan dan analisis regresi linier, diperoleh bahwa nilai impedansi listrik pada beton yang menggunakan semen Holcim dan Holcim Powermax mengalami penurunan seiring bertambahnya umur beton, sedangkan beton yang menggunakan semen Gresik mengalami peningkatan

seiring bertambahnya umur beton. Selain itu, dari gambar 5.14 juga diperoleh bahwa nilai R^2 dari beton yang menggunakan semen Holcim dikategorikan sangat kuat dengan nilai $R^2 = 0,8518$, semen Holcim Powermax dikategorikan sangat lemah dengan nilai $R^2 = 0,131$, dan semen Gresik dikategorikan cukup kuat dengan nilai $R^2 = 0,581$.



Gambar 5. 15 Hubungan antara Impedansi Listrik dengan Kuat Tarik Belah

Dari Gambar 5.15, dengan menggunakan 3 titik tinjauan dan analisis regresi linier, diperoleh bahwa nilai impedansi listrik pada beton yang menggunakan semen Holcim Powermax dan Gresik mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur beton, sedangkan beton yang menggunakan semen Holcim mengalami penurunan seiring bertambahnya umur beton. Selain itu, dari gambar 5.15 juga diperoleh bahwa nilai R^2 dari beton yang menggunakan semen Holcim dikategorikan sangat lemah dengan nilai $R^2 = 0,014$, semen Holcim Powermax dikategorikan cukup kuat dengan nilai $R^2 = 0,5646$, dan semen Gresik dikategorikan lemah dengan nilai $R^2 = 0,3189$.

5.3.6 Pembahasan Secara Keseluruhan

Berdasarkan dari Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa pada terjadi penurunan kuat tekan beton menggunakan semen Powermax pada umur 56 hari. Jika dibandingkan dengan hasil UPV seperti pada Tabel 5.27 di bawah ini.

Tabel 5. 27 Hasil Pengujian UPV

No	Umur (hari)	Jenis Semen	Kuat Tekan (Mpa)	UPV (m/s)
1	14	Holcim	24,154	4445,667
2		Holcim Powermax	37,671	4347,333
3		Gresik	24,399	4474,000
4	28	Holcim	30,205	4406,000
5		Holcim Powermax	44,234	4355,667
6		Gresik	27,478	4417,333
7	56	Holcim	32,020	4637,667
8		Holcim Powermax	37,856	4607,333
9		Gresik	37,465	4651,333

Dari Tabel 5.27 tersebut nilai UPV beton dengan semen Holcim Powermax pada umur 56 hari lebih besar dari pada dengan beton dengan semen Holcim Powermax pada umur 28 hari. Hal ini menunjukkan beton dengan semen Holcim Powermax umur 56 hari lebih padat dari pada umur 28 hari, tetapi kuat tekan beton mengalami penurunan.

Semen PCC adalah semen hidrolis yang merupakan hasil pencampuran antara bubuk semen *Portland* dengan bubuk bahan anorganik lain seperti terak tarur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silikat dan batu kapur (BSN, 2004). Sedangkan semen PPC adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *Portland* dengan bubuk pozzolan. Bubuk pozzolan adalah bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina, yang mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi kimia dengan kalsium hidroksida membentuk senyawa yang mempunyai

sifat seperti semen (BSN, 2004). Sumber bahan pozzolan yang dapat digunakan pada semen PPC adalah abu terbang (*fly ash*) (Tjokrodimulyo,2007).

Berdasarkan definisi-definisi tersebut, secara umum perbedaan antara semen PCC dan semen PPC adalah terak tanur tinggi dan abu terbang. Perbedaan antara terak tanur tinggi dan abu terbang adalah pada kandungan kalsium oksida (CaO). Terak tanur tinggi mempunyai unsur dominan berupa oksida silika (SiO₂) (37-45%) dan kalsium oksida (CaO) (24-38%), serta sedikit aluminat (Al₂O₃) (4,5-5,5%) (Syarif, 2010), sedangkan abu terbang unsur yang dominan adalah (SiO₂) dan (Al₂O₃) saja (Tjokrodimulyo,2007). Adanya kandungan CaO ini menjelaskan mengapa kuat tekan beton semen PCC lebih tinggi daripada semen PPC karena unsur dominan dalam pembentukan kekuatan beton memiliki reaksi kimia sebagai berikut (Tjokrodimulyo,2007):



Unsur 3CaO.SiO₂ dan 2CaO.SiO₂ inilah yang dominan membentuk kekuatan beton, sehingga beton dengan semen PCC yang memiliki CaO dan SiO₂ dari terak tanur tinggi otomatis akan memiliki kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton semen PPC.

Unsur 3CaO.SiO₂ pada semen akan menghasilkan pengerasan beton yang cepat, kuat tekan dan panas hidrasi yang tinggi. Sebaliknya unsur 2CaO.SiO₂ menghasilkan pengerasan beton yang lebih lambat, kuat tekan dan panas hidrasi yang lebih rendah (Tjokrodimulyo, 2007).

Berdasarkan hal ini dapat disimpulkan bahwa semen PCC Powermax memiliki kandungan 3CaO.SiO₂ yang lebih dominan daripada 2CaO.SiO₂ karena nilai kuat tekan tinggi dan panas hidrasi yang tinggi. Ini dibuktikan saat pelaksanaan penelitian ini, air yang digunakan dalam campuran beton Powermax lebih cepat menguap. Sebaliknya pada semen Holcim dan Gresik, kandungan 2CaO.SiO₂ lebih dominan daripada 3CaO.SiO₂. Unsur 3Ca(OH)₂ inilah menjadi filler yang menyelimuti agregat yang dapat menghalangi ikatan semen. Filler inilah yang membuat beton lebih padat tetapi kekuatan beton menurun.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Apabila menggunakan 3 titik tinjauan, kuat tekan beton yang menggunakan semen Holcim dan Holcim Powermax seiring bertambahnya hari mengalami peningkatan sampai titik maksimum yaitu 45,954 MPa dan 35,099 MPa dan kemudian mengalami penurunan, sedangkan beton yang menggunakan semen Gresik semakin bertambah umur beton membuat kuat tekan beton semakin naik. Kuat tarik belah beton yang menggunakan semen Holcim, Holcim Powermax dan Gresik seiring bertambahnya hari mengalami penurunan sampai titik minimum yaitu 2,252 MPa, 2,570 MPa, dan 2,437 MPa dan kemudian mengalami kenaikan.
2. Nilai modulus elastisitas pada beton dengan semen Holcim Powermax memiliki nilai yang lebih kecil daripada beton dengan semen Holcim dan semen Gresik. Nilai modulus elastisitas teori pada beton dengan semen Holcim Powermax memiliki nilai lebih besar daripada beton dengan semen Holcim dan semen Gresik.
3. Apabila menggunakan 3 titik tinjauan, nilai impedansi listrik pada beton yang menggunakan semen Holcim dan Holcim Powermax mengalami penurunan seiring bertambahnya hari, sedangkan semen Gresik mengalami peningkatan seiring bertambahnya hari.
4. Apabila menggunakan 3 titik tinjauan hubungan antara impedansi listrik dengan kuat tekan beton yang menggunakan semen Holcim dikategorikan sangat kuat, semen Holcim Powermax dikategorikan sangat lemah, dan semen Gresik dikategorikan cukup kuat. Hubungan antara impedansi listrik

dengan kuat tarik belah beton yang menggunakan semen Holcim dikategorikan sangat lemah, semen Holcim Powermax dikategorikan cukup kuat, dan semen Gresik dikategorikan lemah.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, untuk mendapatkan hasil yang lebih baik diperlukan beberapa saran. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

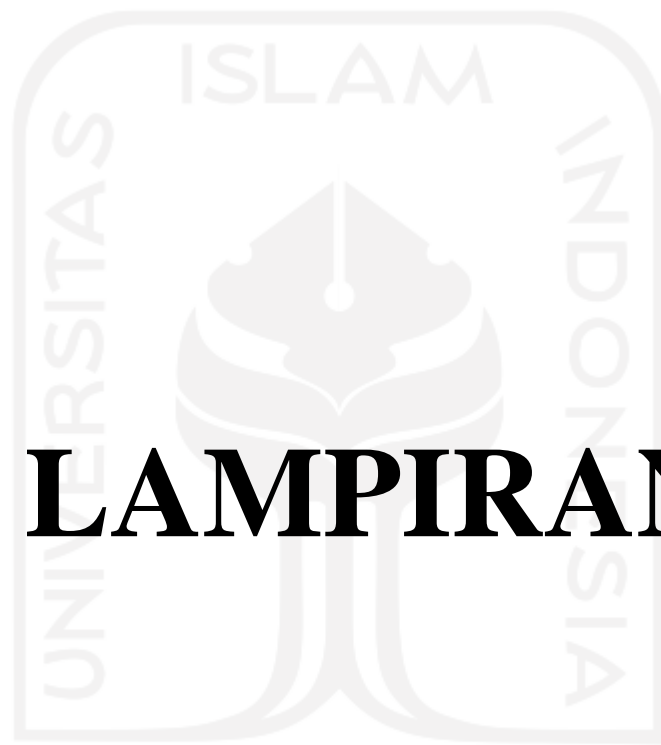
1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik sebaiknya menggunakan alat pengujian yang sama.
2. Dapat ditambah jumlah sampel pengujian beton dan menambah variasi umur beton 7 hari.
3. Kiranya dapat dilakukan penelitian lebih lanjut beton dengan semen Powermax dengan variasi kuat tekan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adistiani, Putri. 2017. Pengaruh *Merk* Semen terhadap Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air Tawar. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Arifianto, Rakhmat Nurfathoni. 2015. *Pengujian Kuat Tekan Beton pada Umur 3, 7, 14, 21 dan 28 Hari pada Berbagai Mutu Beton untuk Mendapatkan Angka Konversi Umur*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. SNI 04-0225-2000. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2002. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. *Semen Portland*. SNI 15-2049-2004. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *Cara Uji Slump Beton*. SNI 1972:2008. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *Cara Uji Kuat tekan beton Dengan Benda Uji Silinder*. SNI 1974-2011. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847-2013. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2014. *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. SNI 2491:2014. Jakarta.
- Dirjen Perhubungan Darat. 2002. Keputusan Dirjen Perhubungan Darat Nomor : SK.516/KA.604/DRJD/2002 tentang *Petunjuk Teknis Penggunaan Bantalan Beton Monoblok dengan Proses Pretension dan AREMA Part 4*.
- SII.0052 Dalam Buku Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

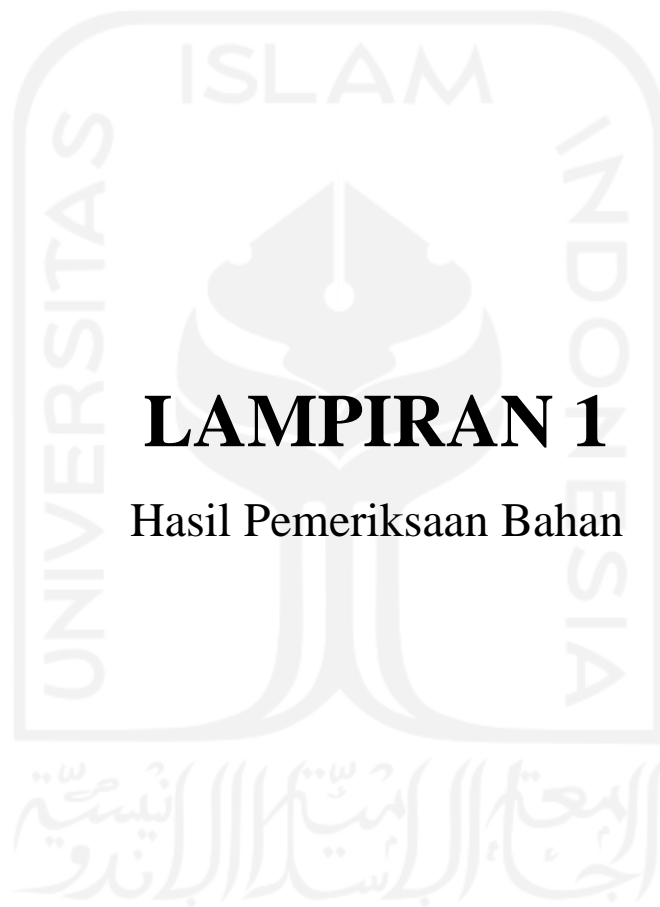
- Wagianto, dkk. 2014. *Studi Eksperimen Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Normal dengan Semen Jenis PCC yang Berbeda Merk*. Jurnal. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Wahyudi, Dian. 2016. *Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Dua Jenis Semen dan Variasinya*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.





LAMPIRAN





LAMPIRAN 1

Hasil Pemeriksaan Bahan



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS
 (SNI 03-1968-1990)**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0			
20	0			
10	0	0,00	0,00	100,00
4,8	5,4	0,27	0,27	99,73
2,4	199,6	9,98	10,25	89,75
1,2	412,7	20,64	30,89	69,11
0,6	489,1	24,46	55,35	44,65
0,3	381,8	19,09	74,45	25,55
0,15	338,8	16,94	91,39	8,61
Sisa	172,1	8,61		
Jumlah	1999,5	100,00	262,61	

Modulus Halus Butir 2,63

GRADASI PASIR				
Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

Daerah I Pasir Kasar
 Daerah II Pasir Agak Kasar
 Daerah III Pasir Agak Halus
 Daerah IV Pasir Halus



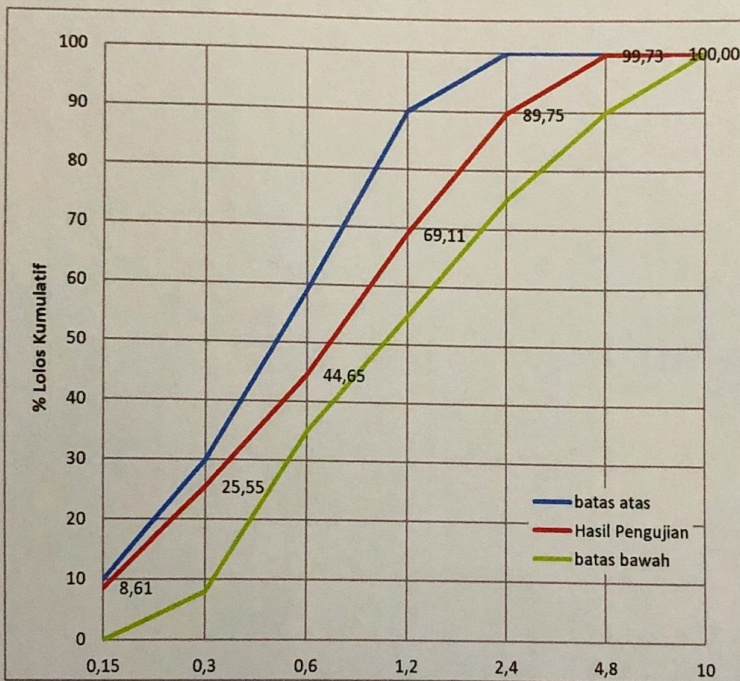
MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS (SNI 03-1968-1990)

Hasil Analisis Saringan :

Pasir Masuk Daerah = II

Jenis Pasir = Pasir Agak Kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

EMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS
(SNI 03-1968-1990)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	477	479	478
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1038	1041	1039,5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	737	741	739
Berat jenis curah ($Bk/(B + 500 - Bt)$)	2,397	2,395	2,396
Berat jenis kering muka ($500/(B + 500 - Bt)$)	2,513	2,500	2,506
Berat jenis semu, $Bk/(B + Bk - Bt)$	2,710	2,676	2,693
Penyerapan air, $(500 - Bk)/Bk \times 100\%$	4,82%	4,38%	4,60%

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14.4 Telpn (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO 200
(Agregat Halus)**

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Agregat Kering Oven, gram (W1)	500
Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci, gram (W2)	487
Berat Agregat yang lolos saringan no 200, Gram	13
Persentase Lolos Ayakan no 200	2,60%

Keterangan : Kondisi Agregat Halus sudah dicuci

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpn (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR
 (SNI 03-1968-1990)**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0,00	0,00	100,00
20	189	3,78	3,78	96,22
10	3489	69,81	73,60	26,40
4,8	1107	22,15	95,75	4,25
2,4	0	0,00	95,75	0,00
1,2	0	0,00	95,75	0,00
0,6	0	0,00	95,75	
0,3	0	0,00	95,75	
0,15	0	0,00	95,75	
Pan	212,5	4,25		
Jumlah	4997,5	100,00	651,87	

Modulus Halus Butir = 6,52

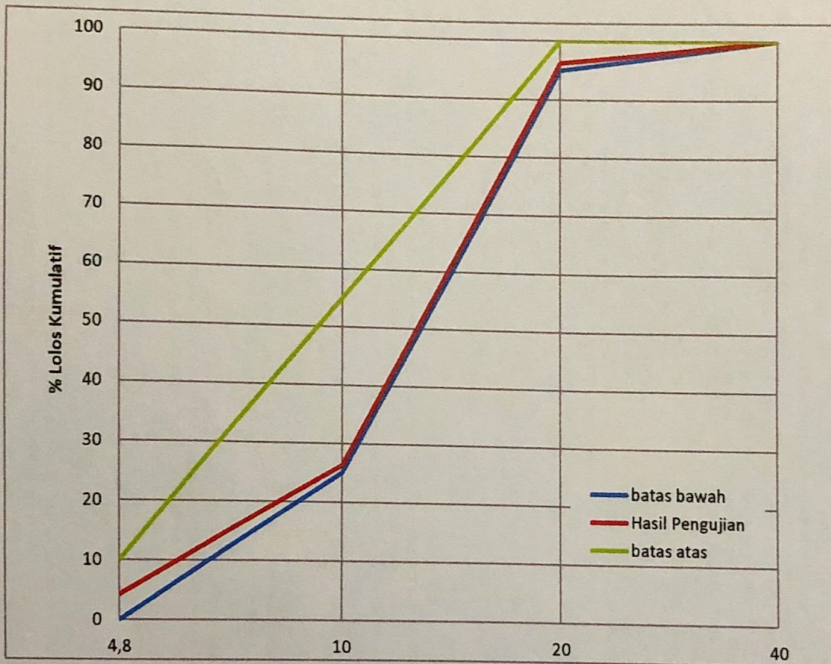
GRADASI KRIKIL			
Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum		
	40 mm	20 mm	10 mm
40	95-100	100	-
20	30-70	95-100	100
10	10-35	25-55	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpn (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)**

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpn (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR
(SNI 03-1969-1990)**

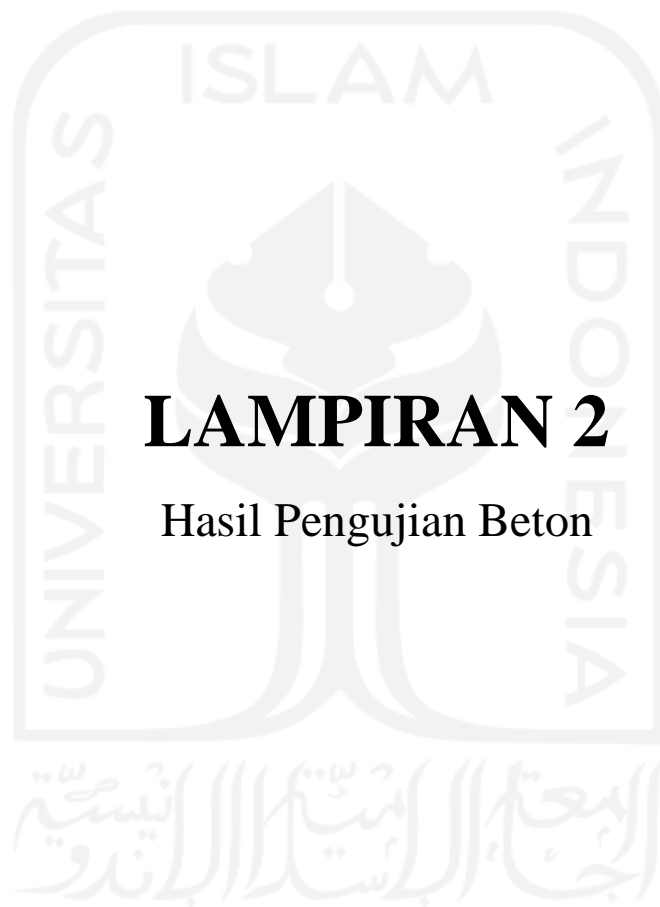
Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4887	4898	4892,5
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3100	3090	3095
Berat jenis curah, (Bk/Bj- Ba)	2,572	2,564	2,568
Berat jenis jenuh kering muka, (Bj/Bj- Ba)	2,632	2,618	2,625
Berat jenis semu, (Bk/Bk- Ba)	2,735	2,709	2,722
Penyerapan air, (Bj - Bk)/Bk x 100%	2,31%	2,08%	2,20%

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LAMPIRAN 2

Hasil Pengujian Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI IMPEDANSI LISTRIK UMUR 14 HARI

No.	Nama Sampel	Beda Potensial (volt)	Kuat Arus (ampere)	Impedansi (ohm)
1	1A.14	10,406	0,010	1040625,000
2	3A.14	20,044	0,020	1002187,500
3	4A.14	60,100	0,010	6010000,000
4	5A.14	50,313	0,010	5031250,000
5	6A.14	40,156	0,010	4015625,000
6	7A.14	79,875	0,010	7987500,000
7	1B.14	10,125	0,010	1012500,000
8	2B.14	10,138	0,010	1013750,000
9	3B.14	10,081	0,010	1008125,000
10	4B.14	10,131	0,010	1013125,000
11	5B.14	10,200	0,010	1020000,000
12	6B.14	10,181	0,010	1018125,000
13	1C.14	10,100	0,012	849638,584
14	2C.14	10,144	0,012	850650,875
15	3C.14	10,100	0,012	848739,496
16	4C.14	10,100	0,012	848739,496
17	5C.14	10,000	0,012	847457,627
18	6C.14	10,200	0,012	850000,000

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI IMPEDANSI LISTRIK UMUR 28 HARI

No.	Nama Sampel	Beda Potensial (volt)	Kuat Arus (ampere)	Impedansi (ohm)
1	1A.28	10,100	0,012	855932,203
2	2A.28	10,200	0,012	857142,857
3	3A.28	10,200	0,012	857142,857
4	4A.28	10,200	0,012	850000,000
5	5A.28	10,000	0,012	847457,627
6	6A.28	10,200	0,012	857142,857
7	1B.28	10,200	0,012	850000,000
8	2B.28	10,200	0,012	857142,857
9	3B.28	10,100	0,012	855932,203
10	4B.28	10,200	0,012	864406,780
11	5B.28	10,000	0,012	854700,855
12	6B.28	10,200	0,010	1030303,030
13	1C.28	10,100	0,012	848739,496
14	2C.28	10,200	0,012	857142,857
15	3C.28	10,200	0,012	850000,000
16	4C.28	10,300	0,012	858333,333
17	5C.28	10,200	0,012	857142,857
18	6C.28	10,200	0,012	857142,857

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI IMPEDANSI LISTRIK UMUR 56 HARI

No.	Nama Sampel	Beda Potensial (volt)	Kuat Arus (ampere)	Impedansi (ohm)
1	1A.56	10,200	0,012	857142,857
2	2A.56	10,300	0,012	858333,333
3	3A.56	10,100	0,012	855932,203
4	4A.56	10,200	0,012	850000,000
5	5A.56	10,200	0,010	1030303,030
6	6A.56	10,200	0,012	857142,857
7	1B.56	10,200	0,012	857142,857
8	2B.56	10,200	0,012	857142,857
9	3B.56	10,100	0,012	855932,203
10	4B.56	10,200	0,012	850000,000
11	5B.56	10,200	0,012	857142,857
12	6B.56	10,100	0,012	855932,203
13	1C.56	10,100	0,012	855932,203
14	2C.56	10,200	0,012	850000,000
15	3C.56	10,200	0,012	857142,857
16	4C.56	10,200	0,012	857142,857
17	5C.56	10,100	0,012	855932,203
18	6C.56	10,200	0,012	857142,857

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

**LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI KUAT TEKAN BETON
UMUR 14 HARI
(SNI 03-1974-2011)**

No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	1A.14	151,0	360	17907,864	20,103	24,154
2	6A.14	152,0	495	18145,839	27,279	
3	7A.14	150,3	445	17742,215	25,081	
4	1B.14	150,5	605	17789,465	34,009	37,671
5	2B.14	151,1	719	17931,590	40,097	
6	3B.14	152,0	706	18145,839	38,907	
7	1C.14	152,2	377	18193,623	20,722	24,399
8	2C.14	151,1	427	17931,590	23,813	
9	3C.14	151,4	516	18002,865	28,662	

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472.

**LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI KUAT TEKAN BETON
UMUR 28 HARI
(SNI 03-1974-2011)**

No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	4A.28	151,3	530	17979,091	29,479	30,205
2	5A.28	151,2	616	17955,333	34,307	
3	6A.28	151,4	483	18002,865	26,829	
4	1B.28	151,4	680	18002,865	37,772	44,234
5	2B.28	151,4	890	18002,865	49,437	
6	3B.28	150,1	805	17695,028	45,493	
7	1C.28	150,3	500	17742,215	28,181	27,478
8	2C.28	150,1	470	17695,028	26,561	
9	3C.28	150,1	490	17695,028	27,691	

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472.

**LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI KUAT TEKAN BETON
UMUR 56 HARI
(SNI 03-1974-2011)**

No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	1A.56	150,1	440	17695,028	24,866	32,020
2	2A.56	150,7	625	17836,777	35,040	
3	3A.56	151,3	650	17979,091	36,153	
4	1B.56	150,7	640	17836,777	35,881	37,856
5	2B.56	151,6	830	18050,460	45,982	
6	3B.56	151,3	570	17979,091	31,703	
7	1C.56	151,4	700	18002,865	38,883	37,465
8	2C.56	151,5	680	18026,655	37,722	
9	3C.56	150,3	635	17742,215	35,790	

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

**LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI TARIK BELAH BETON
UMUR 14 HARI
(SNI 03-2491-2002)**

No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Selimut (mm ²)	Kuat Tarik (Mpa)	Rata-rata Kuat Tarik (Mpa)
1	3A.14	151,4	304,5	166	144831,5054	2,292	2,416
2	4A.14	151,8	302,5	167	144260,3639	2,315	
3	5A.14	150,1	303,6	189	143163,5082	2,640	
4	4B.14	151,3	300,2	243	142691,9551	3,406	3,062
5	5B.14	151,4	302,7	210	143975,3586	2,917	
6	6B.14	151,0	301,8	205	143168,0321	2,864	
7	4C.14	151,6	302,7	150	144165,5506	2,081	2,465
8	5C.14	152,2	300,7	197	143779,8258	2,740	
9	6C.14	151,1	301,3	184	143025,498	2,573	

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

**LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI TARIK BELAH BETON
UMUR 28 HARI
(SNI 03-2491-2002)**

No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Selimut (mm ²)	Kuat Tarik (Mpa)	Rata-rata Kuat Tarik (Mpa)
1	1A.28	151,6	304,1	144	144832,3222	1,989	2,262
2	2A.28	150,2	303,3	169	143117,3268	2,362	
3	3A.28	151,6	305,3	177	145403,8408	2,435	
4	4B.28	151,4	302,4	227	143832,6674	3,156	2,611
5	5B.28	151,0	306,1	148	145207,8682	2,038	
6	6B.28	151,4	301,1	189	143214,3392	2,639	
7	4C.28	151,0	304,1	150	144259,1072	2,080	2,450
8	5C.28	151,5	302,2	198	143832,4789	2,753	
9	6C.28	153,2	302,2	183	145446,4407	2,516	

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472.

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI TARIK BELAH BETON
UMUR 56 HARI
(SNI 03-2491-2002)

No.	Nama Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (kN)	Luas Selimut (mm ²)	Kuat Tarik (Mpa)	Rata-rata Kuat Tarik (Mpa)
1	4A.56	151,1	302,0	220	143357,78	3,069	2,906
2	5A.56	150,5	300,8	258	142221,16	3,628	
3	6A.56	151,2	302,1	145	143500,16	2,021	
4	4B.56	150,4	306,7	241	144914,38	3,326	2,844
5	5B.56	151,6	304,6	150	145070,45	2,068	
6	6B.56	151,1	304,7	227	144639,46	3,139	
7	4C.56	151,2	301,9	190	143405,16	2,650	2,783
8	5C.56	150,4	303,4	198	143355,15	2,762	
9	6C.56	150,7	302,1	210	143025,62	2,937	

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI MODULUS ELASTIS BETON
UMUR 14 HARI
(SNI 03-2491-2002)

No.	Nama sampel	Jenis Semen	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)	ϵ_1	ϵ_2	Modulus Elastisitas (Mpa)	Rata-Rata Modulus Elastisitas (Mpa)
1	1A.14	Holcim	1,3960348	8,0411602	0,00005	0,000363	21264,402	20127,680
2	6A.14		1,1809083	10,911592	0,00005	0,000523	20594,040	
3	7A.14		1,7613359	10,032569	0,00005	0,000497	18524,599	
4	1B.14	Holcim Powermax	1,8737682	13,603557	0,00005	0,000636	20016,705	19126,670
5	2B.14		1,8589167	16,038734	0,00005	0,000779	19464,402	
6	3B.14		1,4083424	15,562796	0,00005	0,000841	17898,905	
7	1C.14	Gresik	1,7710723	8,2886186	0,00005	0,000349	21819,706	22095,557
8	2C.14		1,1850594	9,5250893	0,00005	0,000394	24265,435	
9	3C.14		1,4812457	11,464842	0,00005	0,000544	20201,530	

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI MODULUS ELASTIS BETON
UMUR 28 HARI
(SNI 03-2491-2002)

No.	Nama sampel	Jenis Semen	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)	ϵ_1	ϵ_2	Modulus Elastisitas (Mpa)	Rata-Rata Modulus Elastisitas (Mpa)
1	4A.28	Holcim	2,3175068	11,791475	0,00005	0,000445	24015,128	21641,774
2	5A.28		2,3205733	13,722942	0,00005	0,000550	22800,178	
3	6A.28		1,3886678	10,731625	0,00005	0,000566	18110,016	
4	1B.28	Holcim Powermax	1,587049	15,108706	0,00005	0,000504	29783,386	33773,583
5	2B.28		2,2218685	19,330256	0,00005	0,000548	34354,192	
6	3B.28		2,5430872	18,197202	0,00005	0,000471	37183,170	
7	1C.28	Gresik	1,3620997	11,27255	0,00005	0,000503	21901,547	22177,049
8	2C.28		1,3421849	10,624453	0,00005	0,000461	22584,594	
9	3C.28		1,365732	11,076557	0,00005	0,000491	22045,007	

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

**LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI MODULUS ELASTIS BETON
UMUR 56 HARI
(SNI 03-2491-2002)**

No.	Nama sampel	Jenis Semen	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)	ϵ_1	ϵ_2	Modulus Elastisitas (Mpa)	Rata-Rata Modulus Elastisitas (Mpa)
1	1C.56	Holcim	2,3547103	9,9462965	0,00005	0,000370	23723,707	30922,742
2	2C.56		2,1023977	14,015985	0,00005	0,000400	34038,821	
3	3C.56		1,9467057	14,461243	0,00005	0,000408	35005,697	
4	1B.56	Holcim Powermax	1,9933845	14,352369	0,00005	0,000540	25222,416	28363,115
5	2B.56		8,7717061	18,392883	0,00005	0,000375	29649,234	
6	3B.56		2,9664087	12,681397	0,00005	0,000372	30217,694	
7	1C.56	Gresik	2,4070243	15,55308	0,00005	0,000650	21910,093	28805,647
8	2C.56		2,6349869	15,088767	0,00005	0,000412	34402,708	
9	3C.56		1,5891475	14,127522	0,00005	0,000467	30104,139	

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI UPV UMUR 14 HARI

No.	Nama Sampel	t (μ s)	s (m)	v (m/s)
1	1A.14	69,900	0,305	4363
2	3A.14	69,400	0,305	4395
3	4A.14	68,600	0,303	4402
4	5A.14	68,100	0,304	4449
5	6A.14	67,900	0,303	4462
6	7A.14	67,600	0,305	4512
7	1B.14	68,900	0,303	4383
8	2B.14	69,400	0,302	4337
9	3B.14	70,100	0,303	4322
10	4B.14	69,900	0,300	4292
11	5B.14	70,600	0,303	4252
12	6B.14	70,900	0,302	4260
13	1C.14	67,400	0,303	4496
14	2C.14	67,600	0,303	4482
15	3C.14	68,400	0,304	4444
16	4C.14	66,900	0,303	4529
17	5C.14	67,200	0,301	4479
18	6C.14	66,400	0,301	4533

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI UPV UMUR 28 HARI

No.	Nama Sampel	t (μ s)	s (m)	v (m/s)
1	1A.28	70,400	0,304	4318
2	2A.28	68,400	0,303	4430
3	3A.28	67,900	0,305	4462
4	4A.28	67,200	0,303	4509
5	5A.28	69,700	0,303	4333
6	6A.28	69,700	0,302	4376
7	1B.28	68,600	0,304	4431
8	2B.28	70,600	0,304	4306
9	3B.28	70,200	0,304	4330
10	4B.28	70,100	0,302	4308
11	5B.28	72,900	0,306	4198
12	6B.28	71,400	0,301	4216
13	1C.28	68,400	0,301	4401
14	2C.28	68,900	0,307	4456
15	3C.28	69,400	0,305	4395
16	4C.28	66,600	0,304	4565
17	5C.28	66,400	0,302	4578
18	6C.28	68,900	0,302	4383

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Telp (0274) 898471, 898472

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI UPV
UMUR 56 HARI

No.	Nama Sampel	t (μ s)	s (m)	v (m/s)
1	1A.56	66,600	0,303	4535
2	2A.56	64,200	0,305	4751
3	3A.56	65,700	0,304	4627
4	4A.56	64,900	0,302	4653
5	5A.56	63,400	0,301	4748
6	6A.56	62,900	0,302	4801
7	1B.56	65,400	0,303	4633
8	2B.56	65,700	0,302	4597
9	3B.56	66,200	0,304	4592
10	4B.56	68,400	0,307	4488
11	5B.56	68,600	0,305	4446
12	6B.56	68,900	0,305	4427
13	1C.56	65,200	0,304	4663
14	2C.56	64,700	0,303	4683
15	3C.56	66,400	0,306	4608
16	4C.56	65,200	0,302	4632
17	5C.56	64,400	0,303	4705
18	6C.56	65,400	0,302	4618

Diperiksa Oleh
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dikerjakan Oleh

(Zainul Anwar Yahya)

The background features a large, light gray watermark of the Universitas Islam Indonesia logo. The logo is a shield-shaped emblem with a stylized green and white symbol in the center. The word "ISLAM" is written in a serif font at the top of the shield. The words "UNIVERSITAS" and "INDONESIA" are written vertically on the left and right sides of the shield, respectively. Below the shield, there is a line of Arabic calligraphy in a white, elegant script.

LAMPIRAN 3

Gambar Alat, Bahan, Pembuatan, dan Pengujian
Benda Uji

GAMBAR PERALATAN YANG DIGUNAKAN



Gambar L-3. 1 *Mixer*



Gambar L-3. 2 *Kerucut Abrams*



Gambar L-3. 3 Tongkat Penumbuk



Gambar L-3. 4 Palu Karet



Gambar L-3. 5 Cetok



Gambar L-3. 6 Penggaris



Gambar L-3. 7 Timbangan



Gambar L-3. 8 Cetakan Silinder



Gambar L-3. 9 Ember



Gambar L-3. 10 *Sieve Shaker*



Gambar L-3. 11 *Compressor Testing Machine*



Gambar L-3. 12 *Data Logger*



Gambar L-3. 13 LVDT



Gambar L-3. 14 Pan



Gambar L-3. 15 Oven



Gambar L-3. 16 Jangka Sorong



Gambar L-3. 17 Labu Ukur



Gambar L-3. 18 AC Voltage Regulator, Multimeter

GAMBAR BAHAN YANG DIGUNAKAN



Gambar L-3. 19 Pasir



Gambar L-3. 20 Kerikil



Gambar L-3. 21 Semen



Gambar L-3. 22 Air

GAMBAR PELAKSANAAN



Gambar L-3. 23 Pencampuran Material



Gambar L-3. 24 Pengujian *Slump*



Gambar L-3. 25 Hasil Pengujian *Slump*



Gambar L-3. 26 Perendaman Benda Uji



Gambar L-3. 27 Benda Uji Setelah Direndam



Gambar L-3. 28 Pengujian Impedansi Listrik



Gambar L-3. 29 Pengujian UPV



Gambar L-3. 30 Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-3. 31 Hasil Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-3. 32 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah