

TUGAS AKHIR

**KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN PASIR BESI
SEBAGAI SUBSTITUTOR SEBAGIAN AGREGAT
HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT
TARIK BELAH BETON
(*STUDY ON THE EFFECT OF THE USE OF IRON
SAND AS A SUBSTITUTOR OF SOME FINE
AGGREGATES ON THE COMPRESSIVE STRENGTH
AND TENSILE STRENGTH OF CONCRETE*)**

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



**Rayhan Arya Adha Ananta
19511253**

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

TUGAS AKHIR

KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN PASIR BESI SEBAGAI SUBSTITUTOR SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON (STUDY ON THE EFFECT OF THE USE OF IRON SAND AS A SUBSTITUTOR OF SOME FINE AGGREGATES ON THE COMPRESSIVE STRENGTH AND TENSILE STRENGTH OF CONCRETE)

Disusun Oleh

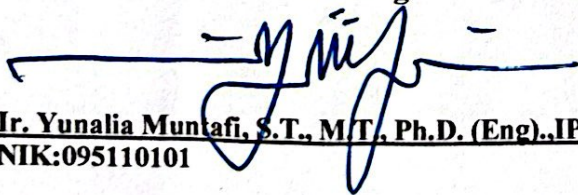


Rayhan Arya Adha Ananta
19511253

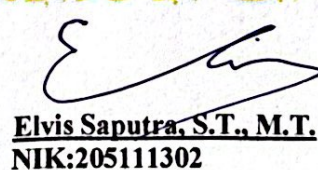
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil
Diuji pada Tanggal: 10 Januari 2025

Oleh Dewan Penguji:

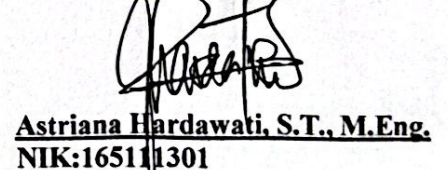
Pembimbing


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

Penguji I


Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK:205111302

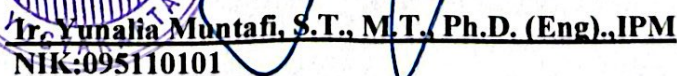
Penguji II


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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya tulis sebagai syarat untuk menyelesaikan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil penulisan saya sendiri. Adapun beberapa bagian dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya milik orang lain telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila kemudian hari ditemukan seluruh atau Sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya sendiri, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan serta perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 31 Januari 2025

Yang membuat pernyataan,



Rayhan Arya Adha Ananta
(19511253)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahiim

Assalamua'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “ Kajian Pengaruh Penggunaan Pasir Besi Sebagai Substitutor Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton” dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa kita lantunkan kepada junjungan kita nabi Muhammad SAW, sahabat, serta pengikutnya hingga akhir zaman kelak.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari berbagai hambatan yang dilalui oleh penulis. Namun berkat dukungan-dukungan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas dukungan yang telah diberikan.

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng).,IPM. selaku Dosen Pembimbing dan ketua program studi Teknik Sipil program sarjana yang selalu memberikan bimbingan, dukungan, serta masukan yang bermanfaat bagi penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T. dan Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji 1 dan 2 atas masukan dan saran-saran dalam penulisan tugas akhir ini.
3. Ayah Puji Anto dan Mama Siti Nurbaya selaku orang tua penulis dan Arka Satya Dhanurendra selaku adik penulis, yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, arahan, serta saran-saran yang membangun bagi penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan serta doa.

5. Nuzul Nur Hanifah, S.IP seseorang yang selalu menemani, memberikan dukungan, serta memberikan saran-saran penulisan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman “Calon Mandor” yang menemani penulis dalam kondisi apapun serta menjadi tempat bertukar pengalaman dan cerita.
7. Teman-teman “Bismillah Berkah” yang memberikan dukungan kepada penulis .
8. Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta dapat memberikan referensi untuk penulisan tugas akhir di kemudian hari, khususnya bidang Teknik Sipil.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 31 Januari 2025

Penulis,

Rayhan Arya Adha Ananta

19511253

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian	15
BAB III LANDASAN TEORI	16
3.1 Beton	16
3.2 Bahan Penyusun Beton	17
3.2.1 Semen <i>Portland</i>	17
3.2.2 Agregat	18
3.2.3 Air	20
3.2.4 Pasir Besi	21

3.3	Perencanaan Campuran Beton	21
3.4	<i>Slump</i> Beton	29
3.5	Perawatan Beton	29
3.6	Uji Kuat Tekan	30
3.7	Uji Kuat Tarik Belah	31
BAB IV METODE PENELITIAN		32
4.1	Tinjauan Umum	32
4.2	Variabel Penelitian	32
4.3	Bahan yang Digunakan	33
4.4	Peralatan	33
4.5	Pembuatan Benda Uji	35
4.6	Pelaksanaan Penelitian	36
4.6.1	Persiapan	36
4.6.2	Pengujian Agregat	36
4.6.3	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	37
4.6.4	Pembuatan dan Pengujian Benda Uji Trial Umur 7 Hari	37
4.6.5	Pengujian Sampel Benda Uji	37
4.6.6	Analisis Data	38
4.6.7	Pembahasan	38
4.6.8	Kesimpulan dan Saran	38
4.7	Diagram Alir Penelitian	39
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		41
5.1	Umum	41
5.2	Pemeriksaan Material Penyusun Beton	41
5.2.1	Pemeriksaan Agregat Halus	41
5.2.2	Pemeriksaan Agregat Kasar	47
5.3	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	50
5.4	Pengujian <i>Slump</i>	63
5.5	Uji Kuat Tekan Beton	64
5.6	Uji Tarik Belah Beton	67
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		70

6.1	Kesimpulan	70
6.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN		74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan	10
Tabel 3. 1 Gradasi Agregat Halus	19
Tabel 3. 2 Gradasi Agregat Kasar	20
Tabel 3. 3 Faktor pengali deviasi standar	22
Tabel 3. 4 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan $f_{as}=0,5$	23
Tabel 3. 5 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton	256
Tabel 3. 6 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan f_{as} Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus	26
Tabel 4. 1 Tabel Rincian Benda Uji	35
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Daya Serap Air Agregat	42
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	43
Tabel 5. 3 Daerah Gradasi Agregat Halus	44
Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	45
Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	45
Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur (Lolos Saringan no.200)	46
Tabel 5. 7 Hasil Uji Berat Jenis dan Daya Serap Air Agregat Kasar	47
Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	48
Tabel 5. 9 Daerah Gradasi Agregat Kasar	49
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	50
Tabel 5. 11 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar	50
Tabel 5. 12 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan $f_{as} 0,5$	51
Tabel 5. 13 Perencanaan <i>Mix Design</i>	61
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Kebutuhan Material Campuran Beton	63
Tabel 5. 15 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	64
Tabel 5. 16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	65
Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen	24
Gambar 3. 2 Grafik Perkiraan Isi Berat Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	28
Gambar 3. 3 Sketsa Uji Kuat Tekan	30
Gambar 3. 4 Sketsa Uji Kuat Tarik Belah	31
Gambar 4. 1 <i>Flowchart</i> tahapan penelitian	40
Gambar 5. 1 Batas Gradasi Agregat Halus Daerah II	44
Gambar 5. 2 Batas Gradasi Agregat Kasar	49
Gambar 5. 3 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	53
Gambar 5. 4 Persentase Agregat Halus Terhadap Kadar Agregat Total	54
Gambar 5. 5 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Dipadatkan	55
Gambar 5. 6 Diagram Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	66
Gambar 5. 7 Diagram Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Time Schedule</i>	75
Lampiran 2 Bahan yang digunakan	76
Lampiran 3 Alat yang digunakan	78
Lampiran 4 Proses Pengujian	83
Lampiran 5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	86
Lampiran 6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	88
Lampiran 7 Surat Keterangan Bebas Laboratorium	90
Lampiran 8 Surat Bebas Plagiasi	91

ABSTRAK

Beton merupakan material paling umum yang digunakan dalam konstruksi. Hal ini mendorong adanya inovasi bahan-bahan alternatif yang memiliki karakteristik yang hampir sama dengan beton. Salah satu alternatif bahan campuran dalam pembuatan beton adalah pasir besi. Pasir Besi memiliki ukuran yang lebih halus sehingga dapat mengisi rongga kosong dalam beton.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pasir besi terhadap pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan benda uji berbentuk silinder dan sampel berjumlah 70. Penelitian ini menggunakan SNI 1974:2011 untuk pengujian kuat tekan, SNI 03-2491-2014 untuk pengujian kuat tarik belah, serta SNI 03-2834-2000 sebagai acuan dalam perencanaan campurannya dengan kuat tekan yang direncanakan sebesar 25 MPa dengan pasir besi sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus dengan variasi sebesar 0%, 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, 90% berdasarkan rekomendasi dari penelitian sebelumnya.

Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan beton cenderung meningkat dengan nilai tertinggi sebesar 31,915 MPa meningkat 19,867% dibandingkan dengan beton normal. Setelah mencapai nilai maksimum pada variasi pasir besi 82% kuat tekan beton cenderung menurun, terendah pada variasi 90% sebesar 25,630 MPa menurun 3,736% dibandingkan dengan beton normal. Pada pengujian kuat tarik belah, nilai kuat tarik beton cenderung menurun dengan nilai terendah pada variasi 90% sebesar 1,502 MPa menurun 44,938% dibandingkan dengan beton normal.

Kata kunci: Pasir besi, Kuat Tekan Beton, Kuat Tarik Belah Beton

ABSTRACT

Concrete is the most common material used in construction. This encourages innovation in alternative materials with almost the same characteristics as concrete. One alternative mixture material in making concrete is iron sand. Iron Sand has a finer size, it can fill empty cavities in concrete.

This study aims to determine the effect of iron sand on the testing of compressive strength and tensile strength of concrete with cylindrical test specimens and a sample of 70. This study uses SNI 1974:2011 for compressive strength testing, SNI 03-2491-2014 for tensile strength testing, and SNI 03-2834-2000 as a reference in planning the mixture with a planned compressive strength of 25 MPa with iron sand as a substitute for some fine aggregates with variations of 0%, 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, 90% based on recommendations from previous studies.

The results showed that the compressive strength value of concrete tended to increase with the highest value of 31.915 MPa, an increase of 19.867% compared to normal concrete. After reaching the maximum value in the 82% iron sand variation, the compressive strength of concrete tends to decrease, the lowest in the 90% variation of 25,630 MPa decreases by 3,736% compared to normal concrete. In the tensile strength test, the tensile strength value of concrete tends to decrease with the lowest value at a variation of 90% of 1.502 MPa, decreasing by 44.938% compared to normal concrete.

Keywords: Iron Sand, Concrete Compressive Strength, Concrete Tensile Strength

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman dan teknologi, pembangunan di Indonesia juga semakin berkembang secara pesat. Keadaan inilah mendorong para ahli bangunan dalam memenuhi kebutuhan pembangunan yang jumlahnya akan semakin besar diikuti dengan adanya inovasi, rekayasa, serta pengembangan teknologi terutama dalam penggunaan beton dalam konstruksi. Permintaan akan kebutuhan beton semakin meningkat karena memiliki kelebihan dalam hal kuat tekan, tahan terhadap temperatur tinggi, hingga biaya pemeliharaan yang cenderung lebih murah jika dibandingkan material lainnya.

Beton adalah hasil perpaduan antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat kasar dan halus, serta air tambahan jika diperlukan (SNI-03-2847-2002). Penggunaan beton sebagai salah satu bahan yang digunakan dalam konstruksi semakin banyak digunakan di Indonesia khususnya pada industri beton siap pakai (*Ready Mix Concrete*). Agregat digunakan sebagai bahan campuran beton yang sangat berpengaruh terhadap sifat maupun kualitas beton karena mengandung 60-70% dari volume beton (Nurjaman dkk, 2021). Bahan campuran beton ini dapat diperoleh dengan mudah mengingat Indonesia kaya akan hasil sumber daya alam sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif pencampuran dalam pembuatan beton. Hal ini mendorong adanya inovasi bahan-bahan alternatif yang memiliki karakteristik yang hampir sama dengan beton.

Pemakaian bahan alternatif dalam campuran pembuatan beton bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan dan mengurangi sifat beton yang kurang baik. Salah satu alternatif bahan campuran dalam pembuatan beton adalah pasir besi. Pasir besi memiliki butiran-butiran yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan pasir pada umumnya sehingga dapat mengisi ruang-ruang kosong pada beton yang diharapkan dapat membuat beton menjadi lebih padat dan memiliki kekuatan yang lebih

maksimal. Pasir besi merupakan hasil tambang yang terdiri dari konsentrasi Fe (besi) yang signifikan (Fahmiati dkk, 2017). Menurut Kemenperin RI (2014), pasir besi juga terdiri dari magnetit, hematit, dan juga mengandung sejumlah kecil titanium, silika, mangan, kalsium, serta vanadium. Pasir besi bersifat feromagnetik yang biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan cor maupun baja. Pada penelitian kali ini akan diteliti perbandingan uji kuat tekan dan uji kuat tarik belah beton normal dengan uji kuat tekan dan uji tarik belah beton menggunakan pasir besi sebagai substitusi sebagian agregat halus. Urgensi penelitian ini yaitu memperoleh bahan campuran beton yang lebih kuat dan tahan lama salah satunya dengan penambahan pasir besi. Campuran beton yang menggunakan pasir kali memiliki butiran yang lebih besar dibandingkan dengan pasir besi sehingga cenderung kurang kuat dan tahan lama (Agusri & Rivai, 2019). Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada penambahan pasir besi dengan persentase tertentu untuk mendapatkan campuran beton yang lebih padat, kuat, dan tahan lama.

Penelitian mengenai penambahan pasir besi pada campuran beton telah dilakukan sebelumnya, salah satunya oleh Pratama (2018) yang membahas mengenai campuran beton yang ditambahkan pasir besi dengan variasi sebesar 60%, 70%, 80%, dan 90% terhadap berat agregat halus. Penelitian tersebut mendapatkan nilai kuat tekan yang cenderung meningkat dibandingkan dengan beton normal. Pada uji kuat tekan beton variasi pasir besi sebesar 80% mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi yakni sebesar 32,942 MPa. Sedangkan pada pengujian kuat tarik belah didapatkan nilai tertinggi pada variasi 60% yaitu sebesar 2,851 MPa naik sebesar 2,85% dibandingkan dengan variasi pasir besi 0%. Berdasarkan rekomendasi penelitian yang telah dilakukan oleh Pratama (2018) tersebut, penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan variasi pasir besi antara 80-90%, yang pada penelitian ini digunakan variasi pasir besi sebesar 0%, 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90% dari total berat agregat halus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir besi dan kadar optimum penggunaan pasir besi sebagai substitusi sebagian agregat halus.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang diteliti dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan variasi pasir besi 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90%, berapa kadar pasir besi sebagai substitutor sebagian agregat halus yang mampu menghasilkan nilai kuat tekan beton tertinggi?
2. Berdasarkan variasi pasir besi 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90%, berapa kadar pasir besi sebagai substitutor sebagian agregat halus yang mampu menghasilkan nilai kuat tarik belah beton tertinggi?
3. Bagaimana perbandingan uji kuat tekan dan kuat tarik belah beton normal terhadap beton variasi pasir besi 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90%?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut..

1. Mendapatkan nilai kuat tekan beton tertinggi pada penggunaan pasir besi variasi 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, 90% sebagai substitutor sebagian agregat halus.
2. Mendapatkan nilai kuat tarik belah beton tertinggi pada penggunaan pasir besi variasi 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, 90% sebagai substitutor sebagian agregat halus.
3. Mengetahui perbandingan uji kuat tekan dan uji tarik belah beton normal terhadap beton variasi pasir besi 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90%.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi terkait penggunaan pasir besi sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya yang akan membahas tentang penggunaan pasir besi terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

3. Memberikan pengetahuan terkait pandangan serta bukti konkret penggunaan pasir besi sebagai bahan alternatif campuran beton untuk memperoleh nilai kuat tekan dan kuat tarik beton yang optimal.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian bertujuan untuk membatasi penelitian agar tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Batasan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan rencana (f_c) yang direncanakan sebesar 25 MPa,
2. Semen yang digunakan adalah semen *portland* tipe PCC (*Portland Composite Cement*) merek Tiga Roda,
3. Variasi pasir besi yang digunakan pada penelitian ini adalah 0%, 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90% dari total berat agregat halus,
4. Agregat kasar (kerikil) yang digunakan berukuran maksimum 20 mm,
5. Agregat kasar berasal dari daerah Clereng,
6. Agregat halus berasal dari Sungai Progo,
7. Pasir besi berasal dari Kutoarjo,
8. Air yang digunakan dalam pengujian berasal dari saluran air Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia,
9. Alat-alat pengujian berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia,
10. Benda uji menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm,
11. Perawatan beton dilaksanakan dengan teknik merendam beton selama 28 hari,
12. Metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar yang ditetapkan yaitu SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal,
13. Metode Pengujian kuat tekan menggunakan SNI 1974:2011,
14. Metode Pengujian kuat tarik belah menggunakan SNI 03-2491-2014.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari semen portland atau jenis semen hidraulik lainnya, agregat kasar dan halus, serta air, yang dapat menggunakan bahan tambahan atau tidak sehingga membentuk massa padat (SNI-2847-2019). Beton memiliki sifat yang sangat kuat terhadap tekanan namun lebih lemah terhadap tarikan. Menurut Sutikno (2003) beton merupakan hasil campuran dari semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), serta air. Campuran bahan tersebut harus ditetapkan menurut aturan yang berlaku, sehingga menghasilkan beton berkualitas tinggi, mudah dalam pengerjaannya, serta ekonomis dalam segi biaya.

Pembangunan akan terus meningkat seiring dengan berjalannya waktu, hal tersebut harus diimbangi dengan perencanaan yang matang dan pemenuhan kebutuhan untuk menghadapi permintaan yang terus meningkat. Peningkatan permintaan beton disebabkan oleh harga beton yang murah, berkekuatan tinggi, serta mudah dibentuk dan dicetak. Menciptakan inovasi baru dalam pembuatan beton merupakan salah satu alternatif untuk memenuhi permintaan yang semakin meningkat dengan tetap memperhatikan kekuatan beton.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang beton dengan bahan campuran pasir besi sebelumnya pernah dilakukan, sehingga dalam melakukan penelitian perlu menggunakan sumber ataupun referensi yang kredibel. Penelitian yang pernah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Ridho Pratama (2018) melakukan penelitian tentang: *Pengaruh Pasir Besi Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik belah Beton*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar optimum penggunaan pasir besi sebagai substitusi agregat halus terhadap pengujian

kuat tekan dan kuat tarik belah beton dibandingkan dengan beton biasa. Penelitian ini memiliki kuat tekan rencana (f_c) sebesar 25 MPa serta menggunakan SNI 03-2834-2000 sebagai acuan dalam perencanaan campuran. Pasir besi yang digunakan pada pengujian ini diperoleh dari daerah Jepara. Penelitian ini memiliki benda uji dengan cetakan silinder yang memiliki tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Metode pengujian dilakukan dengan beton umur 28 hari dengan penggunaan variasi pasir besi sebesar 0%, 60%, 70%, 80%, dan 90% dari agregat halus. Pada penelitian ini diperoleh benda uji dengan persentase dari pasir progo 100% mempunyai kuat tekan beton sebesar 25,170 MPa, benda uji dengan persentase dari pasir besi 60% dan pasir progo 40% sebesar 29,117 MPa, benda uji dengan persentase pasir besi 70% dan pasir progo 30% sebesar 30,270 MPa, benda uji dengan persentase pasir besi 80% dan pasir progo 20% sebesar 32,942 MPa, dan benda uji dengan persentase pasir besi 90% dan pasir progo 10% sebesar 29,517 MPa. Pada pengujian kuat tekan didapatkan kadar pasir besi optimum sebesar 80%. Selain melakukan pengujian terhadap kuat tekan beton, penelitian ini menguji kuat tarik belah beton dengan kadar pasir besi sebesar 60% memiliki nilai paling tinggi yaitu sebesar 2,851 MPa, meningkat 2,85% dari kadar pasir besi 0%, sedangkan nilai kuat tarik belah beton terendah didapatkan sebesar 2,126 MPa yang memiliki persentase kadar pasir besi sebesar 70% menurun 23,20% dari beton dengan kadar pasir besi 0%.

2. Irzal Agus (2019) melakukan penelitian tentang : *Pengaruh Substitusi Pasir Besi Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan penambahan pasir besi sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton. Pasir besi yang digunakan menggunakan empat komposisi yaitu dengan penambahan 0%, 5%, 10%, dan 15% dilakukan pada umur perawatan 3,7,28 hari. Pasir besi yang digunakan berasal dari Kelurahan Laompo Kecamatan Batauga yang digunakan sebagai substitusi agregat halus. Hasil uji kuat tekan beton normal (0%) pada umur 3 hari didapatkan sebesar 97,2 kg/cm^2 , umur 7 hari

didapatkan sebesar $126,4 \text{ kg/cm}^2$, umur 28 hari didapatkan sebesar $145,3 \text{ kg/cm}^2$, nilai kuat tekan beton dengan menggunakan substitusi pasir besi (5%) pada umur 3 hari didapatkan sebesar 100 kg/cm^2 , umur 7 hari didapatkan sebesar $134,9 \text{ kg/cm}^2$, umur 28 hari didapatkan sebesar $158,5 \text{ kg/cm}^2$, nilai kuat tekan beton dengan menggunakan substitusi pasir besi (10%) pada umur 3 hari didapatkan sebesar $104,7 \text{ kg/cm}^2$, umur 7 hari didapatkan sebesar $144,4 \text{ kg/cm}^2$, umur 28 hari didapatkan sebesar $166,1 \text{ kg/cm}^2$, nilai kuat tekan beton dengan menggunakan substitusi pasir besi (15%) pada umur 3 hari didapatkan sebesar $124,6 \text{ kg/cm}^2$, umur 7 hari didapatkan sebesar $164,2 \text{ kg/cm}^2$, umur 28 hari didapatkan sebesar $205,7 \text{ kg/cm}^2$. Kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton bertambah seiring dengan penambahan pasir besi sebagai substitusi agregat halus.

3. Pratama R M, dkk. (2021) melakukan penelitian tentang: *Substitusi Pasir Besi Dengan Bestmittel Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Porositas Beton*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar kuat tekan dan porositas beton dengan variasi 0%, 5%, 15%, 25% pasir besi sebagai substitusi agregat halus dan variasi 0%, 0,3% bestmittel sebagai bahan tambah campuran beton, selain itu penelitian ini bertujuan untuk membandingkan beton dengan atau tanpa bahan tambah bestmittel dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Penelitian ini memiliki perencanaan campuran menggunakan SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Metode pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari. Pada penelitian ini didapatkan benda uji tanpa bahan tambah bestmittel variasi 0% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 26,233 MPa, variasi 5% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 23,761 MPa, variasi 15% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 26,270 MPa, variasi 25% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 24,637 MPa. Pada pengujian dengan bahan tambah bestmittel variasi 0% - 0% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 26,233 MPa, variasi 0% - 0,3% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 24,440 MPa, variasi 5%-0,3% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 29,221 MPa, variasi 15% -

0,3% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 28,120 MPa, dan variasi 25% - 0,3% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 31,786 MPa.

4. Firjatullah B A, dkk. (2022) melakukan penelitian tentang : *Optimalisasi Penggunaan Pasir Besi Sebagai Pengganti Agregat Halus Dalam Campuran Beton Mutu Tinggi*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh pasir besi sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton mutu tinggi. Acuan yang digunakan dalam perencanaan *mix design* menggunakan SNI 03-6468-2000. Metode pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi pasir besi 60%, 70%, 80%, serta 0% sebagai variasi kontrol dengan kuat tekan rencana sebesar 45 MPa pada tiap campuran dengan menggunakan tambahan berupa *superplasticizer* dan *silicafume*. Metode pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari dengan 2 pengujian yakni uji kuat tekan dan uji kuat tarik. Pada pengujian uji kuat tekan diperoleh benda uji dengan kode N sebagai kontrol (0%) mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 46,41 MPa, Benda uji dengan kode V-01 yang mengandung pasir besi 60% mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 49,20 MPa, Benda uji dengan kode V-02 yang mengandung pasir besi 70% mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 51,71 MPa, dan benda uji dengan kode V-03 yang mengandung pasir besi 80% mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 51,34 MPa. Kenaikan nilai kuat tekan maksimum didapatkan pada variasi V-02 dengan substitusi pasir besi terhadap agregat halus sebesar 70% dengan kenaikan kuat tekan terhadap campuran normal mencapai 14,91%. Pada uji kuat tarik diperoleh benda uji dengan kode N sebagai kontrol (0%) mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 3,75 MPa, Benda uji dengan kode V-1 yang mengandung pasir besi 60% mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 3,89 MPa, Benda uji dengan kode V-2 yang mengandung pasir besi 70% mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 4,13 MPa, dan benda uji dengan kode V-3 yang mengandung pasir besi 80% mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 4,11 MPa. Kenaikan nilai kuat tarik maksimum didapatkan pada variasi V-2 dengan substitusi pasir besi terhadap agregat halus sebesar 70% dengan kenaikan kuat tarik terhadap campuran normal mencapai 10,133%.

5. Budi & Astin (2023) melakukan penelitian tentang : *Beton Percepatan Menggunakan Sebagian Agregat Halus Pasir Besi Pesisir Pantai Selatan Kebumen*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan pasir besi sebagai pengganti sebagian campuran dalam pembuatan beton. Metode perancangan campuran menggunakan SNI 03-2847-2000. Pasir besi yang digunakan memiliki variasi sebesar 0%, 10%, 15%, dan 19% dari berat agregat halus dengan penambahan bahan tambah berupa *superplasticizer* sebesar 0,8% dengan tujuan beton memiliki hasil kuat tekan dan kuat lentur maksimal pada umur 7 hari. Pengujian dilakukan pada beton umur 7 dan 28 hari dengan pengujian berupa uji kuat tekan dan kuat lentur. Kuat tekan yang direncanakan (f_c) sebesar 30 MPa dan *Flextural Strength* (FS) sebesar 45 kg/cm^2 . Nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada variasi pasir besi 10% yaitu sebesar 30,90 MPa pada umur 7 hari sedangkan untuk nilai kuat lentur tertinggi didapatkan pada variasi pasir besi 10% pada umur 28 hari yaitu sebesar $57,12 \text{ kg/cm}^2$. Pada variasi pasir besi 19% nilai kuat tekan dan kuat lentur mengalami penurunan

Tabel 2. 1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang dilakukan
Peneliti	Ridho Pratama (2018)	Irzal Agus (2019)	Pratama R M, dkk. (2021)	Firjatullah B A, dkk. (2022)	Budi & Astin (2023)	Rayhan Arya A. A. (2025)
Judul Penelitian	Pengaruh Pasir Besi Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton	Pengaruh Substitusi Pasir Besi Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton	Substitusi Pasir Besi Dengan Bestmittel Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Porositas Beton	Optimalisasi Penggunaan Pasir Besi Sebagai Pengganti Agregat Halus Dalam Campuran Beton Mutu Tinggi	Beton Percepatan Menggunakan Sebagian Agregat Halus Pasir Besi Pesisir Pantai Selatan Kebumen.	Analisis Perbandingan Uji Kualitas Beton Normal Dengan Beton Menggunakan Pasir Besi Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus
Tujuan	Mengetahui kadar optimum penggunaan pasir besi sebagai substitusi agregat halus terhadap pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton terhadap dengan beton normal	Mengetahui nilai kuat tekan beton dengan penambahan pasir besi sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton.	Mengetahui besar kuat tekan dan porositas beton dengan atau tanpa bahan tambah bestmittel dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.	Menentukan pengaruh pasir besi sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton mutu tinggi.	Menganalisis pemanfaatan pasir besi sebagai pengganti sebagian campuran dalam pembuatan beton	Mengetahui kadar maksimum penggunaan pasir besi dengan variasi 0%, 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90% sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan

Variasi Penelitian	Pasir besi yang digunakan memiliki variasi 0%, 60%, 70%, 80%, dan 90%	Pasir besi yang digunakan memiliki variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%	Pasir besi yang digunakan memiliki variasi 0%, 5%, 15%, dan 25% dengan variasi bestmittel 0% dan 0,3%	Pasir besi yang digunakan memiliki variasi 0%, 60%, 70%, dan 80%	Pasir besi yang digunakan memiliki variasi 0%, 10%, 15%, dan 19% dengan tambahan superplasticizer 0,8%	Pasir besi yang digunakan memiliki variasi 0%, 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90%
Metode Penelitian	Metode penelitian perencanaan campuran menggunakan acuan SNI 03-2834-2000 dengan pengujian pada saat umur beton 28 hari dengan kuat tekan rencana (f_c) 25 MPa.	Metode penelitian yang digunakan perencanaan campuran menggunakan SNI T-15-1990-03 dengan pengujian berupa uji kuat tekan beton pada umur 3,7,28 hari.	Metode penelitian perencanaan campuran menggunakan acuan SNI 03-2834-2000 dengan pengujian pada saat umur beton 28 hari dengan kuat tekan rencana (f_c) 25 MPa dengan pengujian kuat tekan dan porositas dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.	Metode penelitian yang digunakan perencanaan campuran mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan bahan tambah berupa <i>silica fume</i> dan <i>superplasticizer</i> diuji pada saat umur beton 28 hari dengan uji kuat tekan dan kuat tarik beton dengan kuat tekan rencana (f_c) sebesar 45 MPa.	Metode perencanaan campuran mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan bahan tambah berupa <i>superplasticizer</i> diuji pada saat umur beton 7 dan 28 hari dengan pengujian berupa uji kuat tekan lentur dengan kuat tekan rencana (f_c) 30 MPa dan FS sebesar 45 kg/cm ² .	Metode penelitian yang digunakan perencanaan campuran mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan pengujian pada umur beton 28 hari. pengujian yang dilakukan berupa uji kuat tekan dan uji tarik belah beton dengan kuat tekan rencana (f_c) 25 MPa.

Lanjutan tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan

Hasil	<p>Pada pengujian ini benda uji dengan variasi pasir progo 100% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 25,170 MPa, variasi pasir besi 60% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 29,117 MPa, variasi pasir besi 70% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 30,270 MPa, variasi pasir besi 80% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 32,942 MPa, variasi pasir besi 90% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 29,517 MPa. Pada pengujian tarik</p>	<p>Pada Pengujian ini didapatkan hasil uji kuat tekan beton normal (0%) pada umur 3 hari didapatkan sebesar 97,2 kg/cm², umur 7 hari didapatkan sebesar 126,4 kg/cm², umur 28 hari didapatkan sebesar 145,3 kg/cm², nilai kuat tekan beton dengan menggunakan substitusi pasir besi (5%) pada umur 3 hari didapatkan sebesar 100 kg/cm², umur 7 hari didapatkan sebesar 134,9 kg/cm², umur 28 hari didapatkan sebesar 158,5 kg/cm², nilai kuat tekan beton dengan</p>	<p>Pada pengujian ini benda uji tanpa bahan tambah nilai bestmittel variasi 0% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 26,233 MPa, variasi 5% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 23,761 MPa, variasi 15% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 26,270 MPa, variasi 25% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 24,637 MPa. Pada pengujian dengan bahan tambah bestmittel variasi 0% - 0% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 26,233 MPa, variasi 0% - 0,3% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 24,440 MPa, variasi 5%-0,3% didapatkan nilai</p>	<p>Pada pengujian uji kuat tekan diperoleh benda uji dengan kode N sebagai kontrol (0%) mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 46,41 MPa, Benda uji dengan kode V-01 yang mengandung pasir besi 60% mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 49,20 MPa, Benda uji dengan kode V-02 yang mengandung pasir besi 70% mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 51,71 MPa, dan benda uji dengan kode V-03 yang mengandung pasir besi 80%</p>	<p>Pada pengujian ini nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada variasi pasir besi 10% yaitu sebesar 30,90 MPa pada umur 7 hari sedangkan untuk nilai kuat lentur tertinggi didapatkan pada variasi pasir besi 10% pada umur 28 hari yaitu sebesar 57,12 kg/cm². Pada variasi pasir besi 19% nilai kuat tekan dan kuat lentur mengalami penurunan.</p>	<p>Penelitian ini mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada variasi pasir besi sebesar 82% yaitu sebesar 31,915 MPa meningkat 19,867% dibandingkan dengan beton normal, sedangkan untuk nilai terendah didapatkan pada variasi 90% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 25,630 MPa menurun 3,736% dibandingkan dengan beton normal. Benda uji dilakukan pengujian pada saat umur 28 hari setelah dilakukan perendaman, sedangkan untuk nilai kuat tarik belah didapatkan tertinggi pada variasi 80%</p>
-------	--	---	--	--	--	--

Lanjutan tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan

	<p>belah variasi pasir besi 60% mendapatkan nilai kuat tarik belah sebesar 2,851 MPa nilai tersebut merupakan nilai tertinggi meningkat sebesar 2,85% dari kadar pasir besi 0%.</p>	<p>menggunakan substitusi pasir besi (10%) pada umur 3 hari didapatkan sebesar 104,7 kg/cm², umur 7 hari didapatkan sebesar 144,4 kg/cm², umur 28 hari didapatkan sebesar 166,1 kg/cm², nilai kuat tekan beton dengan menggunakan substitusi pasir besi (15%) pada umur 3 hari didapatkan sebesar 124,6 kg/cm², umur 7 hari didapatkan sebesar 164,2 kg/cm², umur 28 hari didapatkan sebesar 205,7 kg/cm². Kesimpulan yang didapatkan pada</p>	<p>kuat tekan sebesar 29,221 MPa, variasi 15% - 0,3% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 28,120 MPa, dan variasi 25% - 0,3% didapatkan kuat tekan sebesar 31,786 MPa.</p>	<p>mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 51,34 MPa. Kenaikan nilai kuat tekan maksimum didapatkan pada variasi V-02 dengan substitusi pasir besi terhadap agregat halus sebesar 70% dengan kenaikan kuat tekan terhadap campuran normal mencapai 14,91%. Pada uji kuat tarik diperoleh benda uji dengan kode N sebagai kontrol (0%) mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 3,75 MPa, Benda uji dengan kode V-1 yang mengandung pasir besi 60%</p>		<p>yaitu sebesar 2,799 MPa meningkat 7,37% dibandingkan dengan beton normal sedangkan untuk nilai tarik belah terendah didapatkan pada variasi 90% yaitu sebesar 1,502 MPa menurun 42,405% dibandingkan dengan beton normal.</p>
--	---	--	---	--	--	--

Lanjutan tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan

		<p>penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton bertambah seiring dengan penambahan pasir besi sebagai substitusi agregat halus.</p>		<p>mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 3,89 MPa, Benda uji dengan kode V-2 yang mengandung pasir besi 70% mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 4,13 MPa, dan benda uji dengan kode V-3 yang mengandung pasir besi 80% mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 4,11 MPa.</p> <p>Kenaikan nilai kuat tarik maksimum didapatkan pada variasi V-2 dengan substitusi pasir besi terhadap agregat halus sebesar 70% dengan kenaikan sebesar 10,133%</p>		
--	--	---	--	--	--	--

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat beberapa perbedaan sebagai pembeda untuk menunjukkan keaslian penelitian yang dilakukan oleh penulis. Pengujian yang dilaksanakan berupa pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan substitusi pasir besi sebanyak 0%, 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90% terhadap berat total agregat halus. Pasir besi didapatkan dari pesisir pantai di daerah kutoarjo. Berdasarkan uraian tersebut penulis dapat bertanggungjawab atas keaslian penelitian ini.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan campuran antara semen portland atau hidraulik lainnya, agregat kasar maupun halus, dan tambahan air jika diperlukan dengan perbandingan tertentu (SNI-03-2847-2002). Bahan utama pencampur beton terdiri dari agregat kasar maupun halus. Agregat kasar terdiri dari batu maupun kerikil yang dapat diperoleh secara alami maupun pada industri pemecah batu dengan ukuran 5 mm sampai 40 mm. Agregat halus umumnya berupa pasir yang berukuran sekitar 5 mm. Kemudian, agregat dan semen nantinya akan terhidrasi dengan air yang akan mengeras sehingga memiliki kekuatan yang dapat digunakan dalam konstruksi (Sumajouw & Windah, 2015). Beton mempunyai sifat kuat terhadap tekanan dan lemah terhadap tegangan listrik.

Beton memiliki peranan yang penting dalam bidang konstruksi untuk menjamin kekuatan serta umur bangunan. Sebagai aspek yang penting dalam bidang konstruksi bangunan tentunya beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Menurut Tjokrodinuljo (2007), kelebihan beton antara lain sebagai berikut.

1. Harga yang relatif murah karena bahan-bahan utama pembentuk beton sangat mudah didapatkan.
2. Biaya perawatan yang murah karena beton merupakan bahan yang tahan terhadap panas serta karat.
3. Beton memiliki nilai kuat tekan yang tinggi, semakin berkualitas bahan yang digunakan dalam pembentukannya maka nilai kuat tekannya juga semakin tinggi.
4. Pengerjaan mudah, karena beton memiliki sifat yang mudah dicetak, dibentuk, serta dipindahkan ketika dalam keadaan segar.

Menurut Tri Mulyono (2005) selain memiliki kelebihan, beton juga memiliki kekurangan antara lain sebagai berikut.

1. Beton yang sudah dibentuk sulit untuk diubah.
2. Beton memiliki berat yang tinggi berkisar antara 1800 kg/m^3 hingga 2400 kg/m^3 .
3. Beton memiliki cara pembuatan yang bermacam sehingga dalam pembentukannya memerlukan ketelitian yang tinggi.
4. Beton memiliki nilai kuat tekan yang tinggi dan nilai kuat tarik yang rendah, diperlukan tambahan tulangan agar beton memiliki daya tarik yang kuat.

3.2 Bahan Penyusun Beton

Tjokrodinuljo (1996) dalam Sianturi, dkk (2017) menjelaskan bahwa campuran beton terdiri dari dua kelompok komponen, yaitu kelompok aktif dan pasif. Kelompok aktif yang terdiri dari semen, air, dan bahan tambahan kimia lainnya merupakan bahan pengikat. Selain itu, bahan pengisi sebagai kelompok pasif terdiri dari agregat kasar maupun halus. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh jenis bahan penyusunnya. Beton akan mempunyai kuat tekan lebih tinggi jika bahan penyusunnya bagus dan solid. Sifat penting dari beton adalah memiliki nilai kuat tekan yang tinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa sifat-sifat lain juga baik. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton adalah kualitas bahan penyusunnya, perbandingan air-semen, gradasi agregat, ukuran partikel agregat maksimum, metode pengolahan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan pengawetan), serta umur beton. Umumnya, beton terdiri dari 60 - 70% agregat kasar dan halus, 7 - 15% semen, 14 - 21% air, dan 1 - 8% udara (Herdiansyah & Pangaribuan, 2013).

3.2.1 Semen *Portland*

Menurut SNI 15-2049-2004, Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen yang mengandung kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama dengan bahan lain berupa air, agregat halus, dan agregat kasar baik dengan ataupun tanpa bahan tambah. Semen dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu, semen hidrolis dan non-hidrolis. Semen hidrolis adalah semen yang mengeras ketika bereaksi dengan air, tahan terhadap air, dan

stabil dalam air setelah mengeras. Sementara itu, semen non-hidrolis dapat mengeras, namun tidak stabil apabila berada dalam air.

Menurut SNI 15-2049-2004, semen portland dibedakan menjadi beberapa tipe antara lain

1. Tipe I

Tipe I adalah semen *portland* yang sering digunakan secara umum dan tidak memiliki persyaratan khusus seperti tipe semen lainnya,

2. Tipe II

Tipe II adalah semen *portland* yang dirancang untuk memiliki ketahanan terhadap sulfat atau untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi sedang.

3. Tipe III

Tipe III adalah semen *portland* yang membutuhkan kekuatan awal yang tinggi setelah proses pengikatan,

4. Tipe IV

Tipe IV adalah semen *portland* yang dirancang untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi rendah.

5. Tipe V

Tipe V adalah semen *portland* yang dirancang untuk penggunaan yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat

Agregat merupakan bahan pengisi utama pada campuran beton dan mortar (Herdiansyah & Pangaribuan, 2013). Kualitas beton dapat ditentukan dengan perencanaan dan pemantauan bahan yang digunakan dengan lebih baik dan hati-hati. Agregat dapat diperoleh dari batuan yang telah melalui proses penghancuran alami maupun dengan mesin pemecah batu (*Stone Crusher*). Agregat memiliki peran penting terhadap campuran beton, hal ini dikarenakan volume agregat merupakan 60-80% dari total volume beton. Jika mutu agregat tidak diperhatikan, maka kualitas beton akan terkena dampak negatif. Tujuan dari penggunaan agregat pada beton untuk mengurangi jumlah semen Portland yang dibutuhkan,

menghasilkan beton yang lebih kuat, serta mengurangi waktu pengerasan beton dan untuk mengontrol konsistensi beton.

1. Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, agregat halus merupakan hasil alam dari disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan dengan proses tertentu dari industri pemecah batu yang mempunyai ukuran maksimum 5 mm. Persyaratan agregat halus yang harus dipenuhi dalam campuran beton adalah sebagai berikut.

- a. Butir-butir halus bersifat tetap, yang berarti tidak akan pecah atau hancur akibat pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus ini dapat diuji menggunakan larutan garam jenuh, serta memiliki batas maksimum bagian yang hancur adalah 10% dari berat total.
- b. Agregat halus yang baik memiliki kadar lumpur <5% (berdasarkan berat kering), jika melebihi batas tersebut, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan lumpurnya.
- c. MHB agregat halus memiliki nilai antara 1,5-3,8.

Tabel 3. 1 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan			
	Daerah I (Kasar)	Daerah II (Agak kasar)	Daerah III (Agak halus)	Daerah IV (Halus)
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 03-1970-2008

2. Agregat Kasar

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil dari disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu yang memiliki ukuran butir antara 5 mm hingga 10 mm. Persyaratan agregat kasar yang harus dipenuhi dalam campuran beton adalah sebagai berikut.

- a. Butiran keras, tidak berpori, dan bersifat kekal yang berarti tidak mudah pecah akibat pengaruh cuaca.
- b. Tidak boleh mengandung >1% lumpur, apabila lebih maka harus dicuci terlebih dahulu.
- c. Tidak boleh mengandung zat-zat yang bersifat korosif atau merusak batuan seperti zat yang mengandung alkali.
- d. Agregat kasar yang berbentuk pipih hanya dapat digunakan apabila jumlahnya tidak lebih dari 20% berat keseluruhan.

Tabel 3. 2 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95 - 100	100
20	35 - 70	95 - 100
10	10 - 35	25 - 55
4,8	0 - 5	0 - 10

Sumber : SNI 03-1969-2008

3.2.3 Air

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari zat-zat berbahaya seperti minyak, asam, basa, garam, zat organik, atau zat lain yang dapat merusak beton atau baja tulangan. Air digunakan dalam proses pembuatan beton untuk mencampur, mengeraskan, dan

mengeraskan, sehingga harus diuji terlebih dahulu untuk memenuhi persyaratan tertentu. Air selain bermanfaat dalam menghidrasi semen, juga bermanfaat sebagai mengubah beton menjadi pasta yang dapat diolah. Dalam proses konstruksi, perhatikan juga kejernihan air, jangan menggunakan air jika kotoran mengambang. Selain inspeksi visual, pengujian juga harus dilakukan di laboratorium kimia untuk memastikan air bebas dari kontaminan. Tingkat keasaman juga sangat mempengaruhi adonan sehingga nilai pH air tidak boleh melebihi 6 dan kandungan kapur tidak boleh terlalu rendah.

3.2.4 Pasir Besi

Menurut Hillman (2014) dalam Hamid dkk (2023), pasir besi adalah endapan pasir yang mengandung mineral, yang dapat ditemukan di sepanjang pantai, seperti di pesisir barat Sumatera, pesisir selatan Jawa dan Bali, pesisir Sulawesi, serta pesisir utara Nusa Tenggara Timur, Maluku, dan Papua. Ketersediaan pasir besi di Indonesia sangat tinggi karena dapat digunakan dalam campuran beton. Pasir ini terbentuk ketika batuan mineral besi terurai oleh cuaca, menumpuk dan tersapu oleh gelombang laut. Pasir besi ini sering digunakan sebagai bahan baku industri logam besi karena kaya akan zat besi.

Pasir besi tersusun dari besi oksida (Fe_2O_3), silikon dioksida (SiO_2), dan magnesium (MgO) (Agus, 2019). Pasir besi pada campuran beton berfungsi untuk memperbaiki permukaan antara beton dengan agregat kasar (Agusri & Rivai, 2019). Kandungan unsur magnesium yang relatif rendah dapat mengurangi terjadinya pengkristalan pada struktur beton, terutama bila senyawa tersebut dicampur dengan air. Fenomena pengkristalan ini terjadi pada fase perkembangan kekuatan beton, di mana kekuatan tekan beton cenderung berkurang seiring bertambahnya usia beton.

3.3 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan Campuran Beton mengacu pada standar SNI-03-2834-2000 dilakukan ketika umur beton mencapai 28 hari dengan pengujian kuat tekan maupun kuat tarik belah beton dengan kuat tekan rencana (f'_c) 25 MPa. Prosedur perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Menentukan mutu beton berdasarkan kuat tekan rencananya. Penelitian ini menggunakan kuat tekan yang direncanakan sebesar 25 Mpa (K-300)
2. Menentukan Deviasi Standar (Sd)
 Nilai Deviasi Standar sudah ditentukan dalam peraturan yang ada, untuk menentukan nilainya dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 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

3. Menghitung nilai tambah berdasarkan persamaan 3.1 berikut

$$M = 1,64 \times Sr \quad (3.1)$$
 dengan :
 M = Nilai tambah
 $1,64$ = Tetapan statistik yang nilainya bergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimal 5%
 Sr = Deviasi standar rencana
4. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2.

$$f_{cr} = f'_c + M \quad (3.2)$$
 dengan:
 f_{cr} = Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (MPa)
 f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa)
 M = Nilai tambah (MPa)

5. Menentukan jenis semen yang digunakan.

Pemilihan jenis semen dapat memengaruhi faktor air semen. Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen *portland* tipe 1 merek Tiga Roda.

6. Menentukan jenis agregat.

Berdasarkan SNI 03-2834-2000, agregat halus terdiri dari 4 kategori berdasarkan gradasinya, yaitu pasir kasar, agak kasar, agak halus, dan halus. Agregat kasar terdiri dari dua kategori yaitu kerikil alami dan kerikil batu pecah yang berasal dari industri pemecah batu.

7. Menentukan faktor air semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan antara berat semen dengan berat air pada campuran beton. Semakin tinggi kekuatan beton yang direncanakan, maka semakin rendah nilai faktor air semen yang didapatkan. Untuk menentukan faktor air semen dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Gambar 3.1 berikut.

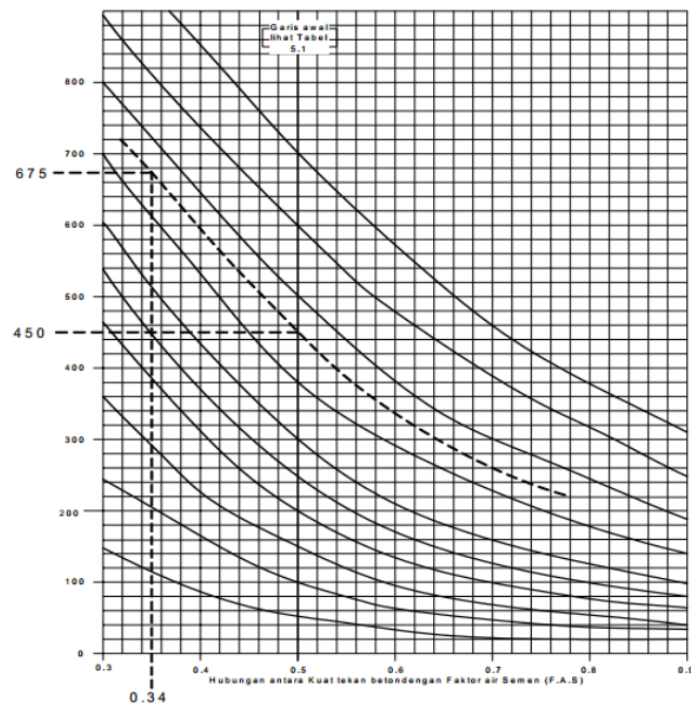
Tabel 3. 4 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas=0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)					
		Pada Umur (hari)				Benda Uji	
		3	7	28	29		
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder	
	Batu pecah	19	27	37	45		
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus	
	Batu pecah	23	32	45	54		

Lanjutan Tabel 3.4 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas=0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)				
		Pada Umur (Hari)				Benda Uji
		3	7	28	29	
Semen Portland 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	

Sumber: SNI-03-2834-2000

**Gambar 3. 1 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen**

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

8. Menentukan nilai *slump*

Nilai *slump* adalah besar penurunan permukaan beton segar. Semakin tinggi nilai *slump*, maka beton semakin encer. Menentukan nilai *slump* yang tepat sesuai dengan kondisi pekerjaan akan menghasilkan beton yang lebih mudah untuk dikerjakan.

9. Menentukan ukuran butir agregat maksimum

Ukuran butir agregat yang disyaratkan dalam pembuatan campuran beton menurut SNI 03-2834-2000 tidak boleh melebihi dari seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, sepertiga dari tebal pelat, dan tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang tulangan.

10. Menentukan nilai kadar air bebas

Kadar air bebas dapat ditentukan pada Tabel 3.5 dan persamaan 3.3 berikut.

Tabel 3. 5 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton

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

Sumber : SNI 03-2834-2000

$$W = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.3)$$

dengan :

W = Jumlah air yang dibutuhkan (Kg/m^3)

W_h = Jumlah air untuk agregat halus (Kg/m^3)

W_k = Jumlah air untuk agregat kasar (Kg/m^3)

11. Menentukan kebutuhan semen

Untuk menentukan kebutuhan semen dapat dilihat pada persamaan 3.4 berikut

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

dengan :

c = Jumlah semen (Kg/m^3)

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

fas = Faktor air semen

12. Menentukan kadar semen minimum

Untuk menentukan kadar semen minimum dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3. 6 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan *fas* Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum Per m3 Beton (Kg)	Nilai <i>fas</i> Maksimum
Beton di dalam ruangan bangunan		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif		
disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52

Lanjutan Tabel 3. 6 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan *fas* Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum Per m3 Beton (Kg)	Nilai <i>fas</i> Maksimum
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,50
b. Mendapatkan pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 6

Sumber : SNI-03-2834-2000

13. Menentukan susunan butir agregat halus

Penentuan susunan butir agregat halus dilakukan dengan pengujian analisa saringan untuk menentukan gradasi pada agregat halus.

14. Menentukan berat jenis agregat halus dan agregat kasar

Penentuan berat jenis agregat halus dan agregat kasar dilakukan dengan pengujian berat jenis untuk mendapatkan berat jenis pada agregat dan yang digunakan adalah berat jenis SSD.

15. Menghitung berat jenis agregat

Perhitungan berat jenis agregat dapat dilihat pada persamaan 3.5 berikut.

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

dengan :

BJ_{Ag} = Berat jenis gabungan agregat

BJ_{AH} = Berat jenis agregat halus

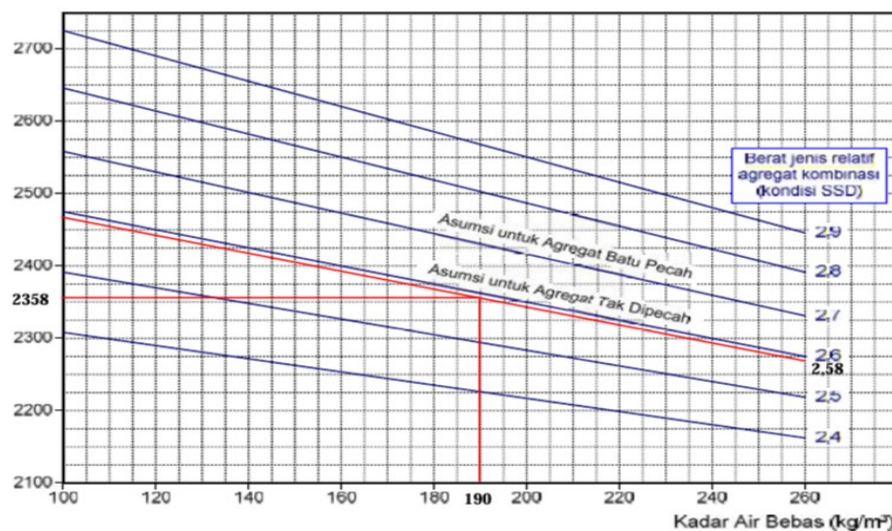
B_{JAK} = Berat jenis agregat kasar

% AH = Persentase agregat halus

% AK = Persentase agregat kasar

16. Menentukan berat isi beton

kadar air bebas dan berat jenis gabungan digunakan untuk menentukan berat isi beton dengan menggunakan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Grafik Perkiraan Isi Berat Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

17. Menghitung kadar agregat gabungan

Kadar agregat gabungan dapat dihitung menggunakan persamaan 3.6 berikut.

$$W_{Ag} = W_{Beton} - W_{Semen} - w \quad (3.6)$$

dengan :

W_{Ag} = Berat kadar agregat gabungan (Kg/m^3)

W_{Beton} = Berat isi beton (Kg/m^3)

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

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

18. Menghitung kadar agregat halus

Berat agregat halus dapat dihitung menggunakan persamaan 3.7 berikut.

$$W_{AH} = \%AH \times W_{Ag} \quad (3.7)$$

dengan :

W_{AH} = Kadar agregat halus (Kg/m^3)

%AH = Persentase agregat halus (%)

W_{Ag} = Kadar agregat gabungan (Kg/m^3)

19. Menghitung kadar agregat kasar

Kadar agregat kasar dapat dihitung menggunakan persamaan 3.8 berikut.

$$W_{AK} = W_{AH} \times W_{Ag} \quad (3.8)$$

dengan :

W_{AK} = Kadar agregat kasar (Kg/m^3)

W_{AH} = Kadar agregat halus (Kg/m^3)

W_{Ag} = Kadar agregat gabungan (Kg/m^3)

3.4 *Slump* Beton

Nilai *Slump* adalah nilai penurunan ketinggian beton segar diukur dari atas permukaan beton yang diukur setelah cetakan diangkat. Uji *slump* adalah metode yang digunakan untuk mengetahui kekakuan dari campuran beton dalam kondisi segar untuk mengetahui tingkat *workability*. Kekakuan dalam beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Uji *slump* menunjukkan bahwa beton cukup, kekurangan, atau kelebihan air.

3.5 Perawatan Beton

Perawatan beton atau yang biasa disebut curing merupakan teknik perendaman beton yang dilakukan langsung setelah beton diangkat dari cetakan beton. Curing memiliki tujuan untuk menjaga beton agar tidak kehilangan air, memastikan reaksi hidrasi semen supaya dapat berlangsung dengan baik sehingga mencapai mutu beton yang direncanakan dan menjaga supaya beton tidak menyusut akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat, sehingga dapat menyebabkan keretakan pada beton. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, curing disyaratkan selama 7 hari untuk beton normal, akan tetapi durasi pelaksanaan curing dapat

memengaruhi mutu beton, keawetan beton, ketahanan permukaan, dan kestabilan volume.

3.6 Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan beton adalah pengukuran tegangan per satuan luas di mana suatu benda uji akan rusak jika diberikan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji. Kuat tekan beton merupakan sifat mutu beton yang paling penting dibandingkan dengan sifat beton lainnya. Nilai kuat tekan beton ditentukan dengan mengatur proporsi semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Air digunakan untuk menghasilkan reaksi kimia selama proses pengawetan beton. Meskipun kelebihan air dapat mempermudah pengerjaan, hal tersebut justru dapat mengurangi kekuatan beton (Febriadi dkk, 2016). Berdasarkan SNI 03-1974-2011, nilai kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan persamaan 3.9 berikut.

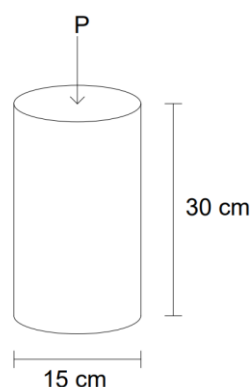
$$f_c = \frac{P}{A} \quad (3.9)$$

dengan :

f_c = Kuat tekan beton (N/mm^2)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda (mm^2)



Gambar 3. 3 Sketsa Uji Kuat Tekan

3.7 Uji Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton dapat diartikan sebagai beban yang diberikan pada saat benda uji diletakkan mendatar sejajar dengan sisi meja tekan dan ditekan dengan mesin uji. Berdasarkan SNI-2491-2014, dilakukan uji tarik belah sebanyak kali untuk mengevaluasi kekuatan struktur anggota beton menggunakan agregat ditinjau dari kuat gesernya. Uji tarik belah dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. dan dapat dihitung dengan persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$T = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot L \cdot D} \quad (3.10)$$

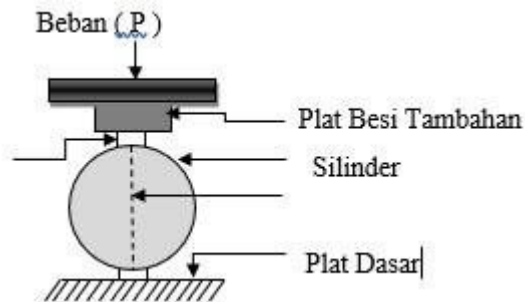
dengan :

T = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban maksimum (N)

L = Panjang benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)



Gambar 3. 4 Sketsa Uji Kuat Tarik Belah

(Sumber : Haibaho, dkk 2020)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Metode ini pada dasarnya melibatkan satu atau lebih variabel yang akan dianalisis untuk mengidentifikasi hubungan sebab akibat dengan cara memanipulasi variabel bebas dan mengukurnya menggunakan variabel terikat. Tahapan dalam penelitian ini meliputi pengujian agregat, perencanaan desain campuran (*mix design*) berdasarkan acuan SNI 03-2834-2000, pembuatan dan pengujian benda uji. Bahan lain yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir besi dengan variasi 0%, 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90% sebagai pengganti sebagian agregat halus untuk mengamati pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel bebas
Variabel bebas yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi kadar bahan tambah pasir besi.
2. Variabel terikat
Variabel terikat dalam penelitian ini meliputi kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
3. Variabel kontrol
Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu dimensi benda uji, bentuk benda uji, dan kuat tekan beton rencana (f'_c).

4.3 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan campuran beton pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen Portland
Semen portland dalam campuran beton berperan sebagai bahan pengikat. Semen yang digunakan dalam penelitian adalah jenis PCC dengan merek Tiga Roda.
2. Agregat kasar
Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo, berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm.
3. Agregat halus
Agregat halus yang digunakan diperoleh dari Sungai Progo, berupa pasir lolos saringan 4,80 mm.
4. Air
Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, dengan kondisi air yang jernih dan tidak berbau
5. Bahan tambah
Bahan tambah yang digunakan berupa bahan tambah mineral, yaitu pasir besi dengan kadar sebesar 0%, 80%, 82%, 84%, 86%, 88%, dan 90% dari total berat agregat halus.

4.4 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan peralatan yang tersedia di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Adapun perlengkapan yang digunakan yaitu:

1. Hidrometer
Hidrometer adalah alat untuk menguji berat jenis dan daya serap air agregat halus.

2. Timbangan
Timbangan digunakan untuk menimbang bahan yang digunakan untuk membuat benda uji.
3. Saringan
Saringan yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan mesh yang nantinya akan digunakan dalam pengujian analisis ayakan agregat kasar dan halus.
4. Neraca *Ohaus*
Neraca *Ohaus* mempunyai fungsi yang sama dengan timbangan, namun lebih akurat. Timbangan *Ohaus* juga digunakan untuk menimbang bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji.
5. Ember
Ember atau wadah digunakan untuk menampung bahan yang nantinya akan dimasukkan ke dalam alat pengaduk beton.
6. Cetakan Benda Uji
Cetakan benda uji berfungsi sebagai wadah pembentuk beton. Bentuk benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, serta balok dengan dimensi 10 cm x 10 cm x 40 cm.
7. Oven
Oven berfungsi untuk mengeringkan agregat halus dan kasar yang telah dicuci.
8. Pengaduk Beton (*Concrete mixer*)
Pengaduk beton digunakan untuk mencampur bahan-bahan seperti semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambahan sesuai dengan proporsi yang telah ditentukan.
9. *Abrams Cone*
Abrams Cone digunakan untuk mengukur kemerosotan beton segar sebelum dituangkan ke dalam cetakan benda uji.
10. Sekop
Pada penelitian ini, Sekop digunakan untuk menuangkan beton segar ke dalam cetakan benda uji.

11. **Alat Uji Kuat Tekan**

Alat uji kuat tekan digunakan untuk mengukur nilai kuat tekan suatu benda uji berbentuk silinder dengan memberikan beban vertikal pada benda uji tersebut hingga roboh.

12. **Mesin Uji Kuat Tarik Belah**

Mesin ini digunakan untuk mengukur nilai kuat tarik belah sampel berbentuk silinder dengan menempatkannya pada posisi horizontal dan memberikan beban vertikal hingga sampel tersebut roboh.

4.5 Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini, benda uji yang digunakan berupa beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian yang akan dilakukan pada benda uji adalah pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton yang diuji pada umur beton 28 hari. Jumlah benda uji yang digunakan yaitu 70 sampel dengan rincian kebutuhan benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Tabel Rincian Benda Uji

No	Kode Benda Uji	Kadar Pasir Besi	Jumlah Benda Uji Kuat Tekan	Jumlah Benda Uji Kuat Tarik Belah
1	N	0%	5	5
2	V-80	80%	5	5
3	V-82	82%	5	5
4	V-84	84%	5	5
5	V-86	86%	5	5
6	V-88	88%	5	5
7	V-90	90%	5	5
Jumlah			35	35
			70	

Keterangan :

N = Beton normal

V-80 = Beton variasi pasir besi 80% dari berat total agregat halus

V-82 = Beton variasi pasir besi 82% dari berat total agregat halus

V-84 = Beton variasi pasir besi 84% dari berat total agregat halus

V-86 = Beton variasi pasir besi 86% dari berat total agregat halus

V-88 = Beton variasi pasir besi 88% dari berat total agregat halus

V-90 = Beton variasi pasir besi 90% dari berat total agregat halus

4.6 Pelaksanaan Penelitian

4.6.1 Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal sebelum melakukan sebuah penelitian. Pada tahap ini dilakukan analisis menggunakan data sekunder dari tinjauan pustaka dari berbagai sumber seperti majalah dan buku. Selain itu, diperlukan juga persiapan bahan dan alat untuk menunjang penelitian.

4.6.2 Pengujian Agregat

Pengujian agregat adalah pengujian agregat halus dan kasar dengan tujuan untuk menentukan sifat dan karakteristik agregat sebelum merencanakan campuran beton (*mix design*). Adapun jenis pengujian agregat halus dan agregat kasar serta standarnya adalah sebagai berikut.

1. Uji berat jenis dan daya serap air agregat halus mengacu pada SNI 1970-2016.
2. Uji berat jenis dan daya serap air agregat kasar mengacu pada SNI 1969-2016.
3. Uji analisis saringan agregat halus mengacu pada SNI 1968-1990.
4. Uji analisis ayakan agregat kasar mengacu pada SNI 1968-1990.
5. Uji berat volumetrik padat dan volumetrik lepas agregat halus mengacu pada SNI 4804-1998.
6. Uji berat volumetrik padat dan volumetrik lepas agregat kasar mengacu pada SNI 4804-1998.
7. Uji lolos saringan no. 200/ Kadar lumpur mengacu pada SNI 4142-1996.

4.6.3 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran bahan beton, seperti semen, agregat halus, agregat kasar dan air harus diatur dilakukan dengan teliti saat merancang komposisinya. Proses perancangan campuran ini mengacu pada SNI 03-2834-2000. Hasil dari perancangan tersebut adalah rasio bahan-bahan penyusun beton yang digunakan dalam pembuatan benda uji.

4.6.4 Pembuatan dan Pengujian Benda Uji Trial Umur 7 Hari

Benda uji *trial* yang sudah dibentuk sesuai dengan hasil dari perancangan campuran beton selanjutnya dilakukan pengujian untuk mendapatkan hasil yang dapat dilihat apakah perancangan campuran sudah sesuai dengan yang direncanakan.

4.6.5 Pengujian Sampel Benda Uji

Sampel yang telah dibuat dan dibentuk dilakukan pengujian terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik yang telah melalui proses perawatan yaitu perendaman selama 28 hari. Pengujian yang dilakukan meliputi uji kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan metode pengujian sebagai berikut:

1. Uji kuat tekan beton

Tujuan pengujian kuat tekan beton adalah untuk mengukur nilai kuat tekan suatu benda uji berbentuk silinder dengan memberikan beban vertikal hingga benda uji tersebut roboh. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji kompresi.

Adapun langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. Menimbang dan mengukur dimensi benda yang akan diperiksa.
- b. Benda uji ditempatkan di tengah alat uji kompresi.
- c. Jalankan penguji kompresi hingga objek uji runtuh.
- d. Baca muatannya dan isi formulirnya.
- e. Analisis hasil pengujian menurut SNI 03-1974-2011.

2. Uji kuat tarik belah beton

Tujuan dari pengujian kuat tarik belah beton adalah untuk mengukur nilai kuat tarik belah suatu benda uji berbentuk silinder dengan memberikan beban vertikal pada benda uji mendatar hingga benda uji tersebut roboh. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji kompresi.

Langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. Menimbang dan mengukur dimensi benda yang akan diperiksa.
- b. Compression Tester digunakan untuk meletakkan benda uji.
- c. Jalankan penguji kompresi hingga objek uji runtuh.
- d. Baca muatannya dan isi formulirnya.
- e. Analisis hasil pengujian berdasarkan SNI-2491-2014

4.6.6 Analisis Data

Pada tahap ini, dilakukan perbandingan berdasarkan kategori variabel tertentu untuk mendapatkan hasil, seperti perbedaan dalam kuat tekan dan tarik belah serta pengaruh bahan tambahan yang digunakan terhadap kualitas beton.

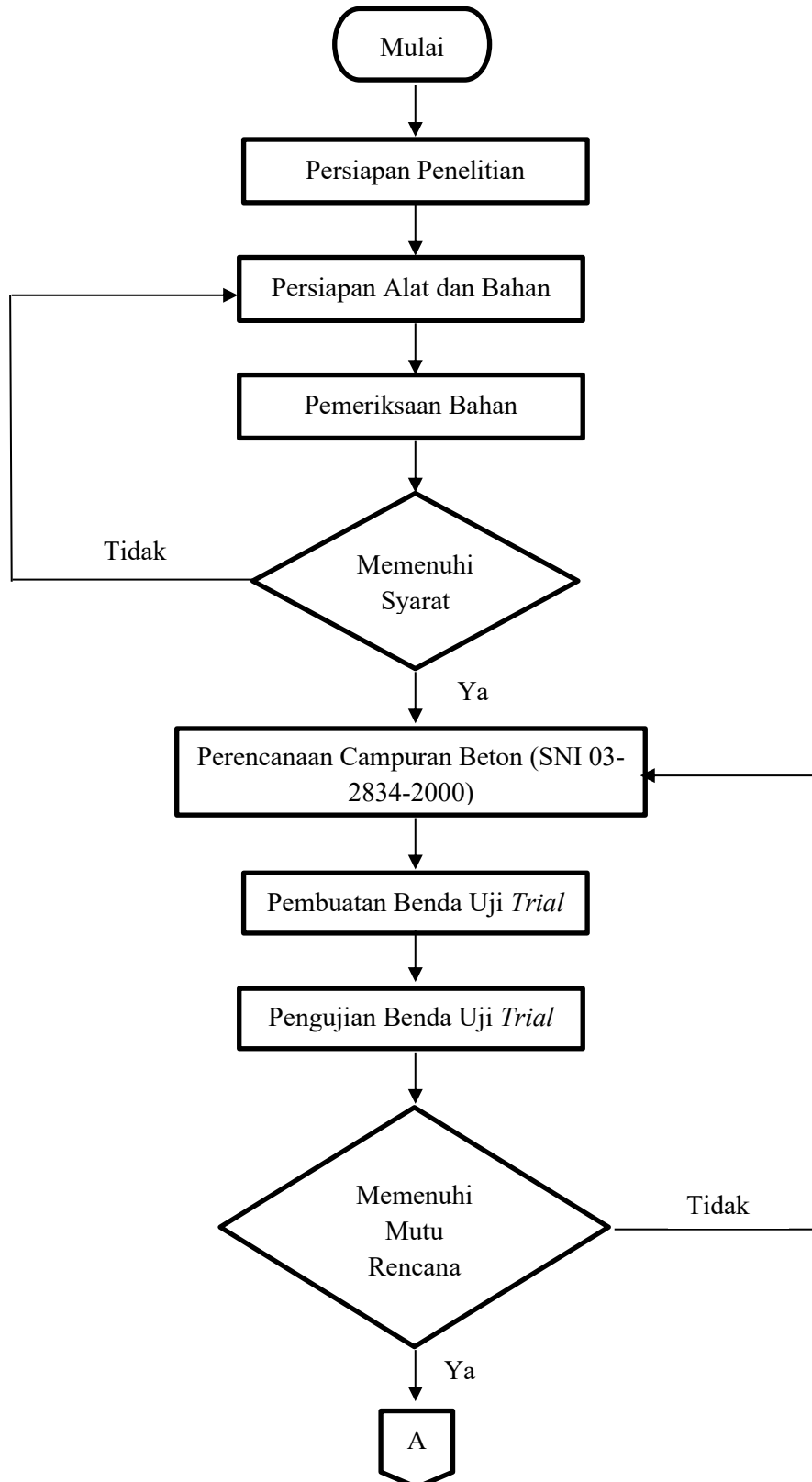
4.6.7 Pembahasan

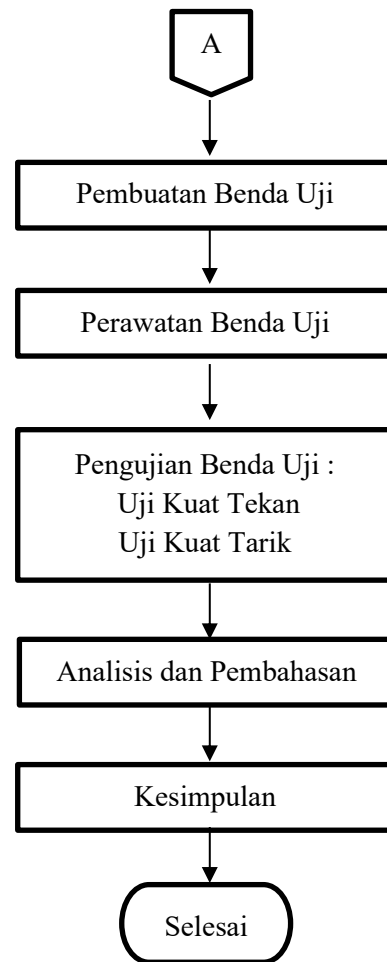
Pada tahap ini, dilakukan pembahasan untuk mendapatkan jawaban atau kesimpulan mengenai perbedaan yang teridentifikasi pada tahap analisis data yang telah dilakukan sebelumnya.

4.6.8 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir penelitian ini, semua data hasil analisis dikumpulkan dan disusun menjadi kesimpulan yang relevan dengan tujuan penelitian. Setelah itu, diberikan saran untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

4.7 Diagram Alir Penelitian





Gambar 4.1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Data dari hasil pengujian nantinya akan dianalisis dan dibahas sehingga memperoleh hasil yang telah direncanakan. Penelitian ini melalui beberapa proses seperti pengujian berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan agregat halus dan kasar, berat volume agregat halus dan kasar, *mix design*, serta dilakukan uji kuat tekan maupun tarik belah beton. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

5.2 Pemeriksaan Material Penyusun Beton

Pemeriksaan material penyusun beton yang diperoleh dari data mengenai berat jenis dan penyerapan air, berat volume agregat, modulus halus butir agregat serta kadar lumpur dalam agregat. Pengujian tersebut dilakukan untuk mendapatkan data-data mengenai material yang akan digunakan dalam penelitian sehingga didapatkan karakteristik dan sifat material penyusunnya. Pembuatan *mix design* didasarkan pada pengujian material penyusunnya sehingga data-data material harus sesuai dan memenuhi persyaratan.

5.2.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan berasal dari Sungai Progo, dengan pengujian yang meliputi berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan, uji berat volume, dan uji kadar lumpur (lolos saringan no.200).

1. Berat jenis dan daya serap air

Pengujian berat jenis dan daya serap air dilakukan berdasarkan SNI 1970-2016. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Daya Serap Air Agregat Halus

Uraian	Hasil		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	478	483	480,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	996	1001	998,5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	683	695	689
Berat jenis curah BK/(BJ-Ba)	2,556	2,490	2,522
Berat jenis jenuh kering muka (SSD) BJ/(BJ-Ba)	2,674	2,577	2,625
Berat jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,897	2,729	2,812
Penyerapan air (Bj-Bk)/Bk x 100%	4,60%	3,52%	4,061%

Berdasarkan Tabel 5.1 di atas didapatkan nilai berat jenis jenuh kering muka (SSD) sebesar 2,625 dan penyerapan air sebesar 4,061%. Berat jenis agregat tersebut memenuhi persyaratan yang ditetapkan sesuai dengan SNI 1970-2016 yakni sebesar 2,5%-2,7%.

2. Analisa saringan agregat halus

Pengujian analisa saringan dilakukan untuk menentukan nilai modulus halus butir (MHB). Pengujian ini mengacu pada SNI 1968-1990. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	134	6,70	6,70	93,30
2,40	121	6,05	12,75	87,25
1,20	165	8,25	21,00	79,00
0,60	428	21,40	42,40	57,60
0,30	603	30,15	72,55	27,45
0,15	458	22,90	95,45	4,55
Sisa	91	4,55	100	0
Jumlah	2000	100	250,850	349,150

Berdasarkan Tabel 5.2, nilai modulus halus butir dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{250,85}{100} \\
 &= 2,509
 \end{aligned}$$

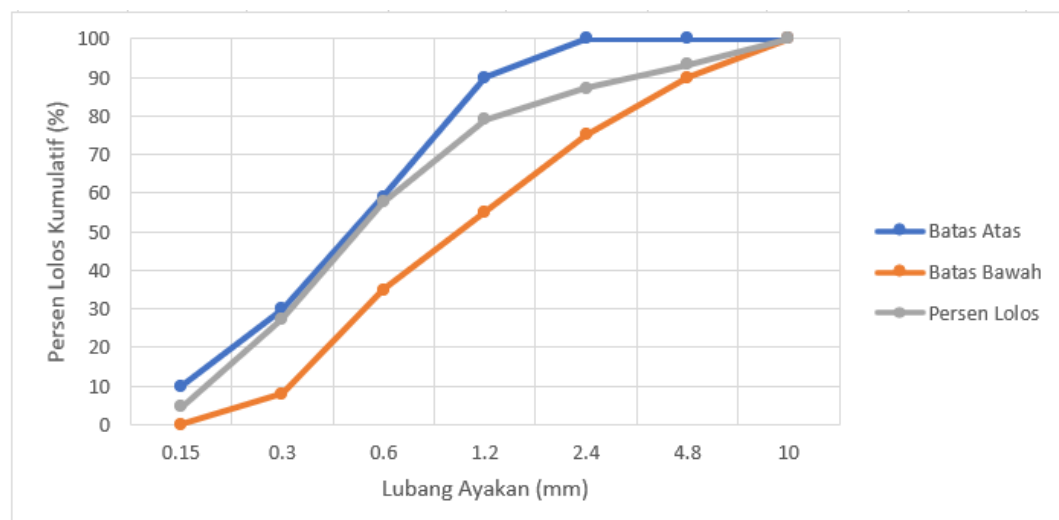
Berdasarkan SNI 03-1750-1990 nilai modulus halus butir yang disyaratkan yakni sebesar 1,5-3,8. Pada pengujian ini, diperoleh nilai modulus halus butir sebesar 2,509, yang sudah memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Selain untuk menentukan nilai modulus halus butir, pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat halus. Daerah gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Daerah Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan			
	Daerah I (Kasar)	Daerah II (Agak kasar)	Daerah III (Agak halus)	Daerah IV (Halus)
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 03-1970-2008

Berdasarkan Tabel 5.3 di atas agregat halus yang digunakan pada penelitian ini termasuk dalam daerah gradasi II dengan jenis agregat halus agak kasar. Grafik hubungan persentase lolos kumulatif dengan persen butiran yang lewat saringan gradasi daerah II dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.

**Gambar 5.1 Batas Gradasi Agregat Halus Daerah II**

3. Berat Volume Agregat Halus

Pengujian berat volume agregat halus dilaksanakan mengacu pada SNI 4804-1998. Hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 Berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1), gram	11062	11073
Berat Tabung + Agregat SSD (W2), gram	18706	19416
Berat Agregat (W3), gram	7644	8343
Diameter Tabung (d), cm	14,97	15,03
Tinggi Tabung (t), cm	30	30,02
Volume Tabung (V), cm^3	5280,253	5326,213
Berat Volume Padat, $gram/cm^3$	1,447	1,566

Berdasarkan Tabel 5.4 di atas didapatkan data berat volume padat. Perhitungan Berat Volume Padat dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Berat Volume Padat} = \frac{\sum \text{Berat volume padat}}{2}$$

$$\text{Berat Volume Padat} = \frac{1,447 + 1,566}{2}$$

$$\text{Berat Volume Padat} = 1,507$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai berat volume padat sebesar 1,507. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan yakni sebesar 1,5-1,8.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1), gram	11062	11073
Berat Tabung + Agregat SSD (W2), gram	17786	18315
Berat Agregat (W3), gram	6724	7242
Diameter Tabung (d), cm	14,97	15,03
Tinggi Tabung (t), cm	30	30,02
Volume Tabung (V), cm^3	5280,253	5326,213
Berat Volume Gembur, $gram/cm^3$	1,273	1,359

Berdasarkan Tabel 5.5 di atas didapatkan data berat volume gembur. Perhitungan Berat Volume Gembur dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Berat volume gembur} = \frac{\sum \text{Berat volume gembur}}{2}$$

$$\text{Berat volume gembur} = \frac{1,273 + 1,359}{2}$$

$$\text{Berat volume gembur} = 1,316$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan nilai berat volume gembur yakni sebesar 1,316.

4. Uji Kadar Lumpur (Lolos Saringan no.200)

Pengujian kadar lumpur dilaksanakan mengacu kepada SNI 4142-1996. Hasil Pengujian kadar lumpur (lolos saringan no.200) dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur (Lolos Saringan no.200)

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	481	484
Berat lolos saringan no.200	3,80	3,20

Berdasarkan Tabel 5.6 di atas didapatkan data berat lolos saringan no.200. Perhitungan berat lolos saringan no.200 dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\sum \text{Berat lolos saringan no.200}}{2}$$

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{3,8 + 3,2}{2}$$

$$\text{Kadar Lumpur} = 3,5$$

Berdasarkan hasil pengujian di atas didapatkan nilai kadar lumpur rata-rata sebesar 3,5%. Nilai tersebut telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 04-1989 yakni maksimal sebesar 5%.

5.2.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Clereng, Kulon Progo. Pengujian yang dilakukan meliputi berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan, uji berat volume, serta uji kadar lumpur (lolos saringan no.200).

1. Berat jenis dan penyerapan air

Pengujian berat jenis dan daya serap air dilakukan dengan mengacu kepada SNI 1969-2016. Hasil pengujian berat jenis dan daya serap air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Uji Berat Jenis dan Daya Serap Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Kerikil mutlak, gram (Bk)	4792	4796	4794
Berat kerikil jenuh kering muka, gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3035	3040	3037,5
Berat jenis curah BK/(BJ-Ba)	2,439	2,447	2,442
Berat jenis jenuh kering muka (SSD) BJ/(BJ-Ba)	2,545	2,551	2,547
Berat jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,727	2,731	2,729
Penyerapan air (Bj-Bk)/Bk x 100%	4,34%	4,25%	4.30%

Berdasarkan Tabel 5.7 di atas didapatkan nilai berat jenis jenuh kering muka (SSD) sebesar 2,547 dan daya serap air sebesar 4,30%. Berat jenis agregat tersebut memenuhi persyaratan yang ditetapkan sesuai dengan SNI 1969-2016 yakni sebesar 2,5%-2,7%.

2. Analisa saringan agregat kasar

Pengujian analisa saringan dilakukan untuk menentukan nilai modulus halus butir (MHB). Pengujian analisa saringan agregat kasar mengacu pada SNI 1968-1990. Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	203	4,06	4,06	95,94
10,00	2745	54,90	58,96	41,04
4,80	1756	35,12	94,08	5,92
2,40	80	1,60	95,68	4,32
1,20	21	0,42	96,10	3,90
0,60	0	0	96,10	3,90
0,30	0	0	96,10	3,90
0,15	0	0	96,10	3,90
Sisa	195	3,9	100	0
Jumlah	5000	100	637,18	262,82

Berdasarkan Tabel 5.8 dapat dihitung nilai modulus halus butir sebagai berikut.

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{637,18}{100}$$

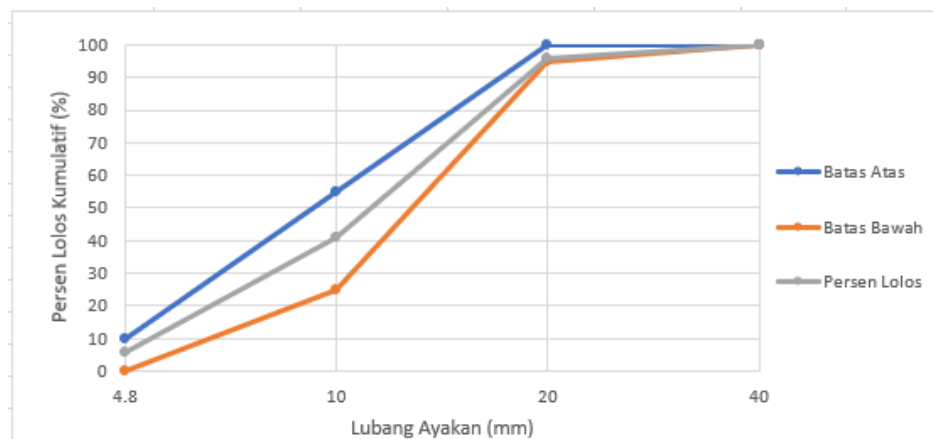
$$= 6,371$$

Menurut Tjokrodimuljo (1992) nilai modulus halus butir agregat kasar yang disyaratkan yakni sebesar 6,0-7,0. Pada pengujian ini didapatkan nilai modulus halus butir sebesar 6,371. Nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan yang ada. Selain untuk menentukan nilai modulus halus butir, pengujian analisa saringan juga bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat. Daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Daerah Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan	
	Gradasi Agregat	
	40 mm	20 mm
40	95 - 100	100
20	30 - 70	95 - 100
10	10 - 35	25 - 55
4,8	0 - 5	0 - 10

Berdasarkan Tabel 5.9 di atas, batas gradasi ukuran butir maksimum adalah 20 mm. Grafik hubungan antara persen lolos kumulatif dengan persen butir yang lewat ayakan dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Batas Gradasi Agregat Kasar

3. Berat Volume Agregat Kasar

Pengujian berat volume agregat kasar mengacu pada SNI 4804-1998. Hasil pengujian berat volume padat dan berat volume gembur dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil
Berat Tabung (W1), gram	11067,5
Berat Tabung + Agregat SSD (W2), gram	19426
Berat Agregat (W3), gram	8358,5
Diameter Tabung (d), cm	14,98
Tinggi Tabung (t), cm	30,02
Volume Tabung (V), cm^3	5290,863
Berat Volume Padat, $gram/cm^3$	1,579

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil
Berat Tabung (W1), gram	11067,5
Berat Tabung + Agregat SSD (W2), gram	18469,5
Berat Agregat (W3), gram	7402
Diameter Tabung (d), cm	14,98
Tinggi Tabung (t), cm	30,02
Volume Tabung (V), cm^3	5290,86
Berat Volume Padat, $gram/cm^3$	1,399

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan nilai berat volume pada agregat kasar. Berat volume padat agregat kasar didapatkan sebesar $1,579 \text{ gram/cm}^3$. Berat volume gembur agregat kasar didapatkan sebesar $1,399 \text{ gram/cm}^3$.

5.3 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dibuat secara terencana berdasarkan SNI 03-2834-2000. Perencanaan campuran beton dilakukan agar mendapatkan proporsi campuran yang tepat sehingga hasil yang dicapai sesuai dengan yang ditargetkan. Nilai kuat tekan yang direncanakan yakni sebesar 25 MPa. Perhitungan perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan rencana (f'_c) = 25 MPa dilakukan pengujian pada umur beton 28 hari.
2. Nilai tambah/margin (M) diambil sebesar 12 MPa karena benda uji yang direncanakan pada tiap variasi kurang dari 15 buah.
3. Kuat tekan beton yang ditargetkan (f'_{cr}) diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c + M \\ &= 25 + 12 \\ &= 37 \text{ MPa} \end{aligned}$$
4. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland* tipe I merek Tiga Roda.
5. Agregat halus menggunakan pasir yang berasal dari Sungai Progo, Kulon Progo dan agregat kasar berukuran maksimum 20 mm yang berasal dari Clereng, Kulon Progo
6. Faktor air semen (FAS), berdasarkan Tabel 3.4 dengan perkiraan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 37 MPa, menggunakan semen *portland* tipe I, dengan umur rencana 28 hari, serta agregat kasar menggunakan batu pecah, maka digunakan FAS sebesar 0,5.

Tabel 5.12 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas 0,5

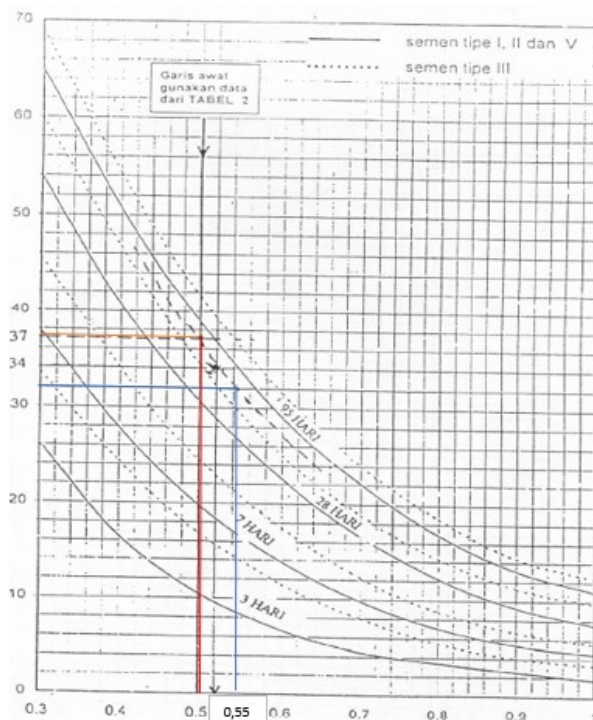
Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Benda Uji
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	

Lanjutan Tabel 5.12 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)				
		Pada Umur (Hari)				Benda Uji
		3	7	28	29	
Semen Portland 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	

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

- a. Jenis semen menggunakan semen tipe I, agregat kasar yang terdiri dari batu pecah, benda uji berbentuk silinder, benda uji diuji pada umur 28 hari, sehingga berdasarkan Tabel 5.12 perkiraan kuat tekan sebesar 37 MPa.
- b. Tarik garis merah ke kanan pada nilai 37 MPa, lalu gambar garis merah ke atas dari nilai fas 0,5 hingga keduanya saling berpotongan di garis putus-putus berbentuk melengkung.
- c. Gambar garis biru pada $f'_{cr} = 32$ MPa ke kanan, tarik garis tersebut hingga berpotongan dengan garis melengkung putus-putus lalu tarik ke bawah hingga mendapatkan nilai fas sebesar 0,55. Untuk ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas)

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

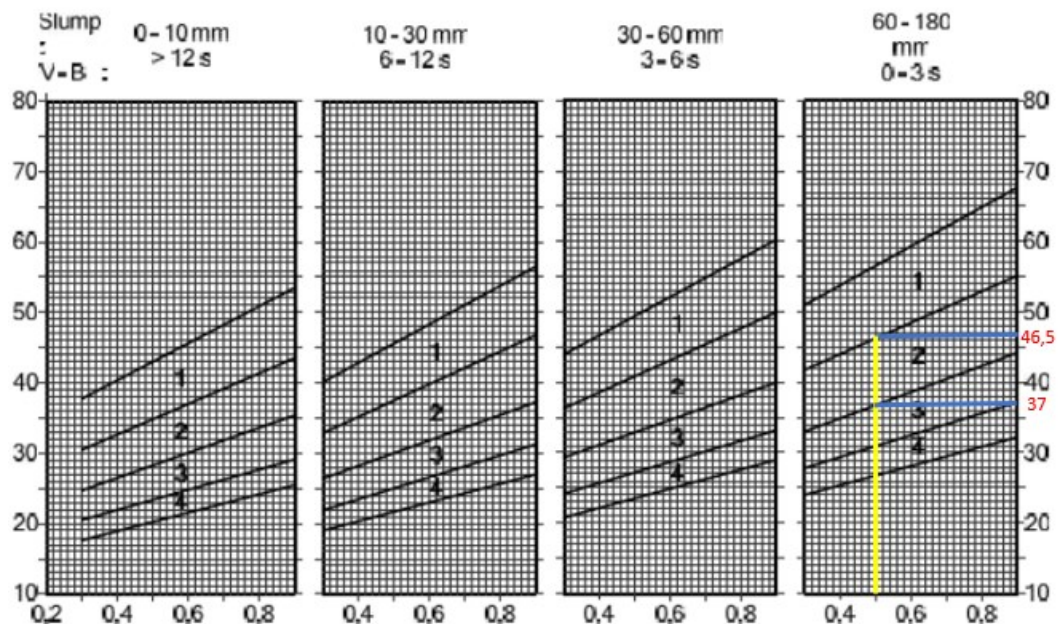
7. Slump rencana sebesar 60-180 mm.
8. Ukuran agregat kasar maksimum yang digunakan sebesar 20 mm, dengan nilai slump yang direncanakan berkisar antara 60-180 mm. Berdasarkan Tabel 3.5, diperoleh perkiraan jumlah air untuk agregat halus (W_h) dan agregat kasar (W_k) yang selanjutnya kadar air bebas dapat diperhitungkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air Bebas} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\
 &= \frac{2}{3} (195) + \frac{1}{3} (225) \\
 &= 205 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

9. Kadar semen minimum dilihat berdasarkan Tabel 3.6 dengan kondisi beton diluar ruangan dan tidak terlindung dari sinar matahari dan hujan secara langsung maka kadar semen minimum per- m^3 sebesar 325 kg dengan nilai faktor air semen (FAS) maksimum sebesar 0,6. Perhitungan jumlah semen minimum dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah semen minimum per m}^3 \text{ beton} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{FAS}} \\
 &= \frac{205}{0,5} \\
 &= 410 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

10. Persentase perbandingan antara agregat halus dan agregat kasar berdasarkan nilai slump sebesar 60 – 180 mm, faktor air semen sebesar 0,5, ukuran butir maksimum agregat kasar 20 mm, serta agregat halus yang berada pada gradasi 2, dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut. Grafik ini menunjukkan nilai persentase kadar agregat halus terhadap agregat total.



Gambar 5.4 Persentase Agregat Halus Terhadap Kadar Agregat Total
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Berdasarkan Gambar 5.4, diperoleh persentase agregat halus dengan batas atas sebesar 46,5% dan batas bawah sebesar 37%. Nilai persentase agregat halus yang digunakan adalah nilai rata-rata sebesar 41,75%. Selanjutnya, nilai persentase agregat kasar dapat dihitung sebagai berikut.

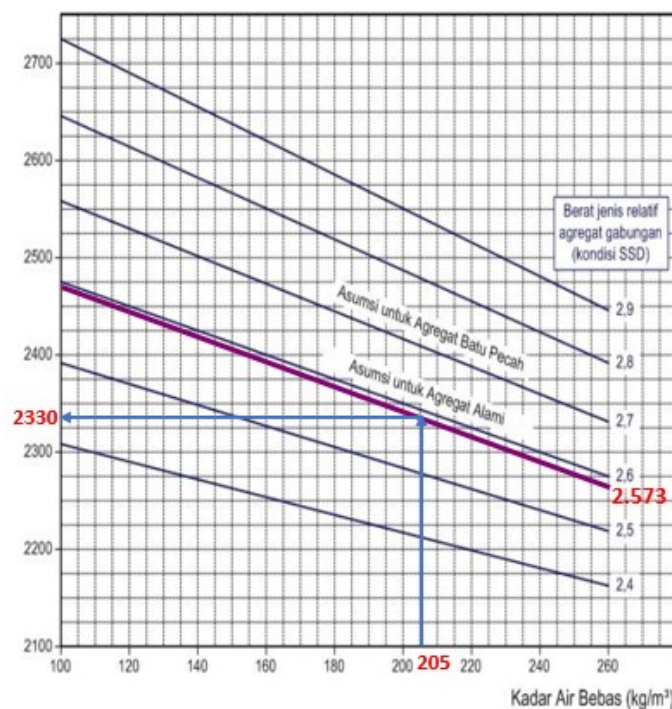
$$\begin{aligned}
 \text{Nilai persentase agregat kasar} &= 100\% - \text{Persentase agregat halus} \\
 &= 100\% - 41,75\%
 \end{aligned}$$

$$= 58,25\%$$

11. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis didapatkan berat jenis agregat halus (B_{jAH}) sebesar 2,625 sedangkan untuk berat jenis agregat kasar (B_{jAK}) didapatkan nilai sebesar 2,548, sehingga nilai berat jenis gabungan agregat dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis agregat gabungan} &= (\%AH \times B_{jAH}) + (\%AK \times B_{jAK}) \\ &= (41,75\% \times 2,625) + (58,25\% \times 2,548) \\ &= 2,580\end{aligned}$$

12. Berat isi beton dapat diperoleh dengan nilai berat jenis agregat gabungan sebesar 2,580 serta nilai kadar air bebas sebesar 205, sesuai dengan Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Dipadatkan

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

13. Kadar agregat gabungan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat gabungan} &= \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \\ &= 2330 - 410 - 205 \\ &= 1715 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

14. Kadar agregat halus dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat halus} &= \frac{\% \text{ agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \\ &= \frac{41,75}{100} \times 1715 \\ &= 716,013 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

15. Kadar agregat kasar dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat kasar} &= \frac{\% \text{ agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \\ &= \frac{58,25}{100} \times 1715 \\ &= 998,990 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

16. Proporsi campuran teoritis (Agregat SSD) setiap 1 m³ beton didapatkan sebagai berikut.

- a. Semen = 410 kg
- b. Air = 205 kg
- c. Agregat halus = 716,013 kg
- d. Agregat kasar = 998,990 kg

17. Proporsi campuran setiap 1 m³ beton dengan nilai penyusutan sebesar 20% dapat dihitung sebagai berikut.

- a. Semen = 410 kg x 1,2
= 492 kg
- b. Air = 205 kg x 1,2
= 246 kg
- c. Agregat halus = 716,013 kg x 1,2
= 859,215 kg
- d. Agregat kasar = 998,990 kg x 1,2
= 1198,785 kg

18. Proporsi campuran dengan jumlah benda uji silinder sebanyak 10 buah tiap variasi.

$$\begin{aligned}\text{Volume silinder (D = 0,15 m; t = 0,30 m)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \times 10 \\ &= 0,0530 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Proporsi berat masing-masing bahan dalam setiap variasi campuran (10 silinder)

a. Beton normal (0%)

- 1) Semen = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
= 492 x 0,0530
= 26,083 kg
- 2) Air = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
= 246 x 0,0530
= 13,042 kg
- 3) Pasir Biasa = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
= 859,215 x 0,0530
= 45,551 kg
- 4) Agregat kasar = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
= 1198,785 x 0,0530
= 63,553 kg

b. Beton variasi 80% pasir besi

- 1) Semen = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
= 492 x 0,0530
= 26,083 kg
- 2) Air = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
= 246 x 0,0530
= 13,042 kg
- 3) Pasir biasa = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji x 20%
= 859,215 x 0,0530 x 20%
= 9,110 kg

$$\begin{aligned}
 4) \text{ Pasir besi} &= \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \times 80\% \\
 &= 859,215 \times 0,0530 \times 80\% \\
 &= 36,858 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Agregat kasar} &= \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \\
 &= 1198,785 \times 0,0530 \\
 &= 63,553 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Beton variasi 82% pasir besi

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Semen} &= \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \\
 &= 492 \times 0,0530 \\
 &= 26,083 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Air} &= \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \\
 &= 246 \times 0,0530 \\
 &= 13,042 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Pasir biasa} &= \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \times 18\% \\
 &= 859,215 \times 0,0530 \times 18\% \\
 &= 8,199 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4) \text{ Pasir Besi} &= \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \times 82\% \\
 &= 859,215 \times 0,0530 \times 82\% \\
 &= 37,779 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Agregat kasar} &= \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \\
 &= 1198,785 \times 0,0530 \\
 &= 63,553 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Beton variasi 84% pasir besi

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Semen} &= \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \\
 &= 492 \times 0,0530 \\
 &= 26,083 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Air} &= \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \\
 &= 246 \times 0,0530 \\
 &= 13,042 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$3) \text{ Pasir biasa} = \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \times 16\%$$

$$= 859,215 \times 0,0530 \times 16\%$$

$$= 7,288 \text{ kg}$$

$$4) \text{ Pasir besi} = \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \times 84\%$$

$$= 859,215 \times 0,0530 \times 84\%$$

$$= 38,701 \text{ kg}$$

$$5) \text{ Agregat kasar} = \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji}$$

$$= 1198,785 \times 0,0530$$

$$= 63,553 \text{ kg}$$

e. Beton variasi 86% pasir besi

$$1) \text{ Semen} = \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji}$$

$$= 492 \times 0,0530$$

$$= 26,083 \text{ kg}$$

$$2) \text{ Air} = \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji}$$

$$= 246 \times 0,0530$$

$$= 13,042 \text{ kg}$$

$$3) \text{ Pasir biasa} = \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \times 14\%$$

$$= 859,215 \times 0,0530 \times 14\%$$

$$= 6,377 \text{ kg}$$

$$4) \text{ Pasir besi} = \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji} \times 86\%$$

$$= 859,215 \times 0,0530 \times 86\%$$

$$= 39,622 \text{ kg}$$

$$5) \text{ Agregat kasar} = \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji}$$

$$= 1198,785 \times 0,0530$$

$$= 63,553 \text{ kg}$$

f. Beton variasi 88% pasir besi

$$1) \text{ Semen} = \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji}$$

$$= 492 \times 0,0530$$

$$= 26,083 \text{ kg}$$

$$2) \text{ Air} = \text{Volume tiap } 1\text{m}^3 \text{ beton} \times \text{volume benda uji}$$

$$= 246 \times 0,0530$$

$$= 13,042 \text{ kg}$$

- 3) Pasir biasa = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji x 12%
 = 859,215 x 0,0530 x 12%
 = 5,466 kg
- 4) Pasir besi = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji x 88%
 = 859,215 x 0,0530 x 88%
 = 40,544 kg
- 5) Agregat kasar = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
 = 1198,785 x 0,0530
 = 63,553 kg

g. Beton variasi 90% pasir besi

- 1) Semen = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
 = 492 x 0,0530
 = 26,083 kg
- 2) Air = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
 = 246 x 0,0530
 = 13,042 kg
- 3) Pasir biasa = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji x 10%
 = 859,215 x 0,0530 x 10%
 = 4,555 kg
- 4) Pasir besi = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
 = 859,215 x 0,0530 x 90%
 = 41,465 kg
- 5) Agregat kasar = Volume tiap 1m³ beton x volume benda uji
 = 1198,785 x 0,0530
 = 63,553 kg

19. Rekapitulasi perencanaan *mix design* mengacu pada SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Perencanaan *Mix Design*

Formulir Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>) SNI 03-2834-2000				
No.	Uraian	Nilai	Satuan	Tabel/Grafik/ Hitungan
1	Kuat tekan beton rencana	25	MPa	Ditetapkan
2	Deviasi standar (Sd)	7		
3	Nilai Tambah / Margin	12		$M = 1,64 \times Sd$
4	Kuat tekan beton ditargetkan	37	MPa	(1) + (3)
5	Jenis semen	Tipe 1		Ditetapkan
6	Jenis agregat kasar	Batu Pecah		Ditetapkan
	Jenis agregat halus	Batu Alam		Ditetapkan
7	FAS bebas	0,5		Tabel 2 dan grafik 1 dan 2
	FAS maksimum	0,55		Tabel 4;5; atau 6
8	FAS digunakan	0,5		FAS minimum
9	Slump	60-180	mm	Ditetapkan
10	Ukuran agregat maksimum	20	mm	Ditetapkan
11	Kadar air bebas	205		Tabel 3
12	Kadar semen	410		(11) : (8)
13	Kadar semen maksimum	-	Kg/m ³	
14	Kadar semen minimum	325	Kg/m ³	Tabel 4
15	Kadar semen digunakan	410	Kg/m ³	Kadar semen maks

Lanjutan Tabel 5.13 Perencanaan *Mix Design*

16	FAS disesuaikan				
17	Susunan butir agregat halus	2		Daerah gradasi	
18	Berat jenis agregat halus	2,62		Progo	
	Berat jenis agregat kasar	2,54		Clereng	
19	Persen agregat halus	41,75		Grafik 13/14/15	
20	Berat jenis agregat gabungan (SSD)	2,573			
21	Berat isi beton	2330	Kg/m ³	Grafik 16	
22	Kadar agregat gabungan	1715	Kg/m ³	(21)-(15)-(11)	
23	Kadar agregat halus	716,013	Kg/m ³	(19)x(22)	
24	Kadar agregat kasar	998,990	Kg/m ³	(22)–(23)	
		Semen (kg)	Air (kg)	Agregat	
				Halus (kg)	Kasar (kg)
25	Proporsi campuran teoritis (SSD)				
	Setiap m ³	410	205	716,013	998,990
	Setiap campuran uji	21,74	10,87	37,96	52,96
26	Proporsi campuran dengan angka penyusutan	1,2			
	Setiap m ³	492	246	859,215	1198,785
	Setiap campuran uji	26,083	13,042	45,551	63,553

20. *Mixing* dilakukan dalam sekali tahapan untuk membuat 10 buah silinder tiap variasi. Hasil rekapitulasi kebutuhan material campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Kebutuhan Material Campuran Beton

Kode Benda Uji	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Pasir Besi (kg)
N	26,083	13,042	63,553	45,551	0
V80	26,083	13,042	63,553	9,110	36,858
V82	26,083	13,042	63,553	8,199	37,779
V84	26,083	13,042	63,553	7,288	38,701
V86	26,083	13,042	63,553	6,377	39,622
V88	26,083	13,042	63,553	5,466	40,544
V90	26,083	13,042	63,553	4,555	41,465

5.4 Pengujian *Slump*

Menurut SNI 1972-2022, *Slump* adalah suatu metode uji untuk menentukan nilai *slump* pada beton hidraulis. *Slump* adalah nilai penurunan ketinggian beton segar diukur dari atas permukaan beton yang diukur setelah cetakan diangkat. Uji *slump* adalah metode yang digunakan untuk mengetahui kekakuan dari campuran beton dalam kondisi segar untuk mengetahui tingkat kelecakan (*workability*). Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Hasil Pengujian *Slump*

Kode Benda Uji	Kadar Pasir Besi	Nilai <i>Slump</i>	Keterangan
N	0%	120 mm	Memenuhi
V80	80%	110 mm	Memenuhi
V82	82%	100 mm	Memenuhi
V84	84%	95 mm	Memenuhi
V86	86%	95 mm	Memenuhi
V88	88%	90 mm	Memenuhi
V90	90%	90 mm	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 5.15 dapat dilihat bahwa semakin banyak kandungan pasir besi di dalam beton maka nilai *slump* akan semakin rendah, hal ini disebabkan oleh gradasi butir antara pasir biasa dengan pasir besi yang berbeda. Pasir besi memiliki ukuran butir yang lebih halus apabila dibandingkan dengan pasir biasa. Ukuran butiran agregat halus yang berbeda akan memengaruhi nilai *slump* sehingga campuran beton akan lebih kental seiring dengan bertambahnya kadar pasir besi di dalam beton. Semakin tinggi nilai *slump* maka beton akan semakin mudah untuk dikerjakan yang berarti memiliki nilai *workability* tinggi karena beton dalam keadaan encer, sebaliknya semakin rendah nilai *slump* maka beton akan sulit untuk diaduk karena beton dalam keadaan kental yang berarti memiliki nilai *workability* yang rendah.

5.5 Uji Kuat Tekan Beton

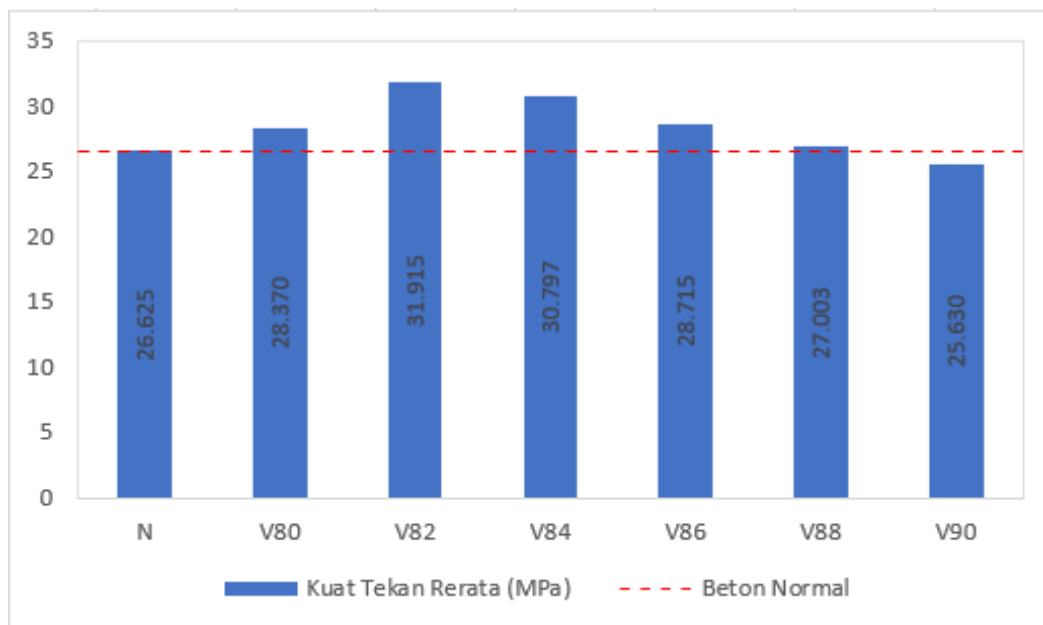
Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara menekan beton menggunakan mesin hidrolik dengan posisi beton vertikal. Pengujian kuat tekan dilakukan pada beton yang berumur 28 hari. Sebelum pengujian beton terlebih dahulu diberikan *capping* agar permukaan beton rata sehingga saat dilakukan pengujian kuat tekan beban dapat terdistribusi secara merata dan maksimal. Contoh perhitungan kuat tekan beton normal untuk sampel 1 dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter} &= 148,4 \text{ mm} \\
 \text{Beban maks} &= 436.12 \text{ kN} \times 1000 \\
 &= 436120 \text{ N} \\
 \text{Luas Penampang} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 150,5^2 \\
 &= 17296,478 \text{ mm}^2 \\
 f'_c &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{436120}{17296,478} \\
 &= 25,214 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Nilai kuat tekan beton pada masing-masing benda uji dapat dihitung berdasarkan contoh di atas, Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda Uji		Dimensi		Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (f'c) (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)	Peningkatan/Penurunan (%)
Kadar Pasir Besi	Kode	Diameter (mm)	Tinggi (mm)				
0%	N-1	148,4	306,3	436,12	25,214	26,625	0
	N-2	154,6	303,2	521,16	27,763		
	N-3	153,2	305,4	481,93	26,144		
	N-4	153,5	303,7	510,43	27,582		
	N-5	152,2	306,1	480,71	26,422		
80%	V-1	150,8	302,1	501,18	28,061	28,370	6,555
	V-2	154,3	305,2	515,62	27,574		
	V-3	154,1	307,3	510,41	27,367		
	V-4	150,3	305,4	524,10	29,540		
	V-5	152,7	301,2	536,78	29,311		
82%	V-1	153,2	302,1	593,71	32,208	31,915	19,867
	V-2	153,8	304,6	581,81	31,317		
	V-3	152,3	305,1	592,02	32,497		
	V-4	153,7	303,3	596,74	32,162		
	V-5	154,2	304,7	586,19	31,389		
84%	V-1	152,1	303,4	539,61	29,698	30,797	15,669
	V-2	151,7	302,2	561,37	31,059		
	V-3	150,3	302,1	525,71	29,630		
	V-4	150,2	302,5	562,43	31,742		
	V-5	152,5	302,7	581,83	31,854		
86%	V-1	152,4	303,1	514,81	28,222	28,715	7,848
	V-2	151,8	302,4	521,71	28,827		
	V-3	150,3	305,7	513,08	28,919		
	V-4	150,7	302,3	502,69	28,183		
	V-5	152,6	302,8	538,12	29,423		
88%	V-1	153,2	302,7	491,91	26,686	27,003	1,418
	V-2	151,7	301,8	497,38	27,519		
	V-3	151,1	304,7	478,81	26,702		
	V-4	150,3	301,8	482,08	27,171		
	V-5	153,2	302,1	496,52	26,936		
90%	V-1	151,9	303,5	458,48	25,300	25,630	-3,736
	V-2	152,4	302,1	453,11	24,840		
	V-3	150,8	305,1	476,18	26,661		
	V-4	150,3	301,5	464,52	26,182		
	V-5	152,9	302,1	462,15	25,170		



Gambar 5.6 Diagram Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan Tabel 5.16 dan Gambar 5.6 di atas substitusi sebagian agregat halus sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Ukuran butir pasir besi yang lebih halus dibandingkan dengan pasir biasa dapat mengisi rongga-rongga kosong dalam beton dengan lebih efektif. Selain itu, berat jenis pasir besi lebih berat apabila dibandingkan dengan pasir biasa sehingga membuat beton memiliki berat yang lebih besar dibanding beton biasa.

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat dilihat nilai kuat tekan beton kontrol 0% didapatkan sebesar 26,625 MPa. Nilai kuat tekan beton variasi pasir besi 80% didapatkan sebesar 28,370 MPa serta mendapatkan kenaikan sebesar 6,55% dibanding beton normal. Nilai kuat tekan beton variasi pasir besi 82% didapatkan sebesar 31,915 MPa meningkat sebesar 19,867% dibandingkan dengan beton normal. Nilai kuat tekan beton variasi pasir besi 84% didapatkan sebesar 30,797 MPa meningkat 15,669% dibandingkan beton normal. Nilai kuat tekan beton variasi pasir besi 86% didapatkan sebesar 28,715 MPa meningkat sebesar 7,848% dibanding beton normal. Nilai kuat tekan beton variasi pasir besi 88% didapatkan sebesar 27,003 MPa meningkat 1,418% dibanding beton normal. Nilai kuat tekan beton variasi pasir besi 90% didapatkan sebesar 25,630 MPa menurun 3,736% dari beton normal.

Berdasarkan uraian di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton dengan substitutor pasir besi terhadap sebagian agregat halus cenderung meningkat hingga mencapai nilai maksimumnya yakni variasi pasir besi 82% dengan nilai kuat tekan sebesar 31,915 MPa naik 19,867% dibandingkan dengan beton normal. Setelah mencapai nilai maksimum, kuat tekan beton cenderung menurun, hal ini disebabkan oleh penggunaan pasir besi yang terlalu banyak, sehingga saat kadar pasir besi mencapai 84% beton mengandung lebih banyak pasir besi dengan ukuran butir yang lebih halus dibandingkan dengan pasir biasa. Akibatnya, beton memerlukan lebih banyak semen untuk memastikan daya ikat antar agregat tetap baik dan mencegah penurunan kuat tekan.

5.6 Uji Tarik Belah Beton

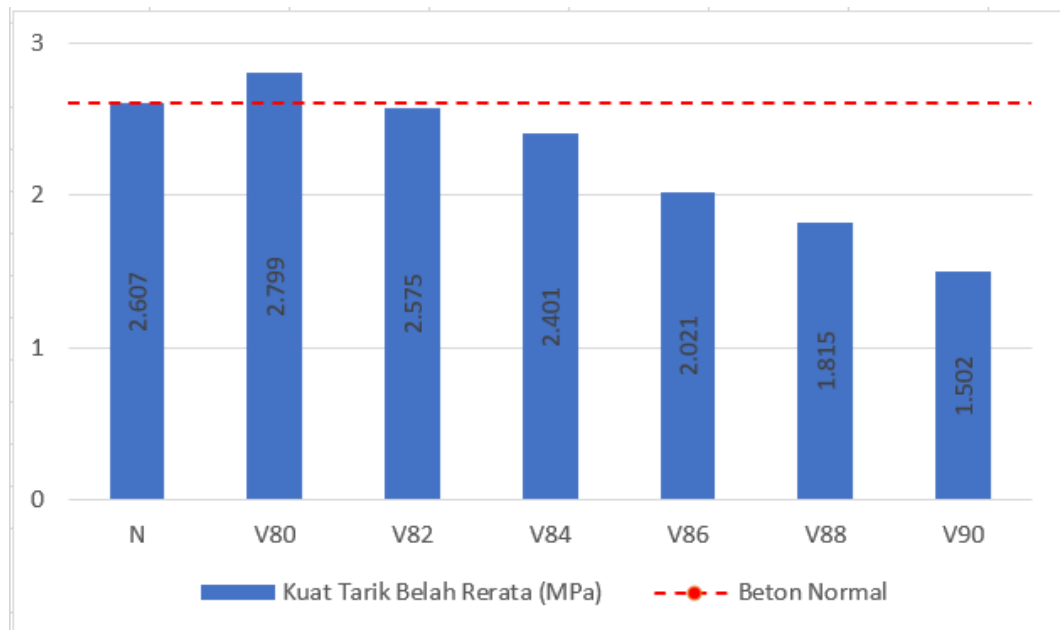
Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan cara menekan beton menggunakan mesin hidrolik dengan posisi beton horizontal. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur beton 28 hari. Benda uji tarik belah terdiri dari 5 sampel tiap variasinya. Contoh perhitungan kuat tarik belah beton normal untuk sampel 1 dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 152,1 \text{ mm} \\
 \text{Tinggi (L)} &= 306,4 \text{ mm} \\
 \text{Beban (P)} &= 167 \text{ kN} \times 1000 \\
 &= 167000 \text{ N} \\
 \text{Nilai Kuat Tarik (T)} &= \frac{2P}{\pi LD} \\
 &= \frac{2 \times 167000}{\pi \times 306,4 \times 152,1} \\
 &= 2,281 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Nilai kuat tarik belah beton pada masing-masing benda uji dapat dihitung berdasarkan contoh di atas, Hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Benda Uji		Dimensi		Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik (f'c) (MPa)	Kuat Tarik Rerata (MPa)	Peningkatan/Penurunan (%)
Kadar Pasir Besi	Kode	Diameter (mm)	Tinggi (mm)				
0%	N-1	152,1	306,4	167	2,281	2,607	0
	N-2	152,7	305,8	182	2,481		
	N-3	152,3	306,7	175	2,385		
	N-4	153,1	304,1	217	2,967		
	N-5	155,5	302,7	216	2,921		
80%	V-1	153,3	306,2	226	3,065	2,799	7,370
	V-2	154,7	306,1	201	2,702		
	V-3	153,8	303,6	193	2,631		
	V-4	150,1	306,3	212	2,936		
	V-5	151,3	301,8	191	2,663		
82%	V-1	152,4	304,7	166	2,276	2,575	-1,251
	V-2	153,8	303,9	203	2,765		
	V-3	151,1	305,3	200	2,760		
	V-4	153,9	305,5	198	2,681		
	V-5	151,3	304,4	173	2,391		
84%	V-1	150,7	303,2	175	2,438	2,401	-7,912
	V-2	151,6	304,9	179	2,465		
	V-3	149,7	304,1	182	2,545		
	V-4	154,3	307,3	149	2,000		
	V-5	151,7	303,8	185	2,556		
86%	V-1	150,7	303,1	170	2,369	2,021	-22,502
	V-2	151,9	304,7	152	2,091		
	V-3	149,3	304,3	144	2,018		
	V-4	154,2	307,2	137	1,841		
	V-5	151,6	303,7	129	1,784		
88%	V-1	152,3	301,5	125	1,733	1,815	-30,379
	V-2	151,4	302,8	153	2,125		
	V-3	152,9	304,1	143	1,958		
	V-4	153,4	302,6	132	1,810		
	V-5	152,6	302,1	105	1,450		
90%	V-1	152,7	302,6	106	1,460	1,502	-42,405
	V-2	151,4	302,8	98	1,361		
	V-3	153,4	304,1	106	1,447		
	V-4	153,2	302,7	123	1,689		
	V-5	153,2	302,6	113	1,552		



Gambar 5.7 Diagram Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik belah beton normal didapatkan sebesar 2,607 MPa. Nilai kuat tarik belah beton maksimum didapatkan pada variasi pasir besi 80% yaitu sebesar 2,799 MPa meningkat 7,37% dibandingkan dengan beton normal. Sedangkan nilai kuat tarik belah beton terendah didapatkan pada variasi pasir besi 90% yaitu sebesar 1,502 MPa menurun 42,405% dibandingkan dengan beton normal.

Berdasarkan uraian di atas kuat tarik belah beton meningkat hingga mencapai nilai maksimum di variasi 80% yakni sebesar 2,799 MPa setelah mencapai nilai maksimumnya, nilai kuat tarik belah beton cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh komposisi beton yang terdiri dari banyaknya substitusi pasir besi terhadap pasir biasa. Pasir besi memiliki karakteristik yang cenderung lebih halus apabila dibandingkan dengan pasir biasa sehingga perlu diberi tambahan semen agar daya ikat antar agregat lebih baik dan tidak menyebabkan penurunan terhadap nilai kuat tarik belahnya. Perbedaan pola pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton sebelumnya juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Pratama, R. (2018) bahwa nilai kuat tarik belah maksimum tidak terjadi pada variasi yang sama dengan nilai kuat tekan maksimumnya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat ditarik Kesimpulan sebagai berikut.

1. Penggunaan pasir besi sebagai substitutor sebagian agregat halus dalam penelitian ini berpengaruh cukup besar. Terbukti pada pengujian kuat tekan beton meningkat hampir diseluruh variasi, sedangkan untuk pengujian kuat tarik belah meningkat pada variasi 80%.
2. Penelitian ini menghasilkan nilai kuat tekan beton tertinggi pada variasi pasir besi 82% didapatkan nilai kuat tekannya sebesar 31,915 MPa nilai tersebut merupakan nilai tertinggi yang didapatkan pada pengujian kuat tekan beton meningkat sebesar 19,867% dibandingkan dengan beton normal.
3. Pada penelitian ini nilai kuat tarik belah beton tertinggi didapatkan pada variasi pasir besi 80% yakni sebesar 2,799 MPa nilai tersebut merupakan nilai tertinggi pada pengujian kuat tarik belah beton meningkat 7,37% dibandingkan dengan beton normal.
4. Nilai kuat tekan beton normal didapatkan sebesar 26,625 MPa sedangkan nilai tertingginya didapatkan pada variasi pasir besi sebesar 82% yaitu 31,915 MPa meningkat 19,867% dibandingkan beton normal. Setelah mencapai nilai tertinggi peningkatan kuat tekan berturut-turut yaitu 15,669%, 7,848%, 1,418%, -3,736%. Nilai kuat tarik belah beton normal didapatkan sebesar 2,607 MPa sedangkan nilai tertingginya didapatkan pada variasi 80% yaitu 2,799 MPa meningkat 7,37% dibandingkan dengan beton normal. Setelah mencapai nilai tertinggi, nilai kuat tarik belah cenderung menurun. Penurunan terbesar terjadi pada variasi 90%

didapatkan nilai kuat tarik belah sebesar 1,502 MPa menurun 42,405% dibandingkan beton normal.

6.2 Saran

Berdasarkan uraian kesimpulan di atas, berikut beberapa saran untuk peneliti selanjutnya.

1. Penelitian berikutnya dapat dilakukan dengan mutu beton yang berbeda.
2. Melakukan penelitian menggunakan pasir besi dengan kandungan Fe yang lebih tinggi untuk mengetahui lebih lanjut tentang pengaruh substitusi pasir besi.
3. Meneliti pasir besi lebih lanjut untuk mengetahui sifat yang baik dan buruk untuk beton sehingga dapat memilah pasir besi dengan lebih baik.
4. Melakukan penelitian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan menggunakan variasi pasir besi <90% untuk hasil yang lebih maksimal.
5. Penelitian berikutnya untuk kadar pasir besi yang sama diperlukan bahan tambah yang dapat meningkatkan nilai kuat tarik beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, I. (2019). Pengaruh Substitusi Pasir Besi Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton. *Jurnal Media Informasi*. 8(2), 110-120.
- Agusri, E. & Rivai, M. (2019). Pengaruh Penambahan Pasir Besi Terhadap Kuat Tekan Beton K-300. *Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*. 6(1), 27-32.
- Antoni & Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-1968). 1990. *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-4142-1996). 1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-4804-1998). 1998. *Metode Pengujian Berat isi dan Rongga Udara Dalam Agregat*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-2834-2000). 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 15-2049-2004). 2004. *Semen Portland*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1969:2008). 2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1972:2008). 2008. *Cara uji slump beton*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 2493:2011). 2011. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1974:2011). 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 2847:2013). 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1969:2016). 2016. *Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1970:2016). 2016. *Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta.

- Fahmiati, Nuryono, & Suyanta. (2017). Characteristics of Iron Sand Magnetic Material from Bugel Beach, Kulon Progo, Yogyakarta. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 172, 1-8.
- Febriadi, A., Samsurizal, E., & Mungok, C. (2016). Tinjauan Faktor Air Semen terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*. 1(1), 1-13.
- Hamid, R., Muhammad, A., Faruk, F., Altarans, I. (2023). Pengaruh Pengganti Agregat Halus Pasir Besi Terhadap Kuat Tekan Beton K-300. *Jurnal Teknik*. 16(1), 1-11.
- Herdiansyah & Pangaribuan, M. (2013). Pengaruh Batu Cadas (Batu Trass) Sebagai Bahan Pembentuk Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Inersia*. 5(2), 11-15.
- Kemenperin RI. (2014). Profil Industri Baja.
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Nurjaman, B., Roestaman., & Walujodjati, E. (2021). Pengaruh Penggunaan Agregat Abu Batu Sebagai Pengganti Agregat Halus Alami Terhadap Sifat-Sifat Beton. *Jurnal Konstruksi*. 19(1), 31-42.
- Pratama, R. (2018). Pengaruh Pasir Besi Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Sianturi, R., Olivia, M., & Saputra, E. (2017). Kuat Tekan dan Sifat Fisik Beton OPC, OPC POFA, dan PCC Menggunakan Air Gambut Sebagai Air Pencampur Beton. *Jom FTEKNIK*. 4(1), 1-8.
- Sumajouw, M. & Windah, R. (2015). Kuat Tekan Beton dengan Variasi Agregat yang Berasal dari Beberapa Tempat di Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*. 3(3), 206-211.
- Sutikno. (2003) *Panduan Praktek Beton*, Universitas Negeri Surabaya.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. (2007). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Time Schedule

Uraian kegiatan	Jam kerja (jam)	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Kegiatan																	
1. Persiapan penelitian																	
Studi literatur	19	9.5	9.5														
2. Persiapan bahan																	
Agregat	7			7													
Semen	6			6													
Bahan tambah	7			7													
Air	3			3													
3. Pembuatan benda uji																	
Pemeriksaan agregat halus	6			3	3												
Pemeriksaan agregat kasar	6			3	3												
pemeriksaan pasir besi	5			2	3												
Analisis pengujian agregat	7				3.5	3.5											
<i>mix design</i>	3.5					2	1.5										
pembuatan dan perawatan benda uji	14						4	4	4	2							
persiapan pengujian	11								4	4	3						
pengujian benda uji	12										4	4	4				
analisis data	4													4			
4. Penyusunan laporan																	
Analisis data	4													4			
Pengolahan data	12													7	5		
Pembahasan	7														7		
Jumlah total	133.5																
Rencana Mingguan (jam)		9.5	9.5	31	12.5	5.5	5.5	4	8	6	7	4	4	15	12		
Jam Kerja Kumulatif (jam)		9.5	19	50	62.5	68	73.5	77.5	85.5	91.5	98.5	102.5	106.5	121.5	133.5		

Lampiran 2 Bahan yang digunakan



Gambar L-2. 1 Agregat Halus



Gambar L-2. 2 Pasir Besi



Gambar L-2. 3 Agregat Kasar



Gambar L-2. 4 Semen



Gambar L-2. 5 Air

Lampiran 3 Alat yang digunakan



Gambar L-3. 1 Timbangan



Gambar L-3. 2 Oven



Gambar L-3. 3 Pan



Gambar L-3. 4 Sekop



Gambar L-3. 5 Palu



Gambar L-3. 6 Kerucut Abrams



Gambar L-3. 7 Ayakan



Gambar L-3. 8 Mixer



Gambar L-3. 9 Compression Testing Machine

Lampiran 4 Proses Pengujian



Gambar L-4. 1 *Curing* Beton



Gambar L-4. 2 Uji *Slump*



Gambar L-4. 3 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton



Gambar L-4. 4 Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar L-4. 5 Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Lampiran 5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KIR Blok. Utara
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14.5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 899444, 899471 ext 3200, 3301
F. (0274) 895330
E. dekanat_tpp@uii.ac.id
W. tpp.uii.ac.id

Tabel L-5.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (Kn)	A (mm ²)	f'_c (Mpa)	f'_c rerata (Mpa)
N-1	148,4	306,3	12,572	436,12	17296,47818	25,214	26,625
N-2	154,6	303,2	12,619	521,16	18771,92717	27,763	
N-3	153,2	305,4	12,593	481,93	18433,48339	26,144	
N-4	153,5	303,7	12,724	510,43	18505,74788	27,582	
N-5	152,2	306,1	12,683	480,71	18193,62279	26,422	
V80-1	150,8	302,1	12,638	501,18	17860,45689	28,061	28,370
V80-2	154,3	305,2	12,691	515,61	18699,14432	27,574	
V80-3	154,1	307,3	12,793	510,41	18650,70096	27,367	
V80-4	150,3	305,4	12,725	524,10	17742,2152	29,540	
V80-5	152,7	301,2	12,718	536,78	18313,35674	29,311	
V82-1	153,2	302,1	12,642	593,71	18433,48339	32,208	31,915
V82-2	153,8	304,6	12,751	581,81	18578,15373	31,317	
V82-3	152,3	305,1	12,737	592,02	18217,53817	32,497	
V82-4	153,7	303,3	12,791	596,74	18554,00274	32,162	
V82-5	154,2	304,7	12,741	586,19	18674,91479	31,389	
V84-1	152,1	303,4	12,687	539,61	18169,72313	29,698	30,797
V84-2	151,7	302,2	12,741	561,37	18074,28154	31,059	
V84-3	150,3	302,1	12,783	525,71	17742,2152	29,630	
V84-4	150,2	302,5	12,751	562,43	17718,61398	31,742	
V84-5	152,5	302,7	12,815	581,83	18265,41604	31,854	



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung R3, Blok A, Ruang
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T : 0274 898444, 898471 ext 5200, 5201
F : 0274 895330
E : dakam@uii.ac.id
W : www.uii.ac.id

Lanjutan Tabel L-5.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (Kn)	A (mm ²)	f'_c (Mpa)	f'_c rerata (Mpa)
V86-1	152.4	303.1	12.795	514.81	18241.46925	28.222	28.715
V86-2	151.8	302.4	12.826	521.71	18098.11837	28.827	
V86-3	150.3	305.7	12.839	513.08	17742.2152	28.919	
V86-4	150.7	302.3	12.814	502.69	17836.77714	28.183	
V86-5	152.6	302.8	12.851	538.12	18289.37854	29.423	
V88-1	153.2	302.7	12.875	491.91	18433.48339	26.686	27.003
V88-2	151.7	301.8	12.894	497.38	18074.28154	27.519	
V88-3	151.1	304.7	12.913	478.81	17931.5904	26.702	
V88-4	150.3	301.8	12.874	482.08	17742.2152	27.171	
V88-5	153.2	302.1	12.838	496.52	18433.48339	26.936	
V90-1	151.9	303.5	12.951	458.48	18121.97092	25.300	25.630
V90-2	152.4	302.1	12.938	453.11	18241.46925	24.840	
V90-3	150.8	305.1	12.901	476.18	17860.45689	26.661	
V90-4	150.3	301.5	13.061	464.52	17742.2152	26.182	
V90-5	152.9	302.1	13.194	462.15	18361.36028	25.170	

Yogyakarta 14 November 2024

Didata oleh :
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md.

Diperiksa oleh:
Kepala Laboratorium BKT

Astriana Hardawati, S.T., M. Eng

Lampiran 6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Mohi. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14.5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 896444, 896471 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.fkip@uii.ac.id
W. fkip.uii.ac.id

Tabel L-6.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (Kn)	Luas Selimut (mm ²)	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Tarik rerata (Mpa)
N-6	152.1	306.4	12.731	167	146409.0247	2.281	2.607
N-7	152.7	305.8	12.624	182	146698.7424	2.481	
N-8	152.3	306.7	12.591	175	146745.0809	2.385	
N-9	153.1	304.1	12.642	217	146265.3597	2.967	
N-10	155.5	302.7	12.693	216	147874.295	2.921	
V80-6	153.3	306.2	12.672	226	147467.8043	3.065	2.799
V80-7	154.7	306.1	12.692	201	148765.9418	2.702	
V80-8	153.8	303.6	12.731	193	146692.5221	2.631	
V80-9	150.1	306.3	12.714	212	144436.7015	2.936	
V80-10	151.3	301.8	12.696	191	143452.4719	2.663	
V82-6	152.4	304.7	12.697	166	145883.8761	2.276	2.575
V82-7	153.8	303.9	12.749	203	146837.4751	2.765	
V82-8	151.1	305.3	12.721	200	144924.2766	2.760	
V82-9	153.9	305.5	12.791	198	147706.5339	2.681	
V82-10	151.3	304.4	12.814	173	144688.3116	2.391	
V84-6	150.7	303.2	12.827	175	143546.4055	2.438	2.401
V84-7	151.6	304.9	12.691	179	145213.3346	2.465	
V84-8	149.7	304.1	12.796	182	143017.1414	2.545	
V84-9	154.3	307.3	12.869	149	148962.9825	2.000	
V84-10	151.7	303.8	12.893	185	144784.8842	2.556	



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung Kim. Muli. Nuzur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,3 Yogyakarta 55584
T. 02740 808444, 808471 ext 2200, 2201
F. 02740 305330
E. dekanat.fkip@uii.ac.id
W. fkip.uii.ac.id

Lanjutan Tabel L-6.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (Kn)	Luas Selimut (mm ²)	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Tarik rerata (Mpa)
V86-6	150.7	303.1	12.791	170	143499.0617	2.369	2.021
V86-7	151.9	304.7	12.891	152	145405.2545	2.091	
V86-8	149.3	304.3	12.862	144	142728.806	2.018	
V86-9	154.2	307.2	12.871	137	148817.998	1.841	
V86-10	151.6	303.7	12.862	129	144641.816	1.784	
V88-6	152.3	301.5	12.891	125	144257.0652	1.733	1.815
V88-7	151.4	302.8	12.871	153	144022.9223	2.125	
V88-8	152.9	304.1	12.882	143	146074.288	1.958	
V88-9	153.4	302.6	12.904	132	145829.0867	1.810	
V88-10	152.6	302.1	12.914	105	144828.8665	1.450	
V90-6	152.7	302.6	12.952	106	145163.6346	1.460	1.502
V90-7	151.4	302.8	13.194	98	144022.9223	1.361	
V90-8	153.4	304.1	12.974	106	146551.9672	1.447	
V90-9	153.2	302.7	13.013	123	145687.0867	1.689	
V90-10	153.2	302.6	13.136	113	145638.9575	1.552	

Yogyakarta 14 November 2024

Didata oleh :
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md.

Diperiksa oleh:
Kepala Laboratorium BKT

Astriana Hardawati, S.T., M. Eng

Lampiran 7 Surat Keterangan Bebas Laboratorium



UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung 601, Blok: Ratair
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T : (0274) 899444 ext 3.000, 3.001
F : (0274) 895130
E : dekanat.ftsp@uii.ac.id
W : ftsp.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 74/Ka.Lab/60/LBKT/VIII/2024

Bismillahirrohmaanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama	: Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK	: 165111301
Jabatan Struktural	: Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS FTSP UII

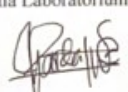
Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama	: RAYHAN ARYA ADHA ANANTA
N I M	: 19511253
Program Studi	: SI Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA	: Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
Instansi	: Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir **"ANALISIS PERBANDINGAN UJI KUALITAS BETON NORMAL DENGAN BETON MENGGUNAKAN PASIR BESI SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN AGREGAT HALUS"** serta sudah menyelesaikan semua administrasinya^{*)}.

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

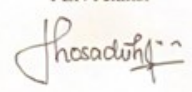
Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT,



Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.

Yogyakarta, 05 Agustus 2024

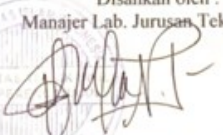
Di data oleh :
PLP/Teknisi



Zahwa Imnahosa Puty Pramadi, S.Tr.T

Disahkan oleh :

Manajer Lab. Jurusan Teknik Sipil



Ir. Berlian Kustari, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.

^{*)} Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 8 Surat Bebas Plagiasi



Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia
Gedung Moh. Hatta
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.2301
F. (0274) 898444 psw.2091
E. perpustakaan@uii.ac.id
W. library.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI

Nomor: 2526171153/Perpus./10/Dir.Perpus/XI/2024

Bismillahirrahmaanirrahim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : Rayhan Arya Adha Ananta
Nomor Mahasiswa : 19511253
Pembimbing : Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng).,IPM.
Fakultas / Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan/ TEKNIK SIPIL
Judul Karya Ilmiah : KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN PASIR BESI SEBAGAI
SUBSTITUTOR SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT
TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON (STUDY ON THE
EFFECT OF THE USE OF IRON SAND AS A SUBSTITUTOR OF
SOME FINE AGGREGATES ON THE COMPRESSIVE STRENGTH
AND TENSILE STRENGTH OF CONCRETE)

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **19 (Sembilan Belas) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 11/20/2024

Direktur



Muhammad Jamil, SIP.