



**PEMANFAATAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG
DALAM CAMPURAN BETON NORMAL DENGAN VARIASI
SUBSTITUSI PADA TAKARAN 1 : 2 : 3**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI UNDARIS**

Disusun Oleh :

ANANG BAGUS DWI SAPUTRO

NIM. 21210004

ABDUL AZIZ

NIM. 21210016

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
UNGARAN
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PEMANFAATAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG
DALAM CAMPURAN BETON NORMAL DENGAN VARIASI
SUBSTITUSI PADA TAKARAN 1 : 2 : 3**

Disusun Oleh :

**ANANG BAGUS DWI SAPUTRO
ABDUL AZIZ**

**NIM. 21210004
NIM. 21210016**

**Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS**

Diperiksa dan Disetujui

Pembimbing I



Abdullah, ST., MT.

NIDN. 0629096901

Pembimbing II



Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST., M.Eng.

NIDN. 0617019402

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG DALAM CAMPURAN BETON NORMAL DENGAN VARIASI SUBSTITUSI PADA TAKARAN 1 : 2 : 3

Disusun Oleh :

ANANG BAGUS DWI SAPUTRO

NIM. 21210004

ABDUL AZIZ

NIM. 21210016

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :

27 September 2025

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Totok Apriyanto, MT.

()

Anggota 1 : Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST., M. Eng.

()

Anggota 2 : Ratih Pujiastuti, ST., MT.

()

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNDARIS



Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., ST., MT.

NIDN. 0604089203

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik sarjana, baik di lingkungan Undaris maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian penulis sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan tim dosen pembimbing.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya-karya atau pendapat orang yang telah ditulis dan dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang atau dicantumkan dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Ungaran, 27 September 2025

Yang membuat pernyataan,



Anang dan Abdul Aziz

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh.

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan limpahan rahmatnya saya telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pemanfaatan Agregat Kasar Daur Ulang Dalam Campuran Beton Normal Dengan Variasi Substitusi Pada Takaran 1 : 2 : 3” secara maksimal. Shalawat serta salam selalu terlimpahkan dan curahkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI, Ungaran. Dalam penulisan Tugas Akhir ini terdapat beberapa hambatan yang dihadapi, namun berkat saran, kritik, dan dorongan dari berbagai pihak, alhamdulillah dapat diselesaikan. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang terlibat dan senantiasa memberi dukungan kepada penulis selama proses penyusunan hingga selesainya Tugas Akhir.

1. Rektor Universitas Darul Ulum Islamic Center Sudirman GUPPI Ungaran.
2. Bapak Abdullah, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Center Sudirman GUPPI Ungaran.
3. Bapak Ir. Agung Hari Wibowo, SIP. S.T, M.T. selaku Kaprodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Center Sudirman GUPPI Ungaran.
4. Bapak Abdullah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I
5. Bapak Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II
6. Seluruh dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Center Sudirman GUPPI Ungaran.

Ungaran, 27 September 2025

Penulis



Anang dan Abdul Aziz

ABSTRAK

Pertumbuhan pembangunan infrastruktur yang pesat berdampak pada peningkatan kebutuhan bahan konstruksi, khususnya beton. Di sisi lain, tingginya volume limbah beton dari pembongkaran bangunan lama menimbulkan permasalahan lingkungan yang signifikan. Pemanfaatan limbah konstruksi sebagai bahan bangunan alternatif merupakan upaya mendukung pembangunan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah menggunakan agregat kasar daur ulang (*recycled coarse aggregate*) sebagai pengganti agregat kasar alami dalam campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi substitusi agregat kasar daur ulang terhadap kuat tekan beton normal dengan perbandingan campuran 1:2:3 (semen : pasir : agregat kasar). Variasi substitusi yang digunakan adalah tiga variasi campuran yaitu, 0%, 50%, dan 100% agregat kasar daur ulang. Agregat daur ulang diperoleh dari hasil penghancuran limbah beton keras, kemudian disaring sesuai gradasi standar. Pengujian dilakukan terhadap benda uji berbentuk silinder berukuran 15x30 cm pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal menghasilkan kuat tekan sebesar 11,978 MPa, BDU 50% menghasilkan kuat tekan 12,997 MPa dan BDU 100% menghasilkan 12,986 MPa. BDU 50% mengalami peningkatan sebesar 8,505% dari beton normal, sedangkan BDU 100% mengalami peningkatan sebesar 8,415%. Dengan demikian, penggunaan agregat kasar daur ulang sebesar 50% dapat dipertimbangkan sebagai alternatif material yang layak dalam pembuatan beton, dan menjadi alternatif yang layak dan ramah lingkungan dalam pembuatan beton.

Kata kunci : beton normal, agregat daur ulang, kuat tekan, daur ulang beton, 1:2:3

ABSTRACT

The rapid growth of infrastructure development has led to an increased demand for construction materials, particularly concrete. On the other hand, the high volume of concrete waste from demolished buildings has created significant environmental challenges. Utilizing construction waste as an alternative building material is an effort to support sustainable development. One approach that can be taken is the use of recycled coarse aggregate as a substitute for natural coarse aggregate in concrete mixtures. This study aims to determine the effect of varying levels of recycled coarse aggregate substitution on the compressive strength of normal concrete using a 1:2:3 mix ratio (cement : sand : coarse aggregate). The substitution variations used in this study are 0%, 50%, and 100% recycled coarse aggregate. The recycled aggregates were obtained from crushed hardened concrete waste, then sieved according to standard gradation requirements. Testing was conducted on cylindrical specimens measuring 15x30 cm at the ages of 7, 14, and 28 days. The test results showed that normal concrete achieved a compressive strength of 11.978 MPa, while the 50% recycled aggregate concrete (BDU 50%) achieved 12.997 MPa, and the 100% recycled aggregate concrete (BDU 100%) achieved 12.986 MPa. The BDU 50% mix showed an increase of 8.505% in compressive strength compared to normal concrete, while the BDU 100% mix showed an increase of 8.415%. Therefore, the use of 50% recycled coarse aggregate can be considered a viable alternative material in concrete production, offering an environmentally solution for sustainable construction.

Keywords: *normal concrete, recycled aggregates, compressive strength, concrete recycling, 1:2:3*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Lokasi Penelitian.....	4
1.7 Sistematik Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Uraian Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Bahan Penyusun Beton.....	7
2.3.1 Semen	8
2.3.2 Agregat Halus	9
2.3.3 Agregat Kasar	9
2.3.4 Air	10
2.3.5 Agregat Daur Ulang.....	10

2.4 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>).....	11
2.5 Kuat Tekan Beton	12
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Jenis Peneltian.....	13
3.2 Lokasi Penelitian.....	13
3.3 Bahan dan Peralatan.....	14
3.3.1 Bahan-bahan yang digunakan.....	14
3.3.2 Peralatan yang digunakan.....	17
3.4.1 Tahap I Persiapan.....	21
3.4.2 Tahap II Pembuatan <i>Mix Design</i>	22
3.4.3 Tahap III Pembuatan Benda Uji	22
3.4.4 Tahap V Pengujian.....	24
3.4.5 Tahap VI Analisa Data.....	25
3.4.6 Tahap VII Pengambilan Kesimpulan.....	25
3.4.7 Bagan Alur Penelitian.....	25
BAB IV	27
4.1 Data Hasil Pengujian	27
4.2 Uji Slump.....	27
4.3 Berat Volume Benda Uji Silinder.....	29
4.3.1 Berat Volume Benda Uji umur 7 hari	29
4.3.2 Berat Volume Benda Uji umur 14 hari	29
4.3.3 Berat Volume Benda Uji umur 28 hari	30
4.4 Pengukuran Diameter dan Ketinggian Benda Uji Silinder.....	30
4.5 Pengujian Kuat Tekan	32
4.5.1 Analisis Pemeriksaan Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	32
4.5.2 Analisis Pemeriksaan Kuat Tekan Umur 14 Hari.....	34
4.5.3 Analisis Pemeriksaan Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	36
4.6 Identifikasi Pola Kerusakan	38
4.7 Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Kasar Daur Ulang.....	42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Ruang <i>Labotarium</i> Fakultas Teknik	13
Gambar 3. 2 Semen <i>Portland</i>	14
Gambar 3. 3 Agregat Halus	15
Gambar 3. 4 Agregat Kasar	15
Gambar 3. 5 Air	16
Gambar 3. 6 Agregat Kasar Ulang.....	16
Gambar 3.7 Timbangan Digital	17
Gambar 3.8 Cetakan Silinder	17
Gambar 3.9 Alat Ukur	18
Gambar 3.10 Ember.....	18
Gambar 3.11 Kerucut Abrams	19
Gambar 3.12 Tongkat Penumbuk	19
Gambar 3.13 Cangkul.....	20
Gambar 3.14 Sekop	20
Gambar 3.15 Alat Pengujian Beton	21
Gambar 4.1 (a), (b) dan (c) Hasil Pengujian Slump.....	28
Gambar 4. 2 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari	33
Gambar 4.3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Daur Ulang 50% Umur 7 Hari	33
Gambar 4.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Daur Ulang 100% Umur 7 Hari	33
Gambar 4. 5 (a) dan (b) Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal 14 Hari.....	35
Gambar 4. 6 (a) dan (b) Hasil Uji Kuat Tekan Beton Daur Ulang 50% 14 Hari.....	35
Gambar 4.7 (a) dan (b) Hasil Uji Kuat Tekan Beton Daur Ulang 100% 14 Hari.....	36
Gambar 4. 8 (a) dan (b) Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal 28 Hari.....	37
Gambar 4.9 (a) dan (b) Hasil Uji Kuat Tekan Beton Daur Ulang 50% 28 Hari.....	37
Gambar 4. 10 (a) dan (b) Hasil Uji Kuat Tekan Beton Daur Ulang 50% 28 Hari.....	38

Gambar 4. 11 Pola Keruntuhan Umur Beton 7 Hari	38
Gambar 4. 12 Pola Keruntuhan Umur Beton Daur Ulang 50% 7 Hari	39
Gambar 4. 13 Pola Keruntuhan Umur Beton Daur Ulang 100% 7 Hari	39
Gambar 4. 14 (a) dan (b) Pola Keruntuhan BN Umur 14 Hari	39
Gambar 4. 15 (a) dan (b) Pola Keruntuhan BDU 50% Umur 14 Hari	40
Gambar 4. 16 (a) dan (b) Pola Keruntuhan BDU 100% Umur 14 Hari	40
Gambar 4. 17 (a) dan (b) Pola Keruntuhan BN Umur 28 Hari	40
Gambar 4. 18 (a) dan (b) Pola Keruntuhan BDU 50% Umur 28 Hari	41
Gambar 4. 19 a) dan (b) Pola Keruntuhan BDU 100% Umur 28 Hari.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Mix Design Perbandingan 1 : 2 : 3	12
Tabel 3. 1 Proporsi adukan beton per 5 sampel.....	22
Tabel 4. 1 Hasil Uji <i>Slump</i>	27
Tabel 4. 2 Berat Volume Benda Uji Silinder Umur 7 Hari.....	29
Tabel 4. 3 Berat Volume Benda Uji Silinder Umur 14 Hari.....	29
Tabel 4. 4 Berat Volume Benda Uji Silinder Umur 28 Hari.....	30
Tabel 4. 5 Diameter & Ketinggian Benda Uji Silinder umur 7 hari.....	31
Tabel 4.6 Diameter & Ketinggian Benda Uji Silinder umur 14 hari.....	31
Tabel 4. 7 Diameter & Ketinggian Benda Uji Silinder umur 28 hari.....	31
Tabel 4. 8 Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari	32
Tabel 4. 9 Pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari	34
Tabel 4. 10 Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari	36
Tabel 4. 11 Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan bahan konstruksi yang paling umum digunakan dalam berbagai proyek infrastruktur karena kekuatan, keawetan, dan kemudahan produksinya. Dalam komposisi beton, agregat kasar berperan besar, yaitu sekitar 60–75% dari total volume beton (Neville, 2011). Akibat tingginya kebutuhan terhadap agregat, eksploitasi sumber daya alam, khususnya batuan alam sebagai agregat kasar, semakin meningkat. Hal ini dapat menyebabkan degradasi lingkungan seperti kerusakan lahan, penggundulan bukit, serta pencemaran air tanah.

Di sisi lain, sektor konstruksi juga merupakan penyumbang besar limbah padat, terutama dari kegiatan pembongkaran bangunan yang menghasilkan limbah beton dalam jumlah besar. Menurut Kementerian PUPR (2020), limbah konstruksi menyumbang lebih dari 50% total limbah padat di kawasan urban di Indonesia. Tanpa pengelolaan yang baik, limbah tersebut akan memperparah permasalahan lingkungan, termasuk pencemaran dan keterbatasan lahan pembuangan.

Untuk menjawab tantangan tersebut, pendekatan berkelanjutan dalam konstruksi sangat diperlukan, salah satunya melalui pemanfaatan kembali limbah beton sebagai bahan konstruksi, khususnya sebagai agregat kasar daur ulang (*recycled coarse aggregate*). Agregat daur ulang diperoleh dari hasil penghancuran limbah beton, kemudian disaring dan diproses ulang sehingga dapat digunakan dalam campuran beton baru. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa beton dengan agregat daur ulang dapat tetap mencapai kuat tekan yang cukup, meskipun umumnya sedikit lebih rendah dari beton konvensional (Prahasto, 2018; *Limbachiya et al.*, 2007).

Dalam penelitian ini, akan dikaji pemanfaatan agregat kasar daur ulang sebagai substitusi agregat kasar alami dalam campuran beton normal dengan takaran 1:2:3 (semen: pasir: agregat kasar). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi persentase substitusi terhadap kuat tekan beton, serta mencari batas optimal substitusi yang masih memenuhi standar kuat tekan beton struktural sesuai SNI 2493:2011.

Dengan memanfaatkan limbah beton sebagai agregat kasar daur ulang, diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya alam sekaligus menekan volume limbah konstruksi. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap penerapan prinsip *green construction* dalam industri konstruksi di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari terhadap variasi substitusi agregat kasar daur ulang?
2. Bagaimana pengaruh variasi substitusi agregat kasar daur ulang terhadap kuat tekan beton normal dengan perbandingan campuran 1:2:3?
3. Pada persentase substitusi berapa, agregat kasar daur ulang menghasilkan beton dengan hasil uji kuat tekan terbaik?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah dan tidak melebar dari tujuan yang ingin dicapai, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menggunakan jenis beton normal dengan perbandingan campuran 1:2:3 (semen : pasir : agregat kasar) tanpa bahan tambah admixture atau zat additive.
2. Agregat kasar daur ulang yang digunakan berasal dari limbah beton keras bekas bongkaran rumah (bagian struktur seperti kolom, balok, dan sloof), yang dihancurkan secara mekanis dan disaring sesuai standar gradasi agregat kasar berdasarkan SNI 7656:2012.
3. Variasi substitusi agregat kasar daur ulang terhadap agregat kasar alami dibatasi pada tiga variasi campuran, yaitu 0%, 50%, dan 100% campuran agregat kasar daur ulang.
4. Pengujian beton difokuskan pada uji kuat tekan menggunakan benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

5. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari.
6. Penelitian ini menggunakan total 15 sampel, dengan satu sampel di setiap jenis variasi pada pengujian umur 7 hari dan dua sampel di setiap jenis variasi di pada pengujian umur ke 14 dan 28 hari.
7. Penelitian tidak membahas sifat beton lainnya seperti kuat tarik, modulus elastisitas, durabilitas, dan permeabilitas.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisis perkembangan kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari terhadap variasi substitusi agregat kasar daur ulang.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi substitusi agregat kasar daur ulang terhadap kuat tekan beton normal dengan komposisi takaran 1:2:3.
3. Untuk menentukan persentase substitusi optimal dari agregat kasar daur ulang yang dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan terbaik.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, adalah sebagai berikut:

1. Secara akademis, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya dalam pemanfaatan limbah beton sebagai agregat kasar daur ulang dalam campuran beton normal. Penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk studi lebih lanjut mengenai pengaruh variasi substitusi agregat daur ulang terhadap kualitas beton pada berbagai umur.
2. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan oleh para insinyur dan praktisi konstruksi dalam menentukan kadar agregat kasar daur ulang yang optimal dalam campuran beton, terutama pada beton normal dengan perbandingan 1:2:3. Selain itu, penelitian ini memberikan informasi yang berguna mengenai kuat tekan beton yang dihasilkan pada variasi substitusi agregat daur ulang pada umur beton 7, 14, dan 28 hari.

3. Secara lingkungan, penelitian ini mendukung pengurangan penggunaan sumber daya alam (agregat alami) dan mengurangi volume limbah konstruksi yang tidak terkelola dengan baik. Penggunaan agregat kasar daur ulang dalam campuran beton memberikan alternatif yang lebih ramah lingkungan serta mendorong penerapan konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable construction*) dalam industri konstruksi.

1.6 Lokasi Penelitian

Laboratorium Bahan Bangunan dan Laboratorium Mekanika Tanah Prodi Teknik Sipil Universitas Darul Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS).

1.7 Sistematik Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir dengan judul “*Pemanfaatan Agregat Kasar Daur Ulang Dalam Campuran Beton Normal Dengan Variasi Substitusi Pada Takaran 1 : 2 : 3*” ini dibagi menjadi beberapa bab dengan materi sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang uraian dasar teori yang digunakan dalam Tugas Akhir ini. Teori-teori ini yang kemudian menjadi dasar penulisan Tugas Akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan dalam studi mengenai pengaruh variasi substitusi agregat kasar daur ulang dalam campuran beton normal dengan takaran 1 : 2 : 3 pada beton.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN

Bab ini membahas mengenai analisis dan perhitungan nilai slump dan kuat tekan pada benda uji.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan kesimpulan dan saran mengenai hasil perhitingan kuat tekan beton terhadap variasi substitusi agregat kasar daur ulang dalam campuran beton normal dengan takaran 1 : 2 : 3 pada beton tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Erniati & M. Wihardi Tjaronge, (2016), mengemukakan bahwa beton merupakan campuran antara bahan penyusunnya yang terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, air dengan atau tanpa bahan tambahan. Beton yang berkualitas jika beton mempunyai sifat mekanik dan ketahanannya yang baik. Sifat mekanik beton yang paling penting adalah kuat tekan. Karakteristik ini sangat berhubungan dengan karakteristik lainnya, dengan kata lain jika kuat tekannya tinggi maka karakteristik lainnya juga baik.

Wuryati S. dan Candra R (2001), menyatakan bahwa beton merupakan campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah atau jenis agregat lain) dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu.

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang kami pelajari sebagai berikut :

- a. Deni Anwar Hamid, Solihin As'ad, Endah Safitri (2014) dari hasil penelitian yang berjudul "Pengaruh Penggunaan Agregat Daur Ulang Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Berkinerja Tinggi Grade 80" dapat disimpulkan bahwa : Penurunan kuat tekan beton seiring meningkatnya persentase substitusi agregat halus daur ulang menunjukkan bahwa kualitas agregat daur ulang masih belum mampu menggantikan peran agregat alami secara optimal. Substitusi 20% saja telah menurunkan kuat tekan hingga 20,97%, yang mengindikasikan bahwa karakteristik fisik agregat daur ulang seperti porositas tinggi dan daya serap air yang besar mempengaruhi proses hidrasi semen. Semakin tinggi persentase penggantian, penurunan kuat tekan cenderung terus berlanjut meskipun dengan selisih yang lebih kecil, hingga penurunan total sebesar 37,09% pada substitusi penuh 100%. Hal ini memperlihatkan bahwa pemanfaatan agregat daur ulang dalam beton berkinerja tinggi perlu disesuaikan dengan perlakuan atau modifikasi tambahan agar dapat mempertahankan performa struktural beton.
- b. Andika Serdianto Rizki Syah Putra dari hasil penelitian nya yang berjudul "Penggunaan Recycle Concrete Aggregate Terhadap Kuat Tekan Beton Berbasis

Analytical Hierarchy Process" (2023) dapat disimpulkan bahwa : Pengaruh penggantian agregat kasar daur ulang (Recycled Coarse Aggregate/RCA) terhadap mutu campuran beton menunjukkan variasi pada nilai kuat tekan. Berdasarkan hasil pengujian, kuat tekan beton dengan RCA 0% (beton normal) mencapai 24,533 MPa. Saat RCA digunakan sebesar 25%, kuat tekan meningkat menjadi 25,415 MPa. Namun, pada penggantian RCA sebesar 50%, terjadi penurunan kuat tekan menjadi 22,914 MPa. Menariknya, pada tingkat penggantian RCA sebesar 75%, kuat tekan justru meningkat secara signifikan hingga mencapai 26,023 MPa, nilai tertinggi di antara semua variasi. Sementara itu, beton dengan RCA 100% mencatatkan kuat tekan sebesar 25,256 MPa.

Untuk menentukan proporsi optimal penggunaan RCA dalam campuran beton, dilakukan analisis menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) melalui perangkat lunak Expert Choice versi 11. Hasil analisis menunjukkan bahwa komposisi penggantian RCA sebesar 25% merupakan desain paling optimal, dengan tingkat preferensi tertinggi sebesar 51,7%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan RCA 25% mampu memberikan keseimbangan terbaik antara performa mekanis dan efisiensi material dalam campuran beton daur ulang.

- c. Zulfitriah Ansar (2024) dari hasil penelitian nya yang berjudul "Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dengan Penambahan Aditif Beton Mix Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton" dapat disimpulkan bahwa: Hasil uji kuat tekan beton menunjukkan bahwa substitusi 25% agregat kasar dengan limbah beton tanpa tambahan aditif menyebabkan penurunan kuat tekan secara signifikan pada semua umur pengujian. Nilai kuat tekan 28 hari turun menjadi 21,89 MPa dari beton normal sebesar 25,38 MPa. Namun, penambahan aditif Beton Mix sebanyak 400 ml dan 600 ml menunjukkan peningkatan yang signifikan. Pada dosis 400 ml, kuat tekan meningkat menjadi 25,48 MPa dan pada 600 ml mencapai 28,31 MPa, yang bahkan melampaui kuat tekan beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun limbah beton cenderung menurunkan kekuatan beton, penambahan aditif kimia dapat memperbaiki dan bahkan meningkatkan performa struktural beton tersebut.
- d. Aprizal Fauzi dan Eko Walujodjati (2021) dari hasil penelitian nya yang berjudul "Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat Kasar Daur Ulang dan Bahan Tambah Tipe F Super Plasticizer" dapat disimpulkan bahwa: Hasil pengujian kuat tekan beton pada

umur 14 hari menunjukkan bahwa penambahan superplasticizer Tipe F memberikan efek bervariasi terhadap performa beton dengan substitusi agregat kasar daur ulang. Kuat tekan tertinggi dicapai pada substitusi 60% RCA (Recycled Concrete Aggregate) dengan nilai 8,49 MPa, sedikit lebih tinggi dari beton normal sebesar 8,12 MPa. Sementara itu, campuran dengan substitusi 20% dan 40% menghasilkan kuat tekan sebesar 7,64 MPa dan 7,74 MPa, yang masih berada di bawah beton normal. Penurunan paling signifikan terjadi pada substitusi 80%, yang hanya mencapai kuat tekan 6,79 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan superplasticizer efektif pada komposisi tertentu, khususnya pada 60% RCA, namun tidak menjamin peningkatan performa secara linear pada substitusi yang lebih tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan bahan tambah kimia dapat meningkatkan performa beton hingga titik tertentu, namun efektivitasnya menurun pada persentase substitusi yang terlalu tinggi.

- e. Muhammad Arrie Rafshanjani Amin dan Inseun Yuri Salena (2025) dari hasil penelitiannya yang berjudul "Analisis Efisiensi Beton Daur Ulang sebagai Alternatif Agregat pada Konstruksi Berkelanjutan" dapat disimpulkan bahwa : Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa semua variasi substitusi limbah beton pada umur 7 dan 28 hari masih memenuhi target kuat tekan minimal 25 MPa. Substitusi 10% limbah beton (LB10) memberikan hasil terbaik dengan peningkatan kuat tekan menjadi 28,36 MPa pada umur 7 hari dan 40,03 MPa pada umur 28 hari, atau naik sebesar 16,37% dibanding beton normal. Namun, pada substitusi 20% hingga 40%, terjadi penurunan kuat tekan, meskipun masih berada di atas 32 MPa pada umur 28 hari. Substitusi 20% dan 40% menghasilkan kuat tekan yang sama pada umur 28 hari, yaitu 32,22 MPa. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh penurunan kualitas zona transisi antar muka, akibat meningkatnya kandungan limbah beton. Meskipun begitu, seluruh variasi tetap menunjukkan kinerja struktural yang layak untuk digunakan dalam konstruksi.

2.3 Bahan Penyusun Beton

Beton terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, air, serta bahan tambahan sebagai komponen utama penyusunnya. Seiring dengan kemajuan teknologi, inovasi dalam material beton terus berkembang. Dalam penggunaannya, beton dirancang dengan material

tertentu untuk mencapai karakteristik atau tujuan spesifik. Berikut ini merupakan berbagai bahan yang digunakan sebagai penyusun beton.

2.3.1 Semen

Semen adalah suatu bahan penyusun beton yang mempunyai sifat *adhesif* dan *kohesif* yang mampu melekatkan *fragmen-fragmen mineral* menjadi suatu kesatuan massa yang padat. Semen yang digunakan untuk bahan beton adalah semen *portland* atau semen *portland pozolan* yang berupa semen *hidrolik* sebagai perekat bahan susun beton. (Kardiyono, 1996).

Semen *Portland* merupakan semen *hidraulik* yang diproduksi melalui penggilingan *klinker*, yaitu hasil pembakaran campuran bahan baku yang kaya akan senyawa *kalsium silikat*, dengan penambahan *gypsum* sebagai *retardernya*. *Klinker* tersebut terbentuk dari bahan-bahan yang mengandung *kalsium oksida* (CaO), *silika* (SiO_2), *alumina* (Al_2O_3), dan besi *oksida* (Fe_2O_3). Dalam bentuk bubuk halus, semen akan mengalami reaksi *hidrasi* saat bercampur dengan air, menghasilkan pasta semen yang mengeras dan berfungsi sebagai pengikat dalam campuran beton.

Semen dan air berfungsi sebagai fase aktif yang berperan dalam reaksi kimia pembentukan kekuatan beton, sedangkan agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) merupakan fase inaktif yang bertugas sebagai pengisi volume. Reaksi hidrasi semen, khususnya pada senyawa *trikalsium aluminat* (C_3A), menghasilkan panas dan membentuk ikatan kimia yang kuat antar partikel dalam campuran.

Untuk menjaga konsistensi mutu, jenis dan merk semen yang digunakan harus seragam serta dalam kondisi tidak mengalami pengerasan awal (*pre-set*). Pengaruh lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara sangat menentukan proses hidrasi dan pengerasan, sehingga semen harus disimpan dalam kondisi kering dan terlindung dari kelembaban guna mencegah penurunan performa. Menurut SNI 15-2049-2004 terdapat beberapa tipe semen portland dan penggunaannya diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Semen Portland Tipe I, untuk penggunaan umum yang tidak membutuhkan persyaratan khusus.

2. Semen Portland Tipe II, untuk penggunaan yang memerlukan ketahanan pada sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen Portland Tipe III, untuk penggunaan yang membutuhkan kekuatan tinggi ditahap permulaan setelah terjadi pengikatan.
4. Semen Portland Tipe IV, untuk penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Semen Portland Tipe V, untuk penggunaannya menuntut persyaratan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2.3.2 Agregat Halus

Menurut SNI 02-6820-2002, agregat halus merupakan agregat dengan besar butir maksimum 4,7 mm. Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI 03- 6820-2002 adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- b. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sifat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus dicuci.

2.3.3 Agregat Kasar

Menurut (Kardiyono, 1996), menjelaskan bahwa agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar (antara 5 mm dan 40 mm). Sifat dari agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen. Agregat kasar memiliki pengaruh yang besar terhadap kekuatan dan sifat-sifat struktur beton. Oleh karena itu, agregat kasar yang digunakan sebaiknya mempunyai butiran yang cukup keras, bebas dari retakan atau bidang-bidang yang lemah, bersih dan permukaannya tidak tertutupi oleh lapisan. Selain itu, sifat-sifat agregat kasar juga memengaruhi lekatan antara

agregat, mortar dan kebutuhan air pencampuran. Agregat yang memiliki ukuran butir yang lebih kecil memiliki potensial untuk menghasilkan beton yang memiliki kekuatan yang tinggi.

Gradasi butiran agregat yang optimal dapat menghasilkan kerapatan maksimum serta porositas minimum dalam campuran beton. Karakteristik utama dari agregat, baik halus maupun kasar, meliputi kekuatan terhadap tekanan dan ketahanan terhadap benturan, yang berpengaruh pada kualitas ikatan dengan pasta semen. Selain itu, porositas dan kemampuan menyerap air agregat turut memengaruhi ketahanannya terhadap siklus pembekuan atau pencairan pada kondisi musim dingin, agresinya kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

2.3.4 Air

Air adalah salah satu komponen penting dalam pembuatan beton karena berperan untuk mereaksikan semen Portland sehingga terbentuk pasta yang bisa merekatkan agregat. Selain itu, air juga membantu membuat adukan beton menjadi lebih mudah diolah atau dikerjakan. Namun, jumlah air yang digunakan harus tepat atau tidak boleh terlalu banyak atau terlalu sedikit. Jika air terlalu banyak, kekuatan tekan beton bisa berkurang. Sebaliknya, jika air terlalu sedikit, campuran beton menjadi sulit menyatu dengan baik.

2.3.5 Agregat Daur Ulang

Agregat kasar daur ulang (*Recycled Coarse Aggregate/RCA*) adalah material yang diperoleh dengan cara menghancurkan beton bekas, seperti sisa konstruksi atau pembongkaran bangunan, menjadi butiran-butiran kasar berukuran antara 5 mm hingga 40 mm. Proses ini bertujuan untuk menggantikan sebagian atau seluruh agregat alam dalam campuran beton baru, sebagai langkah menuju praktik konstruksi yang lebih berkelanjutan.

Agregat kasar daur ulang memiliki beberapa karakteristik yang membedakannya dari agregat alam :

1. Kandungan Mortar: Agregat kasar daur ulang mengandung sisa mortar beton lama sekitar 25% hingga 45%. Kandungan ini dapat mempengaruhi kekuatan dan daya tahan beton yang dihasilkan.
2. Porositas dan Berat Jenis: Karena adanya sisa mortar, RCA cenderung

memiliki porositas lebih tinggi dan berat jenis lebih rendah dibandingkan agregat alam, yang dapat memengaruhi daya serap air dan kekuatan beton.

3. Retak Mikro: Proses penghancuran beton lama dapat menimbulkan retak mikro pada RCA, yang dapat mempengaruhi integritas struktural beton baru.

2.4 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (mix design) merupakan proses untuk menentukan proporsi bahan penyusun beton berdasarkan mutu yang ditargetkan. Dalam penelitian ini, perhitungan campuran beton dilakukan menggunakan metode rasio campuran 1:2:3 dengan menggunakan ember sebagai alat bantu takar.

Beton normal adalah campuran material yang terdiri dari pasir dan batu pecah (split), yang menghasilkan beton dengan berat jenis sekitar 2200 hingga 2400 kg/m³ serta memiliki kuat tekan berkisar antara 15 hingga 40 MPa. Dalam penelitian ini dibuat inovasi terbaru terhadap perencanaan campuran beton normal yaitu, dengan menambahkan Agregat kasar daur ulang yang digunakan berasal dari limbah beton keras bekas bongkaran rumah (bagian struktur seperti kolom, balok, dan sloof), yang dihancurkan secara mekanis dan disaring sesuai standar gradasi agregat kasar sebanyak 50% dan 100% sebagai bahan substitusi terhadap agregat kasar. Penggunaan limbah beton keras bekas bongkaran rumah pada penelitian ini ditentukan persennya dengan upaya menghindari kegagalan dari penelitian sebelumnya yang telah menggunakan campuran limbah beton keras bekas bongkaran rumah dengan variasi diatas standar yang menyebabkan penurunan terhadap nilai kekuatan terhadap tekan beton

Mix design yang digunakan dalam penelitian ini menerapkan perbandingan bahan penyusun beton sebesar 1:2:3. Dalam proses perencanaannya, perbandingan tersebut ditentukan menggunakan ember sebagai alat bantu, sehingga diperoleh berat masing-masing bahan penyusun beton yaitu :

Tabel 2. 1 Mix Design Perbandingan 1 : 2 : 3

Bahan	Ukuran Berat/ember	Satuan
Semen	7,08	kg
Agregat Halus	9,66	kg
Agregat Kasar	8,53	kg
Agregat Kasar Daur Ulang	6,28	kg
FAS	0,5	-

2.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan indikator untuk mengetahui seberapa besar beban maksimal yang dapat ditahan oleh beton sebelum mengalami kerusakan atau pecah akibat tekanan tertentu. Nilainya dinyatakan dalam satuan megapascal (MPa). Kuat tekan beton yang disebut f'_c adalah nilai yang ditentukan oleh perencana struktur, dan biasanya diperoleh dari pengujian menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini termasuk dalam kategori penelitian eksperimental, yaitu suatu pendekatan ilmiah yang dilakukan dengan cara membuat dan menguji variasi campuran beton berdasarkan satu atau lebih variabel yang telah ditentukan sebelumnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengamati dan menganalisis bagaimana perubahan pada variabel-variabel tertentu seperti komposisi bahan, proporsi campuran, atau karakteristik material yang dapat memengaruhi sifat-sifat beton, khususnya pada kuat tekan beton.

Penelitian eksperimen menekankan pada proses kontrol dan manipulasi variabel, sehingga memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat secara lebih jelas dan terukur. Dalam konteks ini, penelitian dilakukan melalui serangkaian pengujian laboratorium, di mana tiap variasi campuran beton diuji menggunakan standar pengujian yang berlaku, guna memperoleh data yang valid dan dapat dibandingkan secara sistematis.

3.2 Lokasi Penelitian



Gambar 3. 1 Ruang *Labotariom* Fakultas Teknik

Lokasi untuk penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan dan *Laboratorium* Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Universitas Darul Islamic Centre Sudriman GUPPI (UNDARIS).

3.3 Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

3.3.1 Bahan-bahan yang digunakan

1. Semen



Gambar 3. 2 Semen *Portland*

Semen yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen jenis Portland tipe I merk Semen Gresik jenis Portland Composite Cement. Semen yang akan digunakan dalam pekerjaan konstruksi harus memiliki kemasan serta kondisi fisik yang masih baik dan tidak mengalami kerusakan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa kualitas semen tetap terjaga dan tidak mengalami penurunan sebelum digunakan. Oleh karena itu, penyimpanan semen harus dilakukan dengan cara yang benar, yaitu ditempatkan di dalam ruangan yang tertutup rapat, terlindung dari kelembaban, serta jauh dari sumber air dan sinar matahari langsung, panas matahari yang berlebihan dapat menyebabkan semen menggumpal atau mengeras sebelum waktunya, yang akhirnya akan mengurangi mutu dan efektivitasnya dalam campuran beton. Dengan menjaga kondisi penyimpanan seperti ini, mutu semen dapat tetap stabil dan sesuai dengan standar yang dibutuhkan dalam pelaksanaan proyek.

2. Agregat Halus Dan Kasar



Gambar 3. 3 Agregat Halus



Gambar 3. 4 Agregat Kasar

Agregat dalam campuran beton secara umum diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar. Pada penelitian ini, jenis agregat halus yang digunakan adalah pasir alami yang diperoleh dari wilayah Muntilan, yang dikenal memiliki karakteristik material yang sesuai untuk kebutuhan konstruksi. Sementara itu, sebagai agregat kasar digunakan batu split berukuran antara 1-2 cm, yang berasal dari daerah Langensari, Kecamatan Ungaran Barat. Pemilihan kedua jenis agregat ini didasarkan pada ketersediaan lokal serta kualitasnya yang memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton dalam penelitian ini.

3. Air



Gambar 3. 5 Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI Ungaran UNDARIS. Air yang digunakan merupakan air bersih, tidak berbau, serta memiliki kejernihan yang baik. Pemilihan air ini didasarkan pada pertimbangan bahwa kualitas air memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil mutu beton. Air yang mengandung kotoran, bahan organik, atau zat pencemar lainnya dapat mengganggu reaksi kimia antara semen dan air, sehingga berpotensi menurunkan kekuatan serta daya tahan beton. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan air yang memenuhi standar kelayakan untuk digunakan dalam pembuatan campuran beton.

4. Agregat Kasar Daur Ulang



Gambar 3. 6 Agregat Kasar Ulang

Pada penelitian ini yang digunakan yaitu limbah beton keras yang berasal dari bekas bongkaran rumah sebagai bahan substitusi agregat kasar dengan varian 0%, 50%, dan 100% dari total agregat kasar.

3.3.2 Peralatan yang digunakan

1. Timbangan



Gambar 3.7 Timbangan Digital

Timbangan digunakan sebagai alat bantu utama untuk mengukur dan menentukan berat masing-masing material penyusun beton, seperti semen, agregat halus, agregat kasar, serta benda uji sebelum dilakukan proses pengujian. Ketelitian dalam penimbangan sangat penting guna memastikan proporsi campuran sesuai dengan perencanaan, sehingga hasil campuran beton yang diperoleh dapat memiliki mutu dan karakteristik yang diharapkan.

2. Cetakan Silinder



Gambar 3.8 Cetakan Silinder

Cetakan silinder digunakan sebagai wadah untuk membentuk adukan beton yang telah dicampur (*di-mixer*) menjadi benda uji berbentuk silinder. Dalam penelitian ini, cetakan yang digunakan memiliki diameter

150 mm dan tinggi 300 mm, sesuai dengan standar pengujian kuat tekan beton. Penggunaan dimensi tersebut bertujuan agar hasil pengujian dapat dibandingkan secara ilmiah dan memenuhi ketentuan yang berlaku dalam pengujian laboratorium beton.

3. Meteran



Gambar 3.9 Meteran

Alat ukur ketinggian hasil slump yang digunakan dalam penelitian ini adalah meteran. Meteran berfungsi untuk mengukur ketinggian hasil slump beton, yaitu selisih antara tinggi kerucut slump sebelum dan sesudah cetakan diangkat. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelecakan (*workability*) dari adukan beton yang telah dibuat, yang merupakan salah satu indikator penting dalam pengujian mutu beton segar.

4. Ember



Gambar 3.10 Ember

Ember digunakan sebagai wadah untuk menampung berbagai material penyusun beton, seperti agregat halus, agregat kasar, air, semen, serta bahan tambahan (*admixture*) jika digunakan. Selain itu, ember juga

berperan penting dalam proses pemindahan material ke dalam mesin *mixer* beton, sehingga mempermudah dan mempercepat proses pencampuran bahan secara efisien dan sesuai takaran.

5. Kerucut Abrams



Gambar 3.11 Kerucut Abrams

Kerucut Abrams digunakan untuk melakukan pengujian terhadap beton segar yang baru saja diaduk atau dibuat secara manual. Alat ini berfungsi untuk mengukur nilai *slump*, yaitu tingkat kelecakan beton, yang menjadi indikator penting dalam menilai kemudahan pengerjaan (*workability*) adukan beton. Dalam penggunaannya, bagian injakan kaki dan pegangan pada Kerucut Abrams harus disertakan guna memastikan alat berdiri stabil selama proses pengisian dan pengangkatan cetakan, sehingga hasil pengukuran *slump* yang diperoleh lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

6. Tongkat Penumbuk



Gambar 3.12 Tongkat Penumbuk

Untuk memperoleh nilai *slump* yang akurat, digunakan tongkat penumbuk sebagai alat untuk memadatkan beton segar di dalam Kerucut Abrams. Alat ini berfungsi menghilangkan rongga udara dalam adukan, sehingga hasil pengujian lebih sesuai terhadap kondisi beton yang sebenarnya.

7. Cangkul



Gambar 3.13 Cangkul

Alat pengaduk yang digunakan untuk mencampur seluruh bahan penyusun beton menggunakan cangkul. Alat ini digunakan dalam penelitian dan merupakan fasilitas milik Laboratorium Bahan Bangunan serta Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS).

8. Sekop



Gambar 3.14 Sekop

Sekop digunakan sebagai alat bantu untuk memasukkan material penyusun beton ke dalam cetakan. Penggunaan sekop mempermudah proses pemindahan adukan beton secara efisien dan mendukung kelancaran dalam pembuatan benda uji.

9. Alat Uji Tekan Beton



Gambar 3.15 Alat Pengujian Beton

Pengujian dalam penelitian ini difokuskan pada kuat tekan beton, yang dilakukan menggunakan mesin uji tekan dalam kondisi baik dan layak pakai. Alat uji ini merupakan fasilitas yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Bangunan dan Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS).

3.4 Tahap Penelitian

Ada beberapa tahapan penelitian yaitu dimulai dari Tahap Persiapan, Pengujian Bahan, Pembuatan *Mix Design*, Pembuatan Benda Uji, Pengujian Benda Uji, Analisa Data, Pengambilan Kesimpulan.

3.4.1 Tahap I Persiapan

Persiapan pelaksanaan penelitian ini mencakup penyusunan tinjauan pustaka, pengadaan alat dan bahan yang diperlukan, serta penataan dan persiapan fasilitas di laboratorium.

3.4.2 Tahap II Pembuatan *Mix Design*

Pada tahap ini, perencanaan campuran beton dilakukan dengan menggunakan proporsi campuran bahan penyusun beton, yaitu 1 bagian semen : 2 bagian agregat halus : 3 bagian agregat kasar. Dalam pelaksanaan perencanaan ini, alat bantu yang digunakan untuk mengukur takaran masing-masing material adalah ember, yang berfungsi sebagai satuan volume dalam proses pencampuran pada penelitian ini.

3.4.3 Tahap III Pembuatan Benda Uji

Setelah proporsi campuran agregat ditetapkan, langkah selanjutnya adalah proses pembuatan benda uji. Tahapan ini mencakup beberapa proses penting, yaitu pengadukan adukan beton, pengujian konsistensi campuran melalui uji slump, proses pengecoran atau pemasukan adukan beton ke dalam cetakan, pelepasan benda uji dari cetakan setelah waktu tertentu, serta perawatan benda uji selama masa pengerasan. Adapun tahapan pembuatan benda uji dapat dilihat di tabel berikut :

Tabel 3. 1 Proporsi adukan beton per 5 sampel

NO	Variasi	Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Agregat Kasar Daur Ulang	Air (Kg)
1	BN	8,46	23,16	30,66	-	5,1
2	BDU 50%	8,46	23,16	15,33	15,33	5,1
3	BDU 100%	8,46	23,16	-	30,66	5,1

1. Pengadukan Beton

Tahap awal pencampuran dilakukan dengan mencampurkan bahan kering terlebih dahulu, yaitu semen Portland dan agregat halus. Selanjutnya, ditambahkan agregat kasar berupa kerikil serta limbah beton daur ulang sebagai substitusi agregat kasar ke dalam campuran. Setelah semua bahan kering

tercampur merata, air ditambahkan secara bertahap sambil terus dilakukan proses pengadukan. Volume air yang ditambahkan dicatat secara cermat untuk memastikan konsistensi campuran yang diinginkan dapat tercapai.

2. Pengujian Slump

Setelah proses pengadukan selesai, beton segar dituang dari tempat pengadukan ke dalam wadah penampung yang lebih besar. Selanjutnya dilakukan uji slump untuk mengetahui tingkat kelecakan (workability) dari beton segar tersebut. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan beton segar ke dalam cetakan slump berbentuk kerucut (kerucut Abrams) secara bertahap. Setiap sepertiga bagian dari volume cetakan dipadatkan dengan menusukkan tongkat pemadat sebanyak minimal 25 kali tusukan untuk memastikan tidak ada rongga udara yang terperangkap. Setelah cetakan penuh, kerucut diangkat secara perlahan dalam posisi vertikal, dan penurunan tinggi beton yang terjadi diukur untuk menentukan nilai slump, kemudian dicatat penurunan yang terjadi.

3. Penuangan Adukan Beton Kedalam Cetakan

Setelah diperoleh nilai slump dari beton segar, tahapan berikutnya adalah proses pengecoran ke dalam cetakan silinder. Prosedur pengecoran dilakukan sebagai berikut :

- a. Beton segar dituangkan ke dalam cetakan silinder yang sebelumnya telah dilumasi dengan minyak pelumas pada bagian dalamnya guna memudahkan proses pelepasan benda uji setelah pengerasan.
- b. Penuangan adukan dilakukan secara bertahap dalam tiga lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan cara menusukkan tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata ke seluruh permukaan lapisan, untuk menghilangkan rongga udara dan memastikan kepadatan yang optimal.
- c. Setelah cetakan terisi penuh, permukaan atas beton diratakan menggunakan tongkat perata agar sejajar dan rata dengan bagian atas cetakan.

4. Pelepasan dan perawatan Benda Uji

Benda uji dikeluarkan dari cetakan setelah 24 jam. Setelah dilepas dari cetakan, benda uji kemudian direndam dalam bak perendaman yang berisi air bersih. Perendaman ini bertujuan untuk menjaga kelembaban beton dan memastikan proses hidrasi semen berlangsung secara optimal.

3.4.4 Tahap V Pengujian

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada tiga *interval* waktu, yaitu saat beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada tahap ini, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi perkembangan kekuatan tekan beton seiring dengan bertambahnya umur. Setiap benda uji diuji menggunakan alat uji tekan untuk mengetahui besarnya beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton pada masing-masing umur tersebut.

1. Persiapan Pengujian :

- a. Benda uji yang akan diuji kekuatannya diambil dari bak perendaman sehari sebelum pelaksanaan pengujian. Setelah diangkat, benda uji diletakkan di tempat yang kering dengan suhu ruang untuk menyesuaikan kondisi sebelum dilakukan pengujian kuat tekan.
- b. Berat benda uji ditentukan

2. Prosedur Uji Tekan :

- a. Benda uji ditempatkan secara sentris pada mesin uji tekan, sehingga posisi benda uji berada tepat di tengah-tengah pelat penekan untuk memastikan distribusi beban yang merata.
- b. Tekan benda uji dengan konstan

Pembebanan dilakukan secara terus-menerus hingga benda uji mengalami kerusakan atau kehancuran. Selama proses pengujian, nilai beban maksimum yang diterima oleh benda uji sebelum mengalami kegagalan dicatat sebagai data utama dalam penentuan kuat tekan beton.

3.4.5 Tahap VI Analisa Data

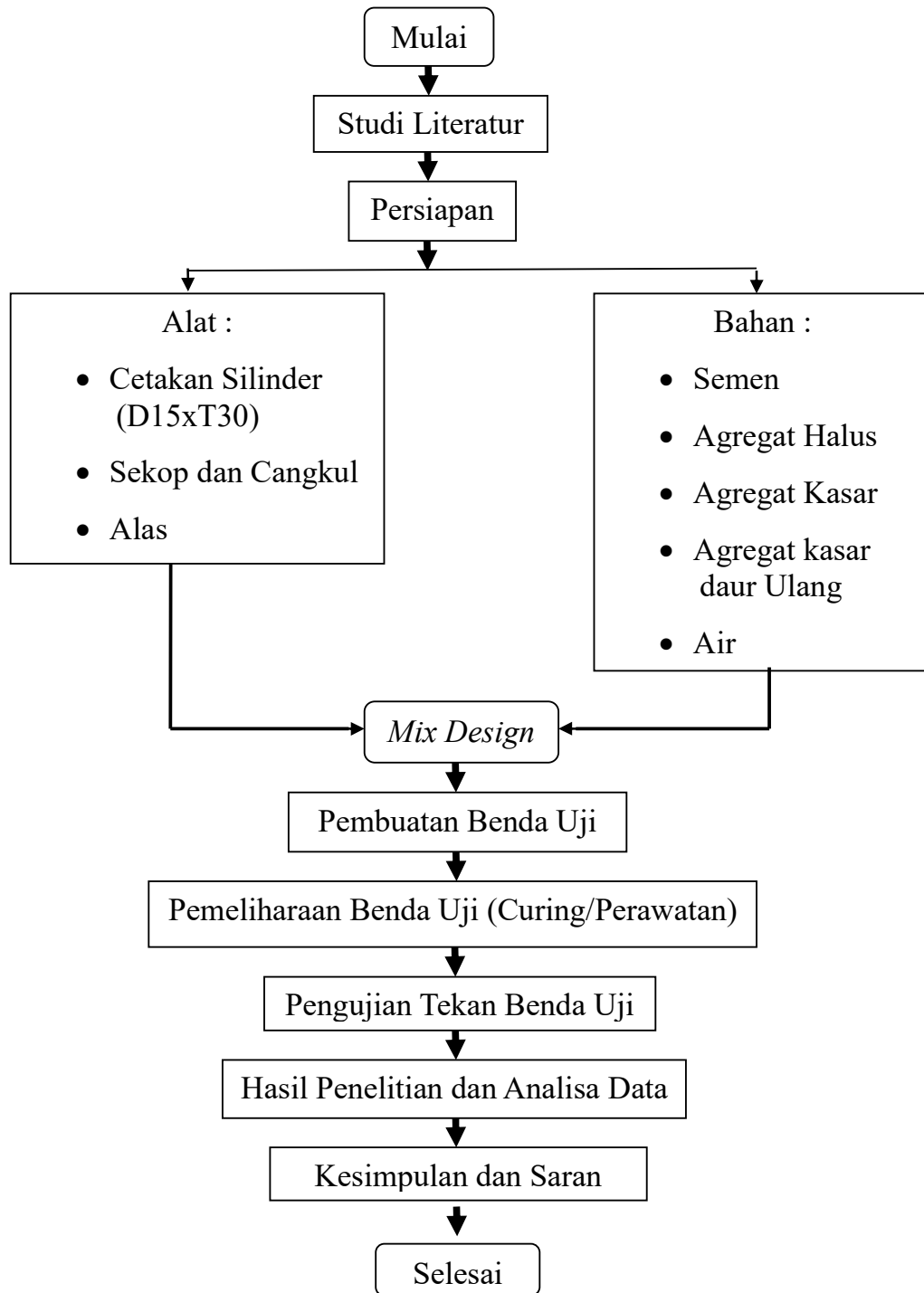
Pada tahapan ini data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan mengenai keterkaitan antara variabel-variabel yang digunakan dan diteliti dalam penelitian ini.

3.4.6 Tahap VII Pengambilan Kesimpulan

Pada tahap ini hasil data yang telah dianalisa dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

3.4.7 Bagan Alur Penelitian

Bagan alir penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar berikut ini :



BAB IV

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS), diperoleh data berupa hasil uji slump, berat volume benda uji berbentuk silinder, pengukuran diameter dan ketinggian benda uji silinder, hasil pengujian kuat tekan beton, serta identifikasi pola kerusakan yang terjadi pada benda uji setelah pengujian.

4.2 Uji Slump

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan (*workability*) dari campuran beton yang telah dibuat. Dalam penelitian ini, target nilai slump beton yang direncanakan adalah sebesar 10 ± 2 cm. Hasil pengujian slump dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1, yang juga dilengkapi dengan diagram pengujian slump untuk menggambarkan variasi kelecakan pada masing-masing campuran beton yang diuji.

Tabel 4. 1 Hasil Uji *Slump*

Sampel Benda Uji	Presentase Beton Daur Ulang (%)	Nilai Slump (cm)
BN	0	12,8
BDU 50%	50	14,3
BDU 100%	100	12,3



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.1 (a) Hasil *Slump Test* Beton Normal, (b) Hasil *Slump Test* BDU 50%, (c) Hasil *Slump Test* BDU 100%

4.3 Berat Volume Benda Uji Silinder

4.3.1 Berat Volume Benda Uji umur 7 hari

Berikut adalah data berat benda uji silinder berdasarkan umur benda uji yang akan ditampilkan pada Tabel 4.2 :

Tabel 4. 2 Berat Volume Benda Uji Silinder Umur 7 Hari

VARIASI	TANGGAL		UMUR	BERAT	BERAT
Campuran	Pembuatan	Uji	(Hari)	(Kg)	Rata-rata (Kg)
BN	16 Mei 2025	23 Mei 2025	7	12,296	12,296
BDU 50%	16 Mei 2025	23 Mei 2025	7	12,162	12,162
BDU 100%	16 Mei 2025	23 Mei 2025	7	11,784	11,784

Berdasarkan hasil penelitian yang telah kami lakukan, diperoleh hasil beton normal memiliki berat volume tertinggi, yaitu sebesar 12,296 kg. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan material konvensional memberikan massa jenis yang lebih besar dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat daur ulang. Sementara itu, beton dengan substitusi agregat kasar daur ulang sebesar 100% menunjukkan berat volume terendah, yaitu 11,784 kg, yang mengindikasikan bahwa penggunaan agregat daur ulang secara penuh dapat mengurangi densitas beton secara signifikan.

4.3.2 Berat Volume Benda Uji umur 14 hari

Berikut adalah data berat benda uji silinder berdasarkan umur benda uji yang akan ditampilkan pada Tabel 4.3 :

Tabel 4. 3 Berat Volume Benda Uji Silinder Umur 14 Hari

VARIASI	TANGGAL		UMUR	BERAT	BERAT
Campuran	Pembuatan	Uji	(Hari)	(Kg)	Rata-rata (Kg)
BN 1	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	12,538	12,4575
BN 2	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	12,377	
BDU 1 50%	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	12,165	12,146
BDU 2 50%	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	12,127	
BDU 1 100%	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	11,633	11,592
BDU 2 100%	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	11,551	

Berdasarkan hasil penelitian yang telah kami lakukan, diperoleh hasil beton normal memiliki berat volume tertinggi dengan rata-rata yaitu sebesar 12,457 kg. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan material konvensional memberikan massa jenis yang lebih besar dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat daur ulang. Sementara itu, beton dengan substitusi agregat kasar daur ulang sebesar 100% menunjukkan berat volume terendah dengan rata-rata yaitu 11,592 kg, yang mengindikasikan bahwa penggunaan agregat daur ulang secara penuh dapat mengurangi densitas beton secara signifikan.

4.3.3 Berat Volume Benda Uji umur 28 hari

Berikut adalah data berat benda uji silinder berdasarkan umur benda uji yang akan ditampilkan pada Tabel 4.4:

Tabel 4. 4 Berat Volume Benda Uji Silinder Umur 28 Hari

VARIASI	TANGGAL		UMUR	BERAT	BERAT
Campuran	Pembuatan	Uji	(Hari)	(Kg)	Rata-rata (Kg)
BN 1	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	12,381	12,45
BN 2	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	12,519	
BDU 1 50%	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	12,02	11,956
BDU 2 50%	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	11,892	
BDU 1 100%	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	11,864	11,755
BDU 2 100%	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	11,646	

Berdasarkan hasil penelitian yang telah kami lakukan, diperoleh hasil beton normal memiliki berat volume tertinggi dengan rata-rata yaitu sebesar 12,45 kg. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan material konvensional memberikan massa jenis yang lebih besar dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat daur ulang. Sementara itu, beton dengan substitusi agregat kasar daur ulang sebesar 100% menunjukkan berat volume terendah dengan rata-rata yaitu 11,755 kg, yang mengindikasikan bahwa penggunaan agregat daur ulang secara penuh dapat mengurangi densitas beton secara signifikan.

4.4 Pengukuran Diameter dan Ketinggian Benda Uji Silinder

Benda uji diukur dengan mengukur diameter dan ketinggian. Diameter dan ketinggian diperoleh dari hasil rata-rata 2 (dua) kali pengukuran pada titik yang berbeda.

Hasil dari pengukuran diameter dan ketinggian benda uji dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4. 5 Diameter & Ketinggian Benda Uji Silinder umur 7 hari:

VARIASI	UMUR	UKURAN BENDA UJI		LUAS
		Diameter	Tinggi	PENAMPANG
CAMPURAN	(Hari)	(mm)	(mm)	(mm ²)
BN	7	150	300	17662,5
BDU 50%	7	150	300	17662,5
BDU 100%	7	150	300	17662,5

Tabel 4.6 Diameter & Ketinggian Benda Uji Silinder umur 14 hari:

VARIASI	UMUR	UKURAN BENDA UJI		LUAS
		Diameter	Tinggi	PENAMPANG
CAMPURAN	(Hari)	(mm)	(mm)	(mm ²)
BN 1	14	150	300	17662,5
BN 2	14	150	300	17662,5
BDU 1 50%	14	150	300	17662,5
BDU 2 50%	14	150	300	17662,5
BDU 1 100%	14	150	300	17662,5
BDU 2 100%	14	150	300	17662,5

Tabel 4. 7 Diameter & Ketinggian Benda Uji Silinder umur 28 hari:

VARIASI	UMUR	UKURAN BENDA UJI		LUAS
		Diameter	Tinggi	PENAMPANG
CAMPURAN	(Hari)	(mm)	(mm)	(mm ²)
BN 1	28	150	300	17662,5
BN 2	28	150	300	17662,5
BDU 1 50%	28	150	300	17662,5
BDU 2 50%	28	150	300	17662,5
BDU 1 100%	28	150	300	17662,5
BDU 2 100%	28	150	300	17662,5

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilaksanakan, diketahui bahwa diameter dan ketinggian pada benda uji silinder umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari menunjukkan tidak ada perubahan ukuran.

4.5 Pengujian Kuat Tekan

Pada tahap ini, dilakukan pengujian kuat tekan benda uji silinder dengan menggunakan metode yang sesuai dengan standar SNI 1974:2011. Pengujian ini dilakukan pada berbagai variasi campuran beton dan juga pada siklus umur yang berbeda pada masing-masing benda uji. Dalam setiap pengujian yang dibagi berdasarkan umur dan variasi campuran beton pada pengujian umur 7 hari diambil satu sampel di setiap jenis variasi dan pada pengujian umur 14 dan 28 hari masing masing diambil 2 (dua) benda uji untuk dilakukan pengujian kuat tekannya dan akan diambil kuat tekan rata-rata.

4.5.1 Analisis Pemeriksaan Kuat Tekan Umur 7 Hari

Hasil dari kuat tekan rata-rata yang diperoleh akan digunakan sebagai hasil akhir dari pengujian kuat tekan beton. Hasil dari uji kuat tekan dapat dilihat pada Tabel :

Tabel 4. 8 Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari

VARIASI	GAYA TEKAN		HASIL	KONVERSI KUAT TEKAN UMUR 28 HARI (Mpa)	PENINGKATAN
Campuran	(Ton)	(N)	Kuat Tekan (Mpa)		(%)
BN	12	117679,8	6,663	9,518	0,000
BDU 50%	14	137293,1	7,773	11,104	16,667
BDU 100%	18	176519,7	9,994	14,277	50,000

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari, diketahui bahwa nilai kekuatan tekan tertinggi diperoleh dari beton dengan substitusi agregat kasar daur ulang sebesar 100%, yaitu sebesar 9,99 MPa. Sebaliknya, nilai terendah tercatat pada beton normal tanpa substitusi, dengan kekuatan tekan sebesar 6,66 MPa.

Adapun beton dengan substitusi agregat daur ulang sebesar 50% menunjukkan kekuatan tekan antara keduanya, yaitu sebesar 7,77 MPa. Data ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase penggunaan agregat kasar daur ulang, semakin tinggi pula nilai kuat tekan yang dihasilkan pada usia 7 hari, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.8.

Jadi dapat disimpulkan untuk hasil pengujian kuat tekan di umur 7 hari nilai uji kuat tekan yang paling bagus yaitu yang menggunakan substitusi beton daur

ulang sebesar 100% dan hasil paling kecil yaitu beton normal. Berikut adalah hasil uji tekan berdasarkan umur benda uji 7 hari yang akan ditampilkan pada Gambar 4.2, 4.3 & 4.4 :



BN (7HR) 12 TON

Gambar 4. 2 Kuat Tekan Beton Normal



BDU 50% (7HR) 14 TON

Gambar 4.3 Kuat Tekan Beton Daur Ulang 50%



BDU 100% (7HR) 18 TON

Gambar 4.4 Kuat Tekan Beton Daur Ulang 100%

4.5.2 Analisis Pemeriksaan Kuat Tekan Umur 14 Hari

Hasil dari kuat tekan rata-rata yang diperoleh akan digunakan sebagai hasil akhir dari pengujian kuat tekan beton. Hasil dari uji kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.9 :

Tabel 4. 9 Pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari

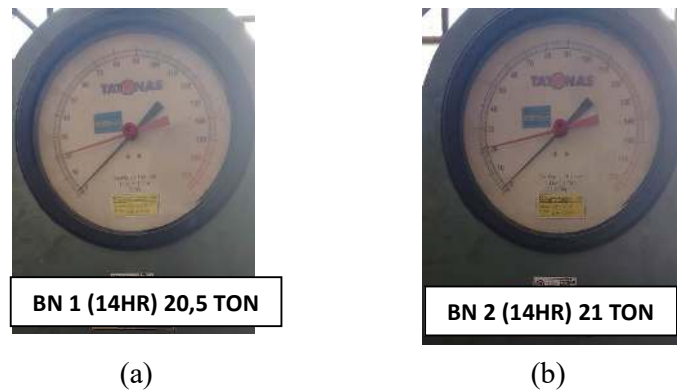
VARIASI	GAYA TEKAN		KONVERSI KUAT TEKAN UMUR 28 HARI	KUAT TEKAN RATA-RATA	PENINGKATAN
Campuran	(Ton)	(N)	(Mpa)	KONVERSI UMUR 28 HARI (Mpa)	(%)
BN 1	20,5	201036,325	12,934	13,092	0,000
BN 2	21	205939,65	13,250		
BDU 1 50%	25	245166,25	15,773	12,619	-3,614
BDU 2 50%	15	147099,75	9,464		
BDU 1 100%	19	186326,35	11,988	11,357	-13,253
BDU 2 100%	17	166713,05	10,726		

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 14 hari, diketahui bahwa nilai kekuatan tekan tertinggi dicapai oleh beton normal (BN), dengan nilai sebesar 13,092 MPa. Sementara itu, nilai kekuatan tekan terendah diperoleh dari beton dengan substitusi agregat kasar daur ulang sebesar 100% (BDU 100%), yaitu sebesar 11,357 MPa. Beton dengan substitusi agregat daur ulang sebesar 50% (BDU 50%) menunjukkan nilai kekuatan tekan sebesar 12,619 MPa, yang berada di antara beton normal dan beton daur ulang penuh. Persentase perbedaan kekuatan tekan ini menunjukkan bahwa penggunaan agregat kasar daur ulang cenderung menurunkan kekuatan tekan beton pada usia 14 hari. Hasil lengkap dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.8, sedangkan visualisasi data uji tekan pada umur 14 hari ditampilkan dalam Gambar 4.5, 4.6, dan 4.7.

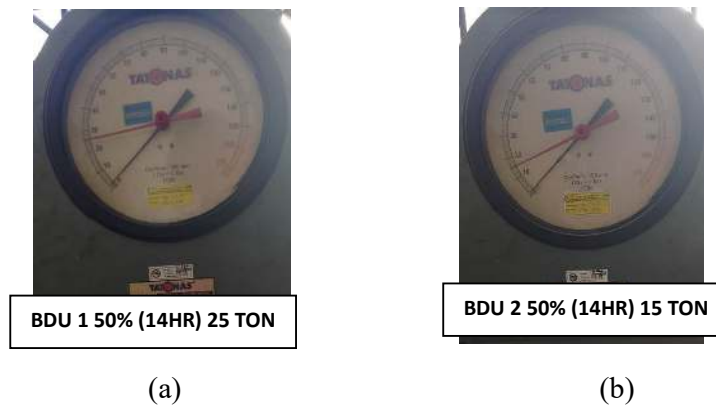
Jadi dapat disimpulkan untuk hasil pengujian kuat tekan pada umur 14 hari, pola yang berbeda teramati, di mana beton normal memiliki nilai kuat tekan tertinggi sebesar 13,092 MPa. Sementara itu, beton dengan 100% agregat daur ulang menunjukkan nilai terendah sebesar 11,357 MPa, dan beton dengan substitusi 50% berada di tengah dengan nilai 12,619 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa seiring bertambahnya umur beton, kualitas dan sifat fisik agregat daur ulang mulai memengaruhi performa mekanis beton secara negatif. Penggunaan agregat daur

ulang dalam campuran beton berpengaruh terhadap nilai kuat tekan. Meskipun pada umur awal (7 hari) menunjukkan hasil yang cukup baik, namun pada umur yang lebih matang (14 hari), kekuatan tekan cenderung menurun seiring dengan meningkatnya persentase agregat daur ulang yang digunakan..

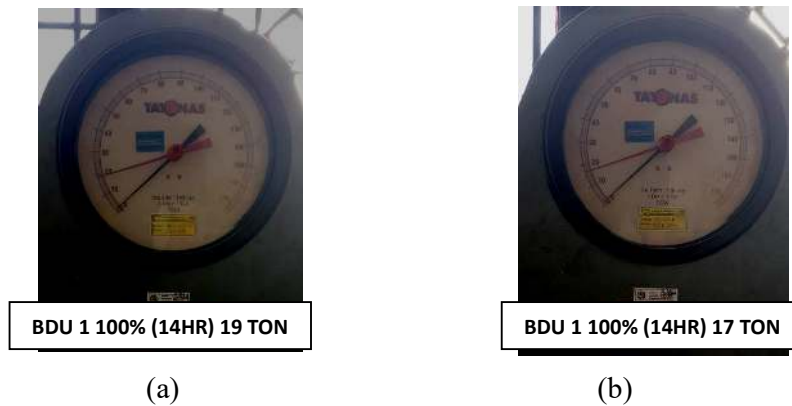
Berikut adalah hasil uji tekan berdasarkan umur benda uji 14 hari yang akan ditampilkan pada Gambar 4.5, 4.6 dan 4.7.



Gambar 4. 5 (a) Kuat Tekan BN ke-1 dan (b) Kuat Tekan BN ke-2



Gambar 4. 6 (a) Kuat Tekan BDU 50% ke-1 dan (b) Kuat Tekan BDU 50% ke-2



Gambar 4.7 (a) Kuat Tekan BDU 100% ke-1 (b) Kuat Tekan BDU 100% ke-2

4.5.3 Analisis Pemeriksaan Kuat Tekan Umur 28 Hari

Hasil dari kuat tekan rata-rata yang diperoleh akan digunakan sebagai hasil akhir dari pengujian kuat tekan beton. Hasil dari uji kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.10 :

Tabel 4. 10 Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

VARIASI	GAYA TEKAN		HASIL	KUAT TEKAN	PENINGKATAN
Campuran	(Ton)	(N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)	(%)
BN 1	25	245166,25	13,881	13,325	0,000
BN 2	23	225552,95	12,770		
BDU 1 50%	29	284392,85	16,102	15,269	14,583
BDU 2 50%	26	254972,9	14,436		
BDU 1 100%	28	274586,2	15,546	13,325	0,000
BDU 2 100%	20	196133	11,104		

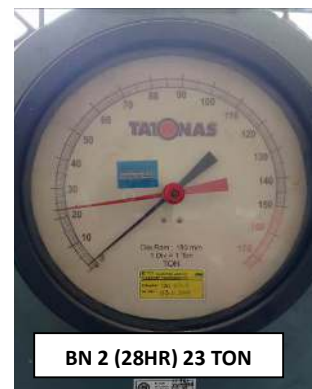
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada usia 28 hari, diperoleh hasil substitusi agregat kasar daur ulang memberikan pengaruh terhadap kekuatan beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada beton dengan substitusi agregat daur ulang sebesar 50%, yaitu sebesar 15,269 MPa. Sementara itu, beton normal (tanpa substitusi) dan beton dengan substitusi agregat daur ulang sebesar 100% menunjukkan nilai kuat tekan yang sama, yaitu sebesar 13,325 MPa.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan agregat daur ulang pada kadar 50% dapat meningkatkan kekuatan tekan beton melebihi beton normal. Sebaliknya, penggunaan agregat daur ulang secara penuh (100%) tidak memberikan peningkatan kekuatan tekan dan cenderung setara dengan beton normal. Oleh

karena itu, substitusi agregat kasar daur ulang sebesar 50% dapat dipertimbangkan sebagai alternatif yang optimal dalam menghasilkan beton dengan performa mekanis yang lebih baik sekaligus mendukung prinsip keberlanjutan dalam konstruksi. Berikut adalah hasil uji tekan berdasarkan umur benda uji 28 hari yang akan ditampilkan pada Gambar 4.8, 4.9 dan 4.10 :



(a)



(b)

Gambar 4. 8 (a) Kuat Tekan BN ke-1 dan (b) Kuat Tekan BN ke-2



(a)



(b)

Gambar 4.9 (a) Kuat Tekan BDU 50% ke-1 dan (b) Kuat Tekan BDU 50% ke-2



(a)



(b)

Gambar 4. 10 (a) Kuat Tekan BDU 100% ke-1 dan (b) Kuat Tekan BDU 100% ke-2

4.6 Identifikasi Pola Kerusakan

Dalam hal ini dilakukan identifikasi pola kerusakan pada benda uji silinder yang telah mengalami proses uji tekan, peneliti dapat menyimpulkan bahwa benda uji silinder hanya mengalami rusak akibat gaya tekan, hal ini dapat dilihat dari bentuk pola retakan yang menunjukkan arah keruntuhan secara vertikal.

Secara garis besar menurut SNI 1974:2011 Uji Tekan Beton Silinder Bentuk Pecahan, pola kerusakan yang terjadi pada penelitian ini menunjukkan bentuk kehancuran sejajar sumbu tegak (*vertikal*). Pola kerusakan benda uji silinder pada umur 7 hari dapat dilihat pada Gambar 4.11, 4.12, 4.13, dan pola kerusakan benda uji silinder pada umur 14 hari dapat dilihat pada Gambar 4.14, 4.15, 4.16, Sedangkan pola kerusakan benda uji silinder pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.17, 4.18, 4.19, berikut ini:



Gambar 4. 11 Pola Keruntuhan Beton Normal



BDU 50% Uji 7 Hari

Gambar 4. 12 Pola Keruntuhan Umur BDU 50%



BDU 100% Uji 7 Hari

Gambar 4. 13 Pola Keruntuhan BDU 100 %



BN Uji Ke 1

(a)



BN Uji Ke 2

(b)

Gambar 4. 14 (a) Pola Keruntuhan BN ke-1 dan (b) Pola Keruntuhan BN ke-2



BDU 50% Uji KE 1

(a)



BDU 50% Uji KE 2

(b)

Gambar 4. 15 (a) Pola Keruntuhan BDU 50 % ke-1 dan (b) Pola Keruntuhan BDU 50% ke-2



BDU 100% Uji KE 1

(a)



BDU 100% Uji KE 2

(b)

Gambar 4. 16 (a) Pola Keruntuhan BDU 100 % ke-1 dan (b) Pola Keruntuhan BDU 100% ke-2



BN Uji KE 1

(a)



BN Uji KE 2

(b)

Gambar 4. 17 (a) Pola Keruntuhan BN ke-1 dan (b) Pola Keruntuhan BN ke-2



(a)



(b)

Gambar 4. 18 (a) Pola Keruntuhan BDU 50 % ke-1 dan (b) Pola Keruntuhan BDU 50% ke-2



(a)



(b)

Gambar 4. 19 (a) Pola Keruntuhan BDU 100 % ke-1 dan (b) Pola Keruntuhan BDU 100% ke-2

4.7 Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Kasar Daur Ulang

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi agregat kasar daur ulang terhadap kekuatan mekanis beton, khususnya pada umur 28 hari. Data hasil pengujian telah dikonversi ke umur 28 hari sesuai ketentuan SNI untuk mendapatkan hasil yang dapat dibandingkan secara langsung antar variasi campuran.

Tabel di bawah ini menunjukkan perbandingan kuat tekan rata-rata dari masing-masing variasi campuran beton :

Tabel 4. 11 Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata

Campuran Variasi	Kuat Tekan Rata-Rata Konversi 28 Hari (MPa)	Peningkatan (%)
BN	11,978	0,000
BDU 50%	12,997	8,505
BDU 100%	12,986	8,415

Berdasarkan tabel tersebut, beton normal (BN) yang menggunakan 100% agregat kasar alami menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 11,978 MPa. Nilai ini dijadikan sebagai pembanding utama dalam evaluasi kinerja beton dengan agregat daur ulang. Pada campuran beton dengan substitusi agregat kasar daur ulang sebesar 50% (BDU 50%), diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 12,997 MPa. Terjadi peningkatan sebesar 8,505% dibandingkan dengan beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan sebagian agregat daur ulang tidak menurunkan kualitas beton, bahkan memberikan peningkatan performa secara mekanis. Sementara itu, beton dengan substitusi agregat kasar daur ulang sebesar 100% (BDU 100%) menunjukkan kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 12,986 MPa. Nilai ini mengalami peningkatan sebesar 8,415% MPa dibandingkan dengan beton normal. Meskipun menggunakan sepenuhnya material daur ulang sebagai pengganti agregat kasar, performa beton tidak menurun, bahkan melebihi beton konvensional.

Jika dibandingkan antara kedua variasi beton daur ulang, yaitu BDU 50% dan BDU 100%, terdapat selisih kuat tekan sebesar 0,011 MPa. Ini menunjukkan

bahwa peningkatan proporsi agregat daur ulang dari 50% menjadi 100% masih memberikan keuntungan dari sisi kekuatan tekan. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa agregat kasar daur ulang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti agregat alami dalam campuran beton. Peningkatan kuat tekan pada variasi BDU 50% dan BDU 100% menunjukkan bahwa material daur ulang tidak hanya layak digunakan, tetapi juga mampu memberikan hasil yang kompetitif atau bahkan lebih baik dibandingkan beton normal. Dari sudut pandang teknis dan lingkungan, hal ini mendukung konsep konstruksi berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan terhadap material alam dan memanfaatkan limbah konstruksi secara produktif.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemanfaatan agregat kasar daur ulang dalam campuran beton normal dengan variasi substitusi, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:
 - a) Pada umur 7 hari, beton dengan substitusi agregat kasar daur ulang menunjukkan peningkatan kuat tekan dibandingkan beton normal sebagai beton kontrol. Hal ini disebabkan oleh keberadaan sisa pasta semen pada agregat daur ulang yang masih mampu bereaksi ulang, serta bentuk agregat yang tidak seragam sehingga menciptakan efek interlocking yang memperkuat struktur beton pada tahap awal pengerasan.
 - b) Pada umur 14 hari, beton daur ulang mengalami penurunan kuat tekan dibandingkan beton normal sebagai beton kontrol. Penurunan ini dipengaruhi oleh meningkatnya persentase agregat kasar daur ulang yang digunakan, yang seiring bertambahnya umur beton, mulai menunjukkan pengaruh negatif terhadap kekuatan, diduga akibat kualitas agregat daur ulang yang lebih rendah dibandingkan agregat alami.
 - c) Pada umur 28 hari, beton normal atau beton kontrol menghasilkan kuat tekan yang relatif sama dengan beton daur ulang 100%. Sementara itu, beton dengan substitusi agregat kasar daur ulang sebesar 50% menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi dibandingkan dengan beton normal atau beton kontrol.
2. Pengaruh variasi substitusi agregat kasar daur ulang terhadap kuat tekan beton normal dengan perbandingan campuran 1:2:3, bisa dilihat pada tabel 4.11, dimana hasil kuat tekan rata-rata menunjukan adanya peningkatan terhadap kuat tekan beton normal baik BDU 50% maupun BDU 100%.
3. Pada hasil pengujian terakhir kuat tekan rata-rata beton konversi umur 28 hari menunjukan bahwa variasi BDU 50% memiliki kuat tekan tertinggi daripada beton normal dan BDU 100%, hal ini menunjukkan bahwa persentase

substitusi sebesar 50% merupakan komposisi yang paling optimal dalam menghasilkan beton daur ulang yang kuat dan stabil.

4. Dengan demikian, penggunaan agregat kasar daur ulang sebesar 50% dapat dipertimbangkan sebagai alternatif material yang layak dalam pembuatan beton, karena mampu menghasilkan kuat tekan yang lebih baik daripada beton normal serta mendukung prinsip keberlanjutan dalam industri konstruksi melalui pengelolaan limbah beton.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis menyampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penggunaan agregat kasar daur ulang sebesar 50% terbukti memberikan hasil kuat tekan yang optimal. Oleh karena itu, disarankan agar penggunaan agregat daur ulang dalam campuran beton mulai dipertimbangkan dalam skala proyek konstruksi nyata sebagai upaya mendukung pembangunan berkelanjutan dan pengurangan limbah konstruksi.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi tingkat substitusi agregat daur ulang dengan variasi yang lebih beragam, serta penggunaan bahan tambah (admixture) seperti fly ash atau silica fume untuk mengetahui pengaruhnya terhadap mutu dan durabilitas beton daur ulang.

DAFTAR PUSTAKA

Abibullah. (2021). Pengaruh Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Karajata Engineering*. 1(2): 32-40.

Badan Standar Nasional. (2012). SNI 7656:2012. Spesifikasi agregat ringan untuk beton. Jakarta: BSN.

Badan Standar Nasional. (2011). SNI 2493:2011. Agregat daur ulang untuk campuran beton. Jakarta: BSN.

Badan Standar Nasional. (2004). SNI 15-2049-2004 – Semen Portland. Jakarta: BSN.

Badan Standar Nasional. (2002). SNI 02-6820-2002 – Spesifikasi air untuk beton. Jakarta: BSN.

Badan Standar Nasional. (2002). SNI 03-6820-2002 – Spesifikasi air untuk beton. Jakarta: BSN.

Badan Standar Nasional. (2000) Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum

Badan Standar Nasional. (2008) Cara Uji Slump Beton. SNI 1972:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum

Badan Standar Nasional. (2011) Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Banda Uji Silinder. SNI 1974:2011. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Dewi, S. U., & Jaya, F. H. (2022). Analisis Pemanfaatan Bahan Limbah Rumah Tangga Sebagai Campuran Beton Mutu Rendah. *Tapak (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 12(1), 71-78.

Hardjasaputra, H. & Ciputera, A. (2008). Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Beton Baru. Banten: *Jurnal Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan*.

Hendriyani, I., Pratiwi, R., & Aprilianus, Y., (2016). Pengaruh Jenis Air Pada Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Transukma*. 1(2): 202-212

Manzi, S., Mazzotti, C., & Bignozzi, M. C. (2013). *Short And Long-Term Behavior Of Structural Concrete With Recycled Concrete Aggregate*.

As'ad, Sholihin dan Safitri, Endah., *Compressing Strength of Concrete using Recycled Aggregate From Concrete and Masonry Debris, Proceedings of the 4th ASEAN Civil Engineering Conference*, Yogyakarta, 2011.

Hardjasaputra, Harianto, A. Ciputera dan F. Sutanto, Pengaruh Penggunaan Limbah Konstruksi Sebagai Agregat Kasar dan Agregat Halus Pada Kuat Tekan Beton Daur Ulang. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 2*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, pp. 433-445, 2008.

Martanto, W.T, Pengaruh Komposisi Agregat Halus Daur Ulang terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Normal dan Beton Mutu Tinggi, *Skripsi*, Universitas Negeri Sebelas Maret, 2012.

Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Andi Offset, Yogyakarta.



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI

Nama	:	Anang Bagus Dwi Saputro (21210004)
Nama	:	Abdul Aziz (21210016)
Dosen Pembimbing I	:	Abdullah, ST., MT.
Dosen Pembimbing II	:	Tenardhy Aryarama Wijaya, S,ST., M.Eng.

NO.	LEMBAR ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
1.	24/04/25.	- Kadaranya. 0%, 50%, 100% - Diagram. Alir penelitian. disesuaikan. - Sesuaikan. perubahan. pada. laporan. - silahkan. Mulai ke lab untuk persiapan mix. beton	
2.	23/05/25	- pengujian. 7 hari	
3.	30/05/25.	- pengujian. 14. hari - hitung. hasil pengujian. dan konversi ke. 28. hari	
4.	13 Juni 25.	- pengujian. 28 hari - hitung. Ringkasan. hasil pengujian.	
5.	17 Juni 25.	- selaraskan. lagi bab. IV - bab. V silahkan. sesuaikan dg. bab. 7	

NO	LEMBAR ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
6.	28 Juni 25.	- Keterangan. Gambar disesuaikan - hasil pengujian dan. peningkatan. berdasarkan hasil uji 28 hari / Konversi - Lanjutkan. ke. Kesimpulan. dan. saran.	<i>[Signature]</i>
7	5 Juli 25.	- <u>Atc</u>. Silahkan ke pembimbing 1. _____ 11 _____	<i>[Signature]</i>
8.	12-7-25	- Dari hasil pengujian yang 14 hari terjadi penurunan, bisa dimasukkan dalam analisa	<i>[Signature]</i>
9	25.7.25	- kee. Silahkan di submit	<i>[Signature]</i>

PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Nama / Identitas Sampel	Pengujian Kuat Tekan Beton umur 7 hari
Tanggal Pembuatan Benda Uji	16 Mei 2025
Tempat Uji	Lab Teknik UNDARI

Pengujian dilaksanakan sesuai cara uji SNI

Nomor Benda Uji	Tanggal pembuatan	Tanggal pengujian	Umur (hari)	Masa benda uji (kg)	Bentuk benda uji (silinder / kubus)	Dimensi				Luas bidang tekan (mm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)	Kuat tekan konversi silinder standar (N/mm ²)	Keterangan pola kehancuran
						Panjang (mm)	Dimensi (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)					
BN	16 Mei 2025	23 Mei 2025	7	12,196	Silinder			150	300	17662,5	117,60	6,66		
BPU 30%	16 Mei 2025	23 Mei 2025	7	12,162	Silinder			150	300	17662,5	137,29	7,77		
BPU 100%	16 Mei 2025	23 Mei 2025	7	11,784	Silinder			150	300	17662,5	176,52	9,99		

Catatan:



Penanggung jawab
"A. W."
Penanggung Jawab

Pengawas

Semarang 23 Mei 2025

Pelaksana

A. W.

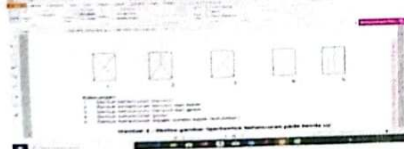
PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Nama / Identitas Sampel	Pengujian Kuat Tekan Beton umur 14 hari
Tanggal Pembuatan Benda Uji	16 Mei 2025
Tempat Uji	Lab Teknik UNDARI

Pengujian dilaksanakan sesuai cara uji SNI

Nomor Benda Uji	Tanggal pembuatan	Tanggal pengujian	Umur (hari)	Masa benda uji (kg)	Bentuk benda uji (silinder / kubus)	Dimensi				Luas bidang tekan (mm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)	Kuat tekan konversi silinder standar (N/mm ²)	Keterangan pola kehancuran
						Panjang (mm)	Dimensi (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)					
BN 1	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	12,530	Silinder			150	300	17662,5	201,037	11,382		
BN 2	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	12,377	Silinder			150	300	17662,5	205,991	11,659		
BPU 30%	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	12,165	Silinder			150	300	17662,5	245,169	13,880		
BPU 50%	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	12,127	Silinder			150	300	17662,5	147,101	8,328		
BPU 100%	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	11,633	Silinder			150	300	17662,5	186,327	10,509		
BPU 100%	16 Mei 2025	30 Mei 2025	14	11,551	Silinder			150	300	17662,5	166,714	9,438		

Catatan:



Penanggung jawab
"A. W."
Penanggung Jawab

Pengawas

Semarang 30 Mei 2025

Pelaksana

A. W.

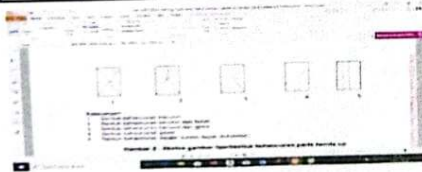
PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Nama / Identitas Sampel	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari
Tanggal Pembuatan Benda Uji	16 Mei 2025
Tempat Uji	Lab. Teknik UNDARUS

Pengujian dilaksanakan sesuai cara uji SNI

Nomor Benda Uji	Tanggal pembuatan	Tanggal pengujian	Umur (hari)	Masa benda uji (kg)	Bentuk benda uji (silinder / kubus)	Dimensi				Luas bidang tekan (mm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)	Kuat tekan konversi silinder standar (N/mm ²)	Keterangan pola kehancuran
						Panjang (mm)	Dimensi (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)					
BN1	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	12,381	Silinder			150	300	17662,5	245,17	13,880		
BN2	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	12,519	Silinder			150	300	17662,5	225,55	12,769		
BDU 50%	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	12,02	Silinder			150	300	17662,5	284,39	16,101		
BDU 50%	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	11,842	Silinder			150	300	17662,5	254,97	14,436		
BDU 100%	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	11,864	Silinder			150	300	17662,5	274,59	15,546		
BDU 100%	16 Mei 2025	13 Juni 2025	28	11,646	Silinder			150	300	17662,5	196,13	11,104		

Catatan:



Penanggung jawab

 Herodij A.W. Meng.

Pengawas

(.....)

Semarang, 13 Juni 2025

Pelaksana

(.....)