

**EVALUASI PENGGUNAAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG
TERHADAP KUAT TEKAN, POROSITAS, DAN PERILAKU
KOROSI BETON MELALUI UJI AKSELERASI**

PROYEK AKHIR

*Proyek Akhir Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Diploma Pada Program Studi Teknik Sipil Bangunan Gedung
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



Oleh
M. RIZKI SAPUTRA
NIM.23062005

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL BANGUNAN GEDUNG
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

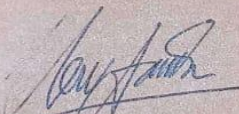
2026

PERSETUJUAN PROYEK AKHIR
EVALUASI PENGGUNAAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG
TERHADAP KUAT TEKAN, POROSITAS, DAN PERILAKU
KOROSI BETON MELALUI UJI AKSELERASI

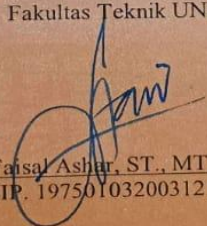
Nama : M. Rizki Saputra
NIM : 23062005
Program Studi : D3 Teknik Sipil Bangunan Gedung
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Padang, Juli 2026

Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing


Dr. Eng. Ir. Nevy Sandra, S.T., M.Eng.
NIP. 1979100520050112001

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNP,


Ir. Faisal Ashar, ST., MT., Ph.D
NIP. 197501032003121001

PENGESAHAN PROYEK AKHIR
EVALUASI PENGGUNAAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG
TERHADAP KUAT TEKAN, POROSITAS, DAN PERILAKU
KOROSI BETON MELALUI UJI AKSELERASI

Nama : M. Rizki Saputra
NIM : 23062005
Program Studi : D3 Teknik Sipil Bangunan Gedung
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi D3 Teknik Sipil Bangunan Gedung, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Padang, Juli 2026

Nama	Tim Penguji
1. Ketua	: Dr. Eng. Ir. Nevy Sandra, S.T., M.Eng.
2. Penguji 1	: Dr. Eng. Annisa Prita Melinda, S.T., M.T
3. Penguji 2	: Putri Fauziahtul Asri, S.Si.,MSi.P.

Tanda Tangan
1. 
2. 
3. 

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, karya sederhana ini saya persembahkan kepada:

Untuk Ayahanda Yakub dan Ibunda Yurnalis

“Dua sosok luar biasa yang telah berjuang tanpa mengenal lelah demi masa depan anak-anaknya. Meskipun Ayah dan Ibu tidak memiliki kesempatan mengenyam pendidikan hingga lulus sekolah dasar, dengan kerja keras, kasih sayang, dan doa yang tiada henti, Ayah dan Ibu mampu mengantarkan seluruh anak-anaknya menyelesaikan pendidikan hingga perguruan tinggi. Terima kasih atas setiap pengorbanan, tetes keringat, dan doa yang selalu mengiringi setiap langkah saya. Semoga karya ini menjadi salah satu wujud bakti dan kebanggaan untuk Ayah dan Ibu.”

Untuk Kakakku Tercinta, Yarnis Rahmadani dan Sari Melmi, serta Abangku Tercinta, Ridwan

“Terima kasih atas doa, kasih sayang, perhatian, dan dukungan yang selalu diberikan. Teristimewa untuk Abang Ridwan, terima kasih atas setiap pengorbanan, bantuan, dan keikhlasan yang telah diberikan, bahkan rela mengorbankan pendidikan demi memberikan kesempatan kepada saya untuk meraih cita-cita. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan, pengorbanan, serta kasih sayang yang telah diberikan.”

Untuk Shinta Rahayu

“Terima kasih atas doa, perhatian, kesabaran, semangat, dan dukungan yang tulus selama perjalanan perkuliahan hingga terselesaikannya proyek akhir ini. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita, menguatkan di saat lelah, untuk terus melangkah hingga mencapai titik ini. Semoga kebaikan dan ketulusan dibalas dengan keberkahan oleh Allah SWT.”

MOTTO

“Setiap perjalanan memiliki cerita, dan setiap keberhasilan selalu lahir dari perjuangan yang tidak mudah. Tidak semua lelah terlihat, tidak semua air mata diceritakan, dan tidak semua pengorbanan tercatat. Namun, setiap langkah yang dijalani dengan kesabaran, doa, dan keyakinan akan selalu menemukan jalannya menuju tujuan yang telah Allah SWT tetapkan.”

“Hari ini saya memahami bahwa keberhasilan bukan hanya milik orang yang berdiri di garis akhir, tetapi juga milik mereka yang selalu mendoakan dari kejauhan, yang diam-diam berkorban tanpa mengharapkan balasan, dan yang tetap percaya ketika saya sendiri mulai meragukan kemampuan saya. Apa yang saya capai hari ini bukanlah hasil dari usaha saya seorang diri, melainkan buah dari cinta, doa, dan pengorbanan orang-orang yang selalu menginginkan saya menjadi pribadi yang lebih baik.”

“Semoga setiap ilmu yang diperoleh menjadi amal yang bermanfaat, setiap langkah yang diambil menjadi jalan menuju kebaikan, dan setiap keberhasilan yang diraih menjadi awal untuk membalas segala pengorbanan orang-orang yang telah mengantarkan saya hingga berada di titik ini.”

"Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."

(QS. Al-Insyirah: 6)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7059996, FT: (0751) 7055644, 445118 Fax. 7055644
E-mail : info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

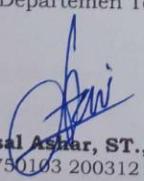
Nama : M. RIZKI SAPUTRA.....
NIM/TM : 2306200512023.....
Program Studi : 03 TEKNIK SIPIL BANGUNAN GEDUNG
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul EVALUASI PENGGUNAAN AGREGAT PASIR DAUR ULANG TERHADAP KUAT TEKAN, POROSITAS DAN PERILAKU KOROSI BETON MELALUI UJI AKSELERASI.....

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Sipil


Ir. Faisal Asfar, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19750103 200312 1 001

Saya yang menyatakan,



M. RIZKI SAPUTRA

BIODATA

A. Data diri

Nama : M. Rizki Saputra
Tempat/Tanggal Lahir : Pariaman/ 21 Des 2004
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Laki - laki
Golongan Darah : -
Anak Ke : 4 (empat)
Jumlah Saudara : 4 (empat)
Nama Ayah : Yakub
Nama Ibu : Yurnalis
Alamat : Silangkung
Email : rizkii2112@gmail.com



B. Riwayat pendidikan

SD : SDN 03 VII Koto Sungai Sarik
SMP : SMP 2 VII Koto Sungai Sarik
SMA/SMK Sederajat : SMAN 1 V Koto Timur

C. Proyek Akhir

Judul : Evaluasi Penggunaan Agregat Kasar Daur Ulang
Terhadap Kuat Tekan, Porositas, Dan Perilaku Korosi
Beton Melalui Uji Akselerasi
Tanggal Sidang : 14 Juli 2026

ABSTRAK

M. Rizki Saputra, 2026. EVALUASI PENGGUNAAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG TERHADAP KUAT TEKAN, POROSITAS, DAN PERILAKU KOROSI BETON MELALUI UJI AKSELERASI

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya limbah beton hasil pembongkaran bangunan yang belum termanfaatkan secara optimal, serta tingginya eksploitasi agregat alam yang berdampak pada degradasi lingkungan. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan limbah beton sebagai *Recycled Concrete Aggregate* (RCA) untuk menggantikan sebagian atau seluruh agregat kasar alami dalam campuran beton. Namun demikian, penggunaan RCA berpotensi memengaruhi sifat mekanis dan durabilitas beton akibat keberadaan mortar lama yang masih melekat pada permukaannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh substitusi RCA terhadap kuat tekan, porositas, penyerapan air, dan perilaku korosi tulangan beton melalui uji akselerasi, serta menentukan persentase substitusi RCA yang optimum.

Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan benda uji silinder dengan mutu beton rencana K-250 (f'_c 20,75 MPa). Variasi campuran yang digunakan adalah 0% RCA sebagai beton kontrol, 50% RCA, dan 100% RCA, dengan masing-masing tiga benda uji per variasi. Pengujian beton meliputi uji kuat tekan, porositas, dan penyerapan air pada umur 7 dan 28 hari, sedangkan pengujian korosi pada umur 28 hari menggunakan metode Akselerasi Korosi dalam larutan NaCl 3% dengan arus DC. Laju korosi dihitung menggunakan metode *weight loss* mengacu pada ASTM G 31-72.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan RCA secara umum meningkatkan porositas dan penyerapan air beton akibat struktur mortar lama yang lebih berpori, namun perbedaannya semakin kecil seiring bertambahnya umur beton akibat proses hidrasi yang berkelanjutan. Beton 100% RCA menunjukkan kuat tekan yang memenuhi mutu rencana K-250 dengan nilai porositas dan laju korosi yang mendekati beton kontrol, sedangkan beton 50% RCA menunjukkan performa terendah pada seluruh parameter pengujian. Berdasarkan hasil tersebut, substitusi 100% RCA merupakan variasi optimum yang layak digunakan sebagai alternatif agregat kasar pada beton struktural yang ramah lingkungan.

Kata kunci: *Recycled Concrete Aggregate*, kuat tekan, porositas, penyerapan air, akselerasi korosi, beton berkelanjutan

ABSTRACT

M. Rizki Saputra, 2026. EVALUATION OF RECYCLED COARSE AGGREGATE USE ON COMPRESSIVE STRENGTH, POROSITY, AND CORROSION BEHAVIOR OF CONCRETE THROUGH ACCELERATED TESTING

This research is motivated by the increasing amount of concrete demolition waste that has not been optimally utilized, as well as the growing exploitation of natural aggregates that contributes to environmental degradation. One applicable solution is the use of concrete waste as Recycled Concrete Aggregate (RCA) to partially or fully replace natural coarse aggregate in concrete mixtures. However, the use of RCA potentially affects the mechanical properties and durability of concrete due to the presence of old mortar adhering to its surface. This study aims to evaluate the effect of RCA substitution on compressive strength, porosity, water absorption, and reinforcement corrosion behavior through accelerated testing, as well as to determine the optimum RCA substitution percentage.

The research was conducted experimentally in the laboratory using cylindrical specimens with a planned concrete quality of K-250 (f_c 20.75 MPa). The mix variations used were 0% RCA as control concrete, 50% RCA, and 100% RCA, with three specimens per variation. Concrete testing included compressive strength, porosity, and water absorption at 7 and 28 days, while corrosion testing was conducted at 28 days using the accelerated corrosion method in a 3% NaCl solution with DC current. The corrosion rate was calculated using the weight loss method in accordance with ASTM G 31-72.

The results showed that the use of RCA generally increased concrete porosity and water absorption due to the more porous structure of old mortar, although the differences decreased with increasing concrete age as a result of the ongoing hydration process. The 100% RCA concrete demonstrated compressive strength meeting the planned K-250 quality, with porosity and corrosion rate values approaching those of the control concrete, while the 50% RCA concrete exhibited the lowest performance across all test parameters. Based on these findings, 100% RCA substitution represents the optimum variation and is feasible as an environmentally friendly alternative to natural coarse aggregate in structural concrete.

Keywords: Recycled Concrete Aggregate, compressive strength, porosity, water absorption, accelerated corrosion, sustainable concrete

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Proyek Akhir yang berjudul “Evaluasi Penggunaan Agregat Kasar Daur Ulang Terhadap Kuat Tekan, Porositas, Dan Perilaku Korosi Beton Melalui Uji Akselerasi”. Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Diploma III pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Pada Kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada kedua orang tua yaitu Ayahanda Yakub dan Ibunda Yurnalis dan segenap keluarga yang selalu memotivasi dan mendoakan dan memberikan dukungan untuk keberhasilan penulis hingga saat ini. Penulisan proyek akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta arahan dari berbagai pihak. Seiring dengan selesainya tugas akhir ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Ir. Nevy Sandra, ST.,M.Eng. sebagai dosen pembimbing Proyek Akhir, yang telah membantu dan membimbing penulis dari awal hingga akhir menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Ibu Dr. Eng. Annisa Prita Melinda, S.T., M.T selaku Dosen Penguji Proyek Akhir ini.
3. Ibu Putri Fauziahtul Asri, S.Si.,MSi.P. selaku Dosen Penguji Proyek Akhir ini.
4. Bapak Ir. Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Ir. Risma Apdeni, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Sipil Bangunan Gedung, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Bapak Dr. Muhammad Ihsan, S.Pd.I., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membantu selama menjadi Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Negeri Padang.
7. Bapak/Ibu dosen beserta staf Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
8. Bapak/ibu dosen, staf, dan teknisi Teknik Sipil Universitas Negeri Padang.

9. Kepada kedua kakak tercinta, Yarnis Rahmadani dan Sari Melmi, terima kasih atas doa, kasih sayang, perhatian, dan dukungan yang selalu diberikan kepada saya.
10. Kepada abang tercinta, Ridwan, terima kasih atas segala pengorbanan, bantuan, dan dukungan yang diberikan dengan penuh keikhlasan. Saya menyadari bahwa di balik keberhasilan saya hari ini terdapat pengorbanan besar abang, bahkan rela mengorbankan pendidikan demi memberikan kesempatan kepada saya untuk terus melanjutkan kuliah.
11. Teristimewa kepada Shinta Rahayu pemilik nim 20323042, mahasiswi Teknik Sipil yang ikut membantu dan memberikan dukungan selama proses penyusunan sebelum sidang dan sampai revisi dari Proyek Akhir ini.
12. Keluarga besar Teknik Sipil Angkatan 2023 yang saling dukung satu sama lain.
13. Teruntuk teman-teman dekat penulis, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih telah menemani proses penulis hingga akhir, terima kasih atas dukungan, semangat, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan Proyek Akhir ini, semoga sama-sama dilancarkan sampai akhir perjuangan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan dan penyempurnaan demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan untuk masa yang akan datang.

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PROYEK AKHIR	i
PENGESAHAN PROYEK AKHIR	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan	7
F. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Beton	9
B. Agregat Kasar Daur Ulang (<i>Recycled Concrete Aggregate/RCA</i>)	24
C. Pengaruh RCA Terhadap Kuat Tekan	28
D. Korosi pada Tulangan Beton	29
E. Pengujian pada Material Penyusun Beton	30
F. Kuat Tekan Beton	43
G. Uji Slump Test	44
H. Pengujian Porositas Beton	46
I. Pengujian Penyerapan Air Beton	47
J. Uji Akselerasi Korosi	48
K. Penelitian Terdahulu	50
BAB III METODE PENELITIAN	53
A. Tempat dan Waktu Penelitian	53

B. Jenis Penelitian.....	53
C. Populasi dan Sampel Penelitian	55
D. Material Yang Digunakan	56
E. Prosedur Pengujian Material Yang Dilakukan.....	62
F. Prosedur Pembuatan Sampel Beton	77
G. Prosedur Jenis Pengujian Sampel yang Dilakukan	79
H. Teknik Analisis Data.....	86
I. Diagram Alir	87
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	88
A. Hasil dan Pembahasan Pengujian Material	88
B. Hasil dan Pembahasan Pengujian Sampel Beton	110
C. Hubungan Kuat Tekan, Porositas, Penyerapan Air dan korosi.....	121
D. Persentase Optimum Penggunaan RCA.....	122
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	124
A. Kesimpulan	124
B. Saran.....	125
DAFTAR PUSTAKA	126
LAMPIRAN.....	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Material Recycled Aggregate Concrete	2
Gambar 2.1 RCA Hasil Penghancuran Limbah Beton.....	25
Gambar 2.2 Sampel beton uji akselersasi korosi	49
Gambar 3.1 Penghancuran RCA dengan mesin bor hammer jack.....	61
Gambar 3.2 Penghancuran RCA dengan mesin cruhser	61
Gambar 3.3 Persiapan bekisting dan tulangan	77
Gambar 3.4 Persiapan dan penimbangan material	78
Gambar 3.5 Pencampuran (Mix) beton	78
Gambar 3.6 Pengujian Slump beton.....	78
Gambar 3.7 Pengecoran dan pemadatan beton	79
Gambar 3.8 Perawatan (<i>Curing</i>) Beton.....	79
Gambar 3.9 Ukuran tulangan beton yang sudah di epoksi.....	84
Gambar 3.10 Rangkaian Akselerasi Korosi	85
Gambar 4.1 Zona Analisis Saringan Pasir	91
Gambar 4.2 Pengujian Kadar Zat Organik.....	96
Gambar 4.3 Zona Analisis Saringan	97
Gambar 4.4 Zona Analisis Saringan	104
Gambar 4.5 Nilai <i>Slump</i> Test Beton	110
Gambar 4.6 Diagram Porositas 7 dan 28 Hari	112
Gambar 4.7 Diagram Penyerapan Air 7 dan 28 Hari	112
Gambar 4.8 Pengujian kuat tekan umur 7 hari.....	114
Gambar 4.9 Pengujian kuat tekan umur 28 hari.....	114
Gambar 4.10 Diagram Kuat Tekan 7 dan 28 Hari	115
Gambar 4.11 Diagram Laju Korosi.....	118
Gambar 4.12 Tampak visual beton setelah dilakukan uji akselerasi korosi	119

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beton menurut kuat tekannya	12
Tabel 2.2 jenis beton berdasarkan berat satuannya	12
Tabel 2.3 Pengaruh sifat agregat pada sifat beton.....	18
Tabel 2.4 Batasan Gradasi untuk Agregat Halus	22
Tabel 2.5 Perbandingan Karakteristik Fisik Agregat Alam, RCA, dan Standar...	26
Tabel 2.6 Hasil pengujian kuat tekan	28
Tabel 2.7 No Saringan dan Standard Kelolosan	33
Tabel 2.8 Nomor saringan agregat kasar.....	38
Tabel 2.9 Konstanta perhitungan laju korosi berdasarkan satuan-satuannya.	50
Tabel 2.10 Distribusi kualitas ketahanan korosi suatu material (Jones, 1996)	50
Tabel 2.11 Penelitian Terdahulu	50
Tabel 3.1 Mix Design Variasi RCA per 0,02052 m ³	55
Tabel 3. 2 Perlakuan Sampel Uji Kuat Tekan Beton 7 Hari dengan RCA	55
Tabel 3.3 Perlakuan Sampel Uji Kuat Tekan Beton 28 Hari dengan RCA	55
Tabel 3.4 Perlakuan Sampel Akselerasi korosi Beton 28 Hari dengan RCA	56
Tabel 4.1 Hasil Setting Time Semen.....	88
Tabel 4.2 Konsistensi Normal Semen	88
Tabel 4.3 Berat Jenis Semen	89
Tabel 4.4 Analisa Saringan Pasir	90
Tabel 4.5 Kadar Lumpur Pasir	91
Tabel 4.6 Kadar Air Pasir.....	92
Tabel 4.7 Berat Jenis dan Daya Serap Air Pasir	93
Tabel 4.8 Berat Isi Pasir	94
Tabel 4. 9 Analisa Saringan Kerikil	96
Tabel 4.10 Kadar Lumpur Kerikil.....	97
Tabel 4.11 Kadar Air Kerikil	98
Tabel 4.12 Berat Jenis dan Daya Serap Air Kerikil	99
Tabel 4.13 Berat Isi Kerikil.....	100
Tabel 4.14 Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji	101
Tabel 4.15 Gradasi dan berat benda uji.....	102

Tabel 4.16 Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat	102
Tabel 4.17 Analisa Saringan RCA	103
Tabel 4.18 Kadar Lumpur RCA.....	104
Tabel 4.19 Kadar Air RCA	105
Tabel 4.20 Berat Jenis dan Daya Serap Air RCA	106
Tabel 4.21 Berat Isi RCA.....	107
Tabel 4.22 Gradasi dan berat benda uji RCA	109
Tabel 4.23 Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat	109
Tabel 4.24 Nilai Slump Test Beton.....	110
Tabel 4.25 Data retak awal pengujian Akselerasi Korosi	117
Tabel 4.27 Rekap nilai pengujian sampel beton umur 7 hari.....	121
Tabel 4.28 Rekap nilai pengujian sampel beton umur 28 Hari.....	121

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Persiapan material RCA dan besi tulangan	131
Lampiran 2. Dokumentasi Pengujian Semen	132
Lampiran 3. Dokumentasi Pengujian Pasir	133
Lampiran 4. Dokumentasi Pengujian Kerikil dan RCA	134
Lampiran 5. Dokumentasi Pembuatan Benda Uji	135
Lampiran 6. Dokumentasi Pengujian Sampel Beton	136
Lampiran 7. Surat Tugas Pembimbing	138
Lampiran 8. Catatan Konsultasi dengan Dosen Pembimbing	139

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan di seluruh dunia karena memiliki kekuatan tekan yang tinggi, durabilitas yang baik, serta kemudahan dalam pembentukan dan pengerjaan. Namun demikian, penggunaan beton secara masif juga menimbulkan dampak lingkungan yang cukup signifikan. Produksi semen sebagai bahan pengikat utama menghasilkan emisi gas karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah besar, sementara penggunaan agregat alam seperti pasir dan kerikil menyebabkan eksploitasi sumber daya alam. Hal ini mengarah pada degradasi lingkungan seperti kerusakan ekosistem sungai, penurunan muka tanah, dan berkurangnya ketersediaan agregat alam di masa depan.

Sementara itu, meningkatnya aktivitas pembangunan dan pembongkaran bangunan (*construction and demolition waste*) menghasilkan limbah bangunan dalam jumlah besar yang belum termanfaatkan secara optimal. Sebagian besar limbah tersebut berupa pecahan beton, bata, maupun keramik yang umumnya hanya dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA). Kondisi ini tidak hanya menimbulkan permasalahan lingkungan dan keterbatasan lahan TPA, tetapi juga menambah beban biaya penanganan limbah.

Salah satu solusi untuk mengatasi meningkatnya kebutuhan beton dan bertambahnya limbah konstruksi adalah memanfaatkan limbah beton sebagai agregat daur ulang atau *recycled concrete aggregate* (RCA). Agregat ini diperoleh dari penghancuran beton lama yang kemudian digunakan kembali sebagai pengganti sebagian atau seluruh agregat kasar pada beton baru. Seiring perkembangan pembangunan dan pertumbuhan penduduk, jumlah limbah beton dari pengujian, pembangunan, hingga pembongkaran gedung juga semakin meningkat, dan jika tidak dimanfaatkan dapat menimbulkan dampak lingkungan. Pemanfaatan RCA

menjadi langkah efektif dan ramah lingkungan karena mampu mengurangi limbah serta ketergantungan pada agregat alam (Ramadevi & Chitra, 2017).

Meskipun memiliki karakteristik kekuatan yang mendekati agregat normal (Mcneil & Kang, 2013), RCA tetap menunjukkan sejumlah perbedaan fisik akibat sisa mortar lama yang masih melekat pada permukaannya, yaitu penyerapan air yang lebih tinggi, rongga udara yang lebih besar, tingkat keausan yang lebih tinggi, dan berat jenis yang lebih rendah dibandingkan agregat alami. Karakteristik ini berpotensi memengaruhi sifat mekanis beton, seperti kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian eksperimental untuk mengetahui sejauh mana penggunaan RCA dapat menggantikan agregat alami tanpa menurunkan mutu beton secara signifikan. Gambar 1.1 berikut memperlihatkan material RCA yang merupakan hasil daur ulang beton.



Gambar 1.1 Material *Recycled Aggregate Concrete*
Sumber : (Husnah et al., 2025)

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji pemanfaatan RCA pada campuran beton, dengan hasil yang bervariasi tergantung metode dan bahan tambahan yang digunakan. Pratama et al., (2024) dalam penelitiannya yang berjudul pengaruh penggunaan *recycled concrete aggregate* sebagai substitusi agregat kasar dan abu sekam padi sebagai substitusi semen dengan penambahan *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini menggunakan limbah beton hasil pengujian dan abu sekam padi yang dimanfaatkan menjadi substitusi sebagian dari bahan baku beton, serta penambahan *superplasticizer* untuk meningkatkan kelecakan dan kekuatan

tekan beton. Limbah beton yang dimanfaatkan menjadi bahan substitusi agregat kasar menggunakan varian 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, abu sekam padi yang menjadi bahan pengganti semen 10%, serta penambahan *superplasticizer* sebesar 2% dari berat total semen. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai *slump* tertinggi pada varian 5 dengan 8,70 cm. Nilai kuat tekan tertinggi pada 28 hari berada di varian 5 sebesar 27,82 MPa.

Ansar et al., (2024) meneliti pemanfaatan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar dengan penambahan aditif Beton Mix, membandingkan beton normal (BN), substitusi 25% limbah beton tanpa aditif (LB 25%), serta substitusi 25% dengan aditif 400 ml (LBBM 400) dan 600 ml (LBBM 600) pada kuat tekan rencana 25 MPa. Hasil pengujian kuat tekan umur 28 hari menunjukkan BN mencapai 25,38 MPa, sementara LB 25% justru turun menjadi 21,89 MPa dan tidak memenuhi syarat struktural. Sebaliknya, LBBM 400 dan LBBM 600 meningkat signifikan menjadi 25,48 MPa dan 28,31 MPa, menunjukkan bahwa aditif Beton Mix efektif mengompensasi penurunan kekuatan akibat substitusi RCA.

Saputro et al., (2025) dalam penelitiannya yang berjudul "Pemanfaatan Agregat Kasar Daur Ulang dalam Campuran Beton Normal dengan Variasi Substitusi pada Takaran 1:2:3". Penelitian ini menggunakan limbah beton keras yang dihancurkan sebagai substitusi agregat kasar dalam campuran beton dengan perbandingan 1:2:3 (semen:pasir:agregat kasar). Limbah beton yang dimanfaatkan menjadi bahan substitusi agregat kasar menggunakan varian 0%, 50%, dan 100%. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai *slump* tertinggi pada varian BDU 50% sebesar 14,3 cm. Nilai *slump* untuk beton normal, BDU 50%, dan BDU 100% berturut-turut adalah 12,8 cm; 14,3 cm; dan 12,3 cm. Nilai kuat tekan tertinggi pada 28 hari berada di varian BDU 50% sebesar 12,997 MPa, sedangkan untuk beton normal, BDU 50%, dan BDU 100% berturut-turut adalah 11,978 MPa; 12,997 MPa; dan 12,986 MPa.

Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan RCA secara langsung tanpa bahan tambahan cenderung menurunkan kinerja mekanis beton, sebagaimana ditunjukkan oleh (Ansar et al., 2024) menemukan bahwa substitusi agregat kasar dengan 25% limbah beton tanpa aditif justru menurunkan kuat tekan beton secara signifikan hingga tidak memenuhi syarat untuk konstruksi struktur. Meskipun demikian, penelitian yang sama juga membuktikan bahwa penambahan bahan kimia aditif seperti Beton Mix efektif untuk mengompensasi penurunan kekuatan tersebut, bahkan mampu menghasilkan beton yang lebih kuat dari beton normal. Sementara itu, pendekatan berbeda melalui beton geopolimer oleh (Syahputra et al., 2024) di mana penambahan RCA hingga 75% justru meningkatkan kuat tekan, meskipun terjadi penurunan pada substitusi 100%. Pada beton porous, kuat tekan optimal justru diperoleh pada substitusi RCA yang lebih rendah, yaitu 25% (Zen et al., 2021). Perbedaan pola pada berbagai jenis beton ini mengindikasikan bahwa kinerja RCA sangat bergantung pada matriks beton dan bahan tambahan yang digunakan, sehingga belum dapat digeneralisasi secara langsung antar jenis campuran.

Berdasarkan tinjauan tersebut, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada penggunaan RCA yang dikombinasikan dengan bahan tambahan aditif atau pengganti sebagian semen untuk mengompensasi penurunan kinerja mekanis. Kajian yang secara khusus mengevaluasi perilaku RCA murni sebagai substitusi agregat kasar tanpa bahan tambahan terhadap kuat tekan, porositas, penyerapan air, sekaligus perilaku korosi tulangan melalui uji akselerasi, masih jarang ditemukan secara bersamaan dalam satu kajian. Sebagian besar penelitian yang ada juga cenderung berhenti pada evaluasi kuat tekan saja, tanpa mengaitkannya secara langsung dengan aspek durabilitas jangka panjang seperti ketahanan terhadap korosi tulangan. Kekosongan inilah yang menjadi dasar urgensi penelitian ini.

Dengan demikian, diperlukan kajian komprehensif mengenai pengaruh substitusi agregat kasar daur ulang terhadap kinerja mekanis dan

durabilitas beton. Penelitian ini diharapkan tidak hanya mendukung penerapan konsep konstruksi hijau melalui pengurangan limbah dan eksploitasi sumber daya alam, tetapi juga menjawab tantangan teknis dalam menentukan batas aman penggunaan RCA agar beton tetap andal dan memiliki umur layan yang panjang. Penelitian ini secara khusus difokuskan pada evaluasi sistematis penggunaan RCA sebagai substitusi agregat kasar tanpa bahan tambahan aditif, dengan meninjau tiga aspek sekaligus: kuat tekan, porositas dan penyerapan air, serta perilaku korosi tulangan melalui uji akselerasi. Ketiga aspek ini dikaji secara terintegrasi untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai potensi dan batasan penggunaan RCA pada beton struktural. Berdasarkan uraian tersebut, penulis mengangkat judul penelitian “Evaluasi Penggunaan Agregat Kasar Daur Ulang Terhadap Kuat Tekan, Porositas, Dan Perilaku Korosi Beton Melalui Uji Akselerasi”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan di atas, terdapat sejumlah permasalahan yang dapat diidentifikasi, yaitu:

1. Meningkatnya pembangunan infrastruktur menyebabkan kebutuhan agregat alam terus meningkat sehingga mengurangi ketersediaan sumber daya alam.
2. Limbah beton hasil pembongkaran bangunan dan sisa konstruksi terus bertambah setiap tahunnya, namun pemanfaatannya sebagai material konstruksi masih relatif terbatas.
3. RCA merupakan salah satu alternatif pemanfaatan limbah beton yang dapat mendukung konsep konstruksi berkelanjutan, namun memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan agregat kasar alami karena masih adanya mortar lama yang melekat pada permukaannya.
4. Perbedaan karakteristik RCA berpotensi memengaruhi sifat mekanik beton, terutama kuat tekan yang merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan kualitas beton.

5. Tingginya porositas yang dimiliki RCA dapat memengaruhi tingkat porositas beton yang dihasilkan sehingga berpotensi menurunkan durabilitas beton.
6. Meningkatnya porositas beton dapat mempercepat masuknya air dan zat agresif ke dalam beton yang berpotensi memicu korosi pada tulangan baja.
7. Masih diperlukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan RCA terhadap kuat tekan, porositas, dan perilaku korosi beton untuk mengetahui kelayakannya sebagai material pengganti agregat kasar alami.

C. Batasan Masalah

Agar Proyek Akhir ini terarah dengan baik, maka perlu batasan masalah agar tercapainya sasaran yang akan dicapai. Batasan masalah pada Proyek Akhir ini adalah:

1. Dalam penelitian ini menggunakan material lokal yang dibeli di toko bangunan sekitar Kota Padang.
2. Bahan RCA pada penelitian ini diambil dari sisa reruntuhan bangunan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
3. RCA digunakan sebagai substitusi agregat kasar dengan variasi 50% dan 100%.
4. Beton kontrol tanpa kombinasi RCA digunakan sebagai pembanding.
5. Mutu beton yang direncanakan f'_c 20,75 MPa atau K-250.
6. Penelitian ini dilakukan pada kondisi laboratorium yang tersedia, sedangkan suhu dan kelembapan lingkungan tidak dijadikan sebagai variabel penelitian.
7. Untuk tulangan beton akselerasi menggunakan tulangan dengan diameter 12 mm dan panjang tulangan 14 cm.
8. Untuk pengujian porositas, penyerapan air dan kuat tekan dilakukan pada umur beton 7 hari dan 28 hari.
9. Untuk pengujian Akselerasi Korosi hanya dilakukan pada umur beton 28 hari.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, rumusan masalah dalam Proyek Akhir ini disusun sebagai berikut::

1. Bagaimana pengaruh penggunaan RCA terhadap kinerja kuat tekan beton yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan RCA terhadap karakteristik porositas dan penyerapan air beton sebagai parameter yang memengaruhi durabilitas beton?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan RCA terhadap perilaku korosi tulangan pada beton berdasarkan pengujian akselerasi korosi?
4. Berapakah persentase penggunaan RCA yang memberikan kinerja paling optimum berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, porositas, penyerapan air, dan perilaku korosi beton?

E. Tujuan

Adapun tujuan yang dapat diperoleh dari Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh substitusi RCA terhadap kinerja mekanis beton berdasarkan hasil pengujian kuat tekan.
2. Menganalisis pengaruh substitusi RCA terhadap karakteristik porositas dan penyerapan air beton untuk mengevaluasi perubahan struktur internal serta kualitas durabilitas beton akibat penggunaan RCA.
3. Menganalisis pengaruh substitusi RCA terhadap durabilitas beton berdasarkan hasil pengujian akselerasi korosi tulangan.
4. Menentukan persentase substitusi RCA yang optimum sebagai pengganti agregat kasar alami pada beton struktural berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, porositas, penyerapan air, dan laju korosi sesuai standar yang berlaku.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan data ilmiah mengenai pengaruh penggunaan RCA pada kuat tekan, porositas, penyerapan air, dan perilaku korosi beton sebagai dasar pengembangan teknologi beton ramah lingkungan.
2. Mendukung pengurangan penggunaan agregat alam serta meminimalkan limbah konstruksi melalui pemanfaatan kembali limbah beton sebagai material substitusi dalam campuran beton.
3. Memberikan referensi teknis bagi praktisi konstruksi terkait batas aman dan persentase optimum penggunaan RCA yang tetap memenuhi standar mutu beton struktural.
4. Mendorong penerapan konstruksi berkelanjutan dengan menghadirkan alternatif material yang lebih ekonomis, efisien, dan ramah lingkungan tanpa mengabaikan aspek kinerja dan durabilitas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh Simpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan RCA mempengaruhi kuat tekan beton. Beton dengan substitusi 100% RCA mampu menghasilkan kuat tekan yang mendekati beton kontrol dan memenuhi kuat tekan rencana f'_c 20,75 MPa atau K-250, yang diduga dipengaruhi oleh mekanisme *internal curing* yang mendukung hidrasi lanjutan dan memperbaiki mikrostruktur beton. Sebaliknya, beton dengan substitusi 50% RCA belum memenuhi kuat tekan rencana, menunjukkan bahwa substitusi parsial tidak selalu menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan substitusi penuh.
2. Penggunaan RCA meningkatkan nilai porositas dan penyerapan air beton, namun peningkatannya relatif kecil terutama pada beton 100% RCA. Seluruh variasi mengalami penurunan porositas dan penyerapan air yang signifikan seiring bertambahnya umur beton akibat proses hidrasi yang menghasilkan gel C-S-H dan mengisi rongga kapiler dalam beton, sehingga seluruh variasi masih menunjukkan tingkat kepadatan dan durabilitas yang baik.
3. Penggunaan RCA mempengaruhi ketahanan korosi beton bertulang. Beton 50% RCA menunjukkan laju korosi tertinggi sejalan dengan nilai porositas dan penyerapan air tertinggi, sedangkan beton 100% RCA menunjukkan laju korosi yang mendekati beton kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa ketahanan korosi tidak semata-mata ditentukan oleh persentase RCA, melainkan juga oleh kualitas mikrostruktur beton yang berkembang selama proses hidrasi.
4. Beton dengan substitusi 100% RCA merupakan variasi optimum karena memenuhi kuat tekan rencana K-250, serta menunjukkan porositas, penyerapan air, dan laju korosi yang mendekati beton kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme *internal curing* pada RCA 100%

mampu mengompensasi kelemahan porositas awal akibat mortar lama, sehingga substitusi penuh terhadap agregat alami dapat dilakukan tanpa mengorbankan kinerja beton secara signifikan. Dengan demikian, penggunaan 100% RCA layak dipertimbangkan sebagai alternatif agregat kasar yang ramah lingkungan dan mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan..

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi persentase RCA yang lebih beragam, seperti 25%, 75%, atau kombinasi lainnya, untuk memperoleh persentase optimum yang lebih akurat.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji sifat mekanis lainnya seperti kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas, sehingga karakteristik beton dengan RCA dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh.
3. Perlu dilakukan pengujian durabilitas tambahan, seperti uji penetrasi klorida, permeabilitas, karbonasi, dan serangan sulfat, untuk mengetahui ketahanan beton RCA terhadap lingkungan agresif dalam jangka panjang.
4. Pada penggunaan RCA, kondisi agregat sebelum pencampuran perlu dikontrol dengan baik, terutama terkait kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) dan daya serap air agregat, agar hasil campuran beton lebih konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Abushanab, A., & Alnahhal, W. (2023). Bond strength of corroded reinforced recycled aggregate concrete with treated wastewater and fly ash. *Journal of Building Engineering*, 79, 107778. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.job.2023.107778>
- Ali, M., Shams, A., & Bheel, N. (2024). RSC Advances reinforced concrete structures : lab and in situ. *RSC Advances*, 14(November), 37252–37271. <https://doi.org/10.1039/D4RA05506C>
- Alibeigibeni, A., Stochino, F., & Zucca, M. (2025). Enhancing Concrete Sustainability : A Critical Review of the Performance of Recycled Concrete Aggregates (RCAs) in Structural Concrete. *Buildings*, 1–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/buildings15081361>
- Ansar, Z., Mustakim, & Fadly, I. (2024). *Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dengan Penambahan Aditive Beton Mix Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton*. 5(2), 353–362.
- ASTM C-128. (2009). Standard Test Method for Density , Relative Density (Specific Gravity), and Absorption. *West Conshohocken, PA: ASTM International.*, 1–7.
- ASTM C 136. (2012). Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. *Badan Standardisasi Nasional*.
- ASTM C 33/C33M. (2008). Standard Specification for Concrete Aggregates 1. *ASTM International*, i. <https://doi.org/10.1520/C0033>
- ASTM C 39/C 39M. (2009). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens 1. *ASTM International*, i, 1–7.
- ASTM C 642. (1990). Standard test method for specific gravity, absorption, and voids in hardened concret. *Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials*.
- ASTM G 1. (1999). *Standard Practice for Preparing , Cleaning , and Evaluating Corrosion Test*. 90(Reapproved).
- ASTM G 31. (1972). Standard practice for laboratory immersion corrosion testing of metals. *Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials*.
- Desmi, A. (2014). *Analisis Penggunaan Gula Pasir Sebagai*. 4(2), 58–67.
- Fahirah, F. (2012). Korosi pada beton bertulang dan pencegahannya. *SMARTek*, 1–6.

- Husnah, Setio, H. D., Darma, I. S., & Kusumaningrum, P. (2025). *KUAT TEKAN BETON daya alam , terutama dalam hal penggunaan agregat alam seperti pasir dan kerikil . Seiring dengan sebagai agregat kasar daur ulang atau Recycled Concrete Aggregate (RCA) [5]. Penggunaan RCA dalam pembuatan beton baru diyakini dapat men.* 10(1), 336–343.
- ISO 16701. (2015). Corrosion of metals and alloys-Corrosion in artificial atmosphere-Accelerated corrosion test involving exposure under controlled conditions of humidity cycling and intermittent spraying of a salt solution. *Geneva, Switzerland: ISO, 27005*, 1–5.
- Jiang, H., Wu, L., Guan, L., Liu, M., Ju, X., Xiang, Z., Jiang, X., Li, Y., & Long, J. (2024). Durability life evaluation of marine infrastructures built by using carbonated recycled coarse aggregate concrete due to the chloride corrosive environment. *Frontiers in Marine Science, Volume 11-2024*. <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2024.1357186>
- Jones, D. A. (1996). *Principles and prevention of corrosion (2nd ed.)*. Prentice Hall.
- Katz, A. (2003). Properties of concrete made with recycled aggregate from partially hydrated old concrete. *Cement and Concrete Research*, 33(5), 703–711. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(02\)01033-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)01033-5)
- Kewalramani, M., & Khartabil, A. (2021). *Porosity Evaluation of Concrete Containing Supplementary Cementitious Materials for Durability Assessment through Volume of Permeable Voids and Water Immersion Conditions*.
- Kukadia, V. P. (2017). *Influence Of Aggregate ' S Treatment On Properties Of Recycled Aggregate Concrete*. 8(3), 351–361.
- Maaddawy, T. A. El, & Soudki, K. A. (2003). *Effectiveness of Impressed Current Technique to Simulate Corrosion of Steel Reinforcement in Concrete*. (February), 41–47.
- Mcneil, K., & Kang, T. H. (2013). *Recycled Concrete Aggregates : A Review*. 7(1), 61–69. <https://doi.org/10.1007/s40069-013-0032-5>
- Memon, S. A., Bekzhanova, Z., & Murzakarimova, A. (2022). *A Review of Improvement of Interfacial Transition Zone and*.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete (2nd ed.)*. Prentice Hall.
- Monteiro, P. J. M., & Mehta P, K. (2006). *Concrete: microstructure, properties, and materials*. McGraw-Hill Publishing.
- Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton; Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*.

- Pratama, Y. A. P., & Yuhanah, T. (2024). Pengaruh Penggunaan Recycled Concrete Agregate Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Semen Dengan Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton. *Doctoral Dissertation, ITPLN*.
- Ramadevi, K., & Chitra, R. (2017). Concrete using recycled aggregates. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(9), 413–419.
- Rasendriya, B., & Praja, B. A. (2024). Material Penyusun dan Formula Campuran Beton untuk Produk PCI Girder. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 79–86. <https://doi.org/10.24002/senapas.v2i1.9256>
- Sadik, N., Akter, T., Proma, P. Das, Prodhan, M. A. R., & Momotaj, M. (2024). Impact of Recycled Coarse Aggregates on the Mechanical Properties and Durability of Concrete. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 2(5), 738-759. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2\(5\).66](https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2(5).66)
- Saputro, A. B. D., Aziz, A., Abdullah, A., & Wijaya, T. A. (2025). Pemanfaatan Agregat Kasar Daur Ulang Dalam Campuran Beton Normal Dengan Variasi Substitusi Pada Takaran 1:2:3. *Jurnal Teknik Indonesia*, 6(2), 52. <https://doi.org/10.61689/jti.v6i2.804>
- SNI 03-2531. (1991). Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland. *Jakarta. Badan Standardisasi Nasional*, 1–7.
- SNI 03-2847. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–402.
- SNI 03-2914. (1992). SPESIFIKASI BETON BERTUIANG KEDAP AIR. *Bandung, Badan Standardisasi Nasional*, 1–13.
- SNI 03-4142. (1996). Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No.200. *Badan Standardisasi Nasional*, 200(200), 1–6.
- SNI 03-4804. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–13.
- SNI 03-6468. (2000). *Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abu Terbang*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6827. (2002). Metode pengujian waktu ikat awal semen portland dengan menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil. *Jakarta. Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 15-2049. (2004). Semen portland ICS. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–132(1), 5–14.

- SNI 1969. (2016). Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–22.
- SNI 1971. (2011). “Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.” *Badan Standardisasi Nasional*, 1–11.
- SNI 1972. (2008). Cara uji slump beton. *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 1973. (2008). Cara uji berat isi , volume produksi campuran dan kadar udara beton. *Jakarta. Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 1974. (2011). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–20.
- SNI 2417. (2008). Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–20.
- SNI 2493. (2011). Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. *Jakarta. Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 2816. (2014). Metode Uji Bahan Organik Dalam Agregat Halus Untuk Beton. *Jakarta. Badan Standardisasi Nasional*, 1–11.
- SNI 2834. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–36.
- SNI 2847. (2013). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. *Jakarta. Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–270.
- SNI 2847. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Jakarta, Badan Standar Nasional Indonesia*, (8), 720.
- SNI 7656. (2012). Pedoman Tata Cara Penentuan Campuran Beton Normal Dengan Semen OPC, PPC, dan PCC. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–43.
- Syahputra, B., Megasari, S. W., & Soehardi, F. (2024). *Pengaruh Pemanfaatan Recycled Concrete Aggregate Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer*. [https://doi.org/10.25299/saintis.2024.vol24\(02\).19095](https://doi.org/10.25299/saintis.2024.vol24(02).19095)
- Tjokrodinuljo, K. (2007). Teknologi Beton. *Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM*, (2004), 1–18.
- Wang, B., Yan, L., Fu, Q., & Kasal, B. (2021). Resources , Conservation & Recycling A Comprehensive Review on Recycled Aggregate and Recycled Aggregate Concrete. *Resources, Conservation & Recycling*, 171(May), 105565. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105565>

- Wang, C. K., Salmon, C. G., & Pincheira, J. A. (1990). Reinforced concrete design. *New York: Harper & Row Publishers.*
- Yang, G., Li, Q., Guo, Y., Liu, H., Zheng, S., & Chen, M. (2022). *Study on the Mechanical Properties and Durability of Recycled Aggregate Concrete under the Internal Curing Condition.*
- Yudi, A., Aprilia, A. S., Ribowo, A. B., Puja, A., Azhami, S. A., & Tambunan, Y. P. (2025). *Pengaruh Rca Pada Beton Dengan Peningkatan Mutu Rca Oleh Bahan Pozzolan.* 18(April), 110–117. <https://doi.org/10.24002/jts.v18i2.12356>
- Zen, H., Yanti, G., & Megasari, S. W. (2021). Pemanfaatan Recycled Concrete Aggregate Pada Beton Porous. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 04(September), 85–90. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v4i2.1363>
- Zhang, C., Li, J., Yu, M., Lu, Y., & Liu, S. (2024). *Mechanism and Performance Control Methods of Sulfate Attack on Concrete : A Review.*