

PEMANFAATAN LIMBAH INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA BETON RINGAN

MUHAMMAD FARHAN HUSAIN KHADAFI



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pemanfaatan Limbah Instalasi Pengolahan Air Minum Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Beton Ringan” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2026

Muhammad Farhan Husain Khadafi
F4401211006

ABSTRAK

MUHAMMAD FARHAN HUSAIN KHADAFI. Pemanfaatan Limbah Instalasi Pengolahan Air Minum Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Beton Ringan. Dibimbing oleh ERIZAL dan HERIANSYAH PUTRA.

Pemanfaatan *Water Treatment Sludge* (WTS) sebagai substitusi agregat halus pada beton ringan berpotensi mengurangi limbah serta memberikan nilai tambah pada proses pengolahan air. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi kadar WTS dan Faktor Air Semen (FAS) terhadap sifat mekanik beton ringan melalui pengujian laboratorium dengan rancangan campuran berbasis ACI 523.3R-14 dan karakterisasi bahan sesuai standar SNI. Variasi WTS sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% serta FAS 0,3 hingga 0,6 digunakan untuk mengevaluasi perubahan berat isi dan kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan penambahan WTS meningkatkan berat isi, sementara kuat tekan menurun seiring meningkatnya FAS dan kadar WTS; namun kombinasi FAS 0,3–0,5 dengan WTS hingga 5% masih memenuhi persyaratan kuat tekan minimum 2,0 MPa untuk beton ringan non-struktural. Kondisi optimum diperoleh pada FAS 0,4 dengan 5% WTS yang menghasilkan kuat tekan tertinggi 5,62 MPa, menunjukkan bahwa WTS dapat dimanfaatkan sebagai substitusi parsial agregat halus tanpa menurunkan performa beton ringan secara signifikan.

Kata kunci: agregat halus, beton ringan, kuat tekan, limbah, *water treatment sludge*

ABSTRACT

MUHAMMAD FARHAN HUSAIN KHADAFI. Utilization of Water Treatment *Sludge* as Fine Aggregate Substitute in Lightweight Concrete. Supervised by ERIZAL and HERIANSYAH PUTRA.

The use of Water Treatment *Sludge* (WTS) as a fine aggregate substitute in lightweight concrete has the potential to reduce waste while adding value to water treatment by-products. This study aims to determine the effects of WTS content and Water–Cement Ratio (WCR) on the mechanical properties of lightweight concrete through laboratory testing based on ACI 523.3R-14 and relevant SNI standards. WTS proportions of 0%, 5%, 10%, and 15% with WCR values from 0.3 to 0.6 were used to evaluate changes in bulk density and compressive strength. The results indicate that WTS increases bulk density, while compressive strength decreases with higher WCR and *sludge* content; however, mixtures containing up to 5% WTS with WCR between 0.3 and 0.5 still met the minimum 2.0 MPa requirement for non-structural lightweight concrete. The optimum condition was obtained at a WCR of 0.4 with 5% WTS, producing the highest compressive strength of 5.62 MPa, confirming that WTS can serve as a partial fine-aggregate substitute without significantly reducing lightweight concrete performance.

Keywords: compressive strength, fine aggregate, lightweight concrete, *sludge* waste, *water treatment sludge*

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PEMANFAATAN LIMBAH INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA BETON RINGAN

MUHAMMAD FARHAN HUSAIN KHADAFI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
1 Sutoyo S.T.P., M.Si.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Instalasi Pengolahan Air Minum Sebagai
Substitusi Agregat Halus Pada Beton Ringan

Nama : Muhammad Farhan Husain Khadafi
NIM : F4401211006

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPU, Asean Eng
NIP. 19650106 199002 1 001



Pembimbing 2:

Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng., IPM
NIP. 19900209 201803 1 001



Diketahui oleh

Plt. Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan:
Prof. Dr. Ir. Chusnul Arif, S.TP., M.Si. IPM
NIP. 19801206 200501 1 004



Tanggal Ujian: 30 Desember 2025

Tanggal Lulus:

14 JAN 2026

1
/

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus sampai bulan Desember 2025 ini ialah mengenai analisis bahan konstruksi, dengan judul "Pemanfaatan Limbah Instalasi Pengolahan Air Minum Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Beton Ringan".

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak yang berperan dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPU, Asean Eng dan Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng., IPM. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing serta memberikan masukan dalam penelitian dan penyusunan skripsi. Terima kasih atas ilmu dan pengetahuan yang telah diberikan;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Chusnul Arif, S.TP., M.Si., IPM. Selaku Plt. Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan yang telah membantu dalam arahan dan saran penyusunan skripsi;
3. Bapak Sutoyo S.T.P., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang telah mengarahkan dan memotivasi untuk tetap disiplin selama skripsi dan studi;
4. Dosen-dosen dan jajaran staff Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan IPB yang membimbing, membantu, dan menemani selama masa studi;
5. Pihak PT. Wika Tirta Jaya Jatiluhur (WTJJ) terutama Pak Aji dan Bu Fina yang telah membantu dan memberi dukungan sehingga penelitian ini bisa dilaksanakan;
6. Ayahanda Tri Mulyono, Ibunda Suryana Utami, dan kedua adik penulis Nasywa Salsabila Anggraini dan Azzarah Afiyah Nunadhika Maharani;
7. Jemima Maragertha, Dio Vikram, Muhammad Reza Putra, Nafisha Faradhilla, Roghib Akhyar selaku rekan satu bimbingan yang telah membantu dan memberikan semangat selama pelaksanaan penelitian;
8. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan angkatan 58 (Prathista Rajaluca) yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2026

Muhammad Farhan Husain Khadafi

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton Ringan	5
2.2 Pembuatan Beton Ringan	6
2.3 Syarat Fisis Beton Ringan	7
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Penelitian	10
3.4 Analisis Data	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Hasil Pengujian Properties Bahan	13
4.2 Proporsi Campuran	13
4.3 Pengujian Beton Ringan	16
4.4 Analisis Normalitas Data	28
V SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	36
RIWAYAT HIDUP	48



DAFTAR TABEL

1	Nilai syarat fisis beton ringan SNI 8640:2018	8
2	Standar metode pengujian beton ringan	10
3	Variasi perlakuan dan jumlah sampel	11
4	Hasil pengujian bahan	13
5	Proporsi campuran per-meter kubik bata ringan referensi	14
6	Hitungan volume absolut, udara dan busa	14
7	Rancangan campuran permeter kubik untuk setiap perlakuan	15
8	Proporsi campuran beton ringan untuk sekali pengadukan	16
9	Rata-rata hasil pengujian bobot isi dan penyerapan	18
10	Hasil pengujian kuat tekan beton ringan	25
11	Persentase perbedaan kuat tekan hasil uji dengan kuat tekan rencana dengan nilai batas SNI 8640:2018	27
12	Hasil pengujian hipotesis	30

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alur prosedur penelitian	12
2	Contoh Pemotongan benda uji	16
3	Contoh hasil potongan benda uji	17
4	Nilai berat isi awal (kg/m^3) terhadap proporsi <i>sludge</i> dalam campuran (%) untuk setiap FAS	19
5	Nilai berat isi kering oven (kg/m^3) terhadap proporsi <i>sludge</i> dalam campuran (%) untuk setiap FAS	20
6	Nilai berat isi kering permukaan (kg/m^3) terhadap proporsi <i>sludge</i> dalam campuran (%) untuk setiap FAS	21
7	Nilai penyerapan air (%) terhadap proporsi <i>sludge</i> dalam campuran (%) untuk setiap FAS	22
8	Potongan benda uji untuk pengujian kuat tekan	23
9	Hasil pemotongan benda uji untuk pengujian kuat tekan	24
10	Nilai kuat tekan (MPa) terhadap persentase <i>sludge</i> dari berat pasir (%) untuk setiap variasi campuran	26

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data hasil pengujian bobot isi dan penyerapan air	37
2	Data hasil pengujian kuat tekan beton ringan	39
3	Data dokumentasi penelitian	42
4	Pengujian persyaratan analisis uji normalitas data	43