

PENGARUH VARIASI FAKTOR AIR SEMEN (FAS) TERHADAP KARAKTERISTIK *PAVING BLOCK* DENGAN PEMANFAATAN LUMPUR AKTIF DARI UNIT AERASI IPAL

VINCENT NOVALDO PALANDENG



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



@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



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Faktor Air Semen (FAS) Terhadap Karakteristik *Paving block* Dengan Pemanfaatan Lumpur Aktif Dari Unit Aerasi IPAL” 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, Juni 2026

Vincent Novaldo Palandeng
F4401221074



ABSTRAK

VINCENT NOVALDO PALANDENG. Pengaruh Variasi Faktor Air Semen (FAS) Terhadap Karakteristik *Paving block* Dengan Pemanfaatan Lumpur Aktif Dari Unit Aerasi IPAL. Dibimbing oleh JOANA FEBRITA dan HERIANSYAH PUTRA.

Akumulasi lumpur pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan tingginya ketergantungan produksi *paving block* terhadap pasir alam mendorong upaya pemanfaatan lumpur aktif sebagai substitusi parsial agregat halus. Faktor air semen (FAS) menjadi parameter kritis karena lumpur aktif bersifat berpori dan menyerap air. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi FAS dan persentase substitusi lumpur terhadap kuat tekan dan daya serap air *paving block* serta mengevaluasi pemenuhannya terhadap SNI 03-0691-1996. Rancangan faktorial 3×3 diterapkan dengan variasi FAS 0,60; 0,70; dan 0,80 serta substitusi lumpur 0%, 10%, dan 20%, mencakup 54 benda uji pada umur perawatan 28 hari. Hasil menunjukkan substitusi lumpur secara konsisten menurunkan kuat tekan dan meningkatkan daya serap air; benda uji substitusi 20% pada FAS 0,60 dan 0,70 kehilangan integritas saat pengeringan. Pengaruh FAS terhadap kuat tekan bersifat kondisional terhadap kehadiran lumpur, sedangkan daya serap membentuk pola U dengan nilai terendah pada FAS 0,70. Kinerja terbaik dicapai komposisi kontrol FAS 0,60 tanpa lumpur (Mutu C).

Kata kunci: agregat halus, daya serap air, faktor air semen, kuat tekan, lumpur IPAL

ABSTRACT

VINCENT NOVALDO PALANDENG. The Effect of Water-Cement Ratio (W/C) Variations on Paving Block Characteristics Using Activated Sludge from a Wastewater Treatment Plant (WWTP) Aeration Unit. Supervised by JOANA FEBRITA and HERIANSYAH PUTRA.

The accumulation of sludge in wastewater treatment plants (WWTP) and the strong dependence of paving block production on natural sand have motivated using activated sludge as a partial fine aggregate substitute. The water-cement ratio (WCR) is a critical parameter because activated sludge is porous and highly absorptive. This study aimed to analyze the effect of WCR variation and sludge substitution percentage on the compressive strength and water absorption of paving blocks and to evaluate their compliance with SNI 03-0691-1996. A 3×3 factorial design was applied, varying WCR at 0.60, 0.70, and 0.80 and sludge substitution at 0%, 10%, and 20%, comprising 54 specimens cured for 28 days. The results showed that sludge substitution consistently reduced compressive strength and increased water absorption; specimens with 20% substitution at WCR 0.60 and 0.70 lost integrity during drying. The effect of WCR on compressive strength was conditional on the presence of sludge, while water absorption formed a U-shaped pattern with the lowest value at WCR 0.70. The best performance was achieved by the control mix at WCR 0.60 without sludge (Quality C).

Keywords: activated sludge, compressive strength, fine aggregate, water absorption, water-cement ratio



@Hak cipta milik IPB University

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.

© 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 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.

**PENGARUH VARIASI FAKTOR AIR SEMEN (FAS)
TERHADAP KARAKTERISTIK *PAVING BLOCK*
DENGAN PEMANFAATAN LUMPUR AKTIF
DARI UNIT AERASI IPAL**

VINCENT NOVALDO PALANDENG

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 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra S.Pd., M.Eng., IPM
2. Apriadi, S.T.,M.S.

Perpustakaan IPB University



Nama
NIM

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Faktor Air Semen (FAS) Terhadap Karakteristik
Paving block Dengan Pemanfaatan Lumpur Aktif Dari Unit
Aerasi IPAL
: Vincent Novaldo Palandeng
: F4401221074

@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.

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Joana Febrita S.T., M.T.



Pembimbing 2:

Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra S.Pd., M.Eng., IPM



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Ir. Tri Sudibyo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIP. 19840530 201404 1 001



Tanggal Ujian: 22 Juli 2026

Tanggal Lulus:

29 JUL 2026



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 Maret 2026 sampai bulan Juni 2026 ini ialah pemanfaatan limbah lumpur Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) aerasi sebagai substitusi agregat halus pada *paving block* dengan pengendalian faktor air semen, dengan judul " Pengaruh Variasi Faktor Air Semen (FAS) Terhadap Karakteristik *Paving block* Dengan Pemanfaatan Lumpur Aktif Dari Unit Aerasi IPAL”.

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

1. Ir. Joana Febrita S.T., M.T. dan Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra S.Pd., M.Eng., IPM. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing serta memberikan masukan dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Alfred David James Leo Palandeng dan Ibu Sri Ermayati, serta adik tersayang, Angelica Almalia Palandeng, atas segala doa, kepercayaan, motivasi, serta dukungan yang tiada henti, baik moril maupun materiil, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Kayla Kanaya Tabitha dan Audrey Phoebe Budiman, sahabat penulis sejak masa SMP, yang selalu senantiasa hadir sebagai pendengar terbaik dan tempat berbagi keluh kesah, serta tiada henti memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan kepada penulis.
4. Andrew dan Arka, teman dekat penulis sejak sebelum masa perkuliahan, yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, baik seputar perkuliahan maupun lika-liku kehidupan.
5. Teman-teman Pendekars, yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis selama menempuh pendidikan di departemen, atas kebersamaan dan kenangan yang menghidupkan hari-hari perkuliahan.
6. Galang, Sulthan, Wahyu, Vallandy, Tri, Shaquila, Nifa, dan Aisha yang telah menemani penulis dalam suka maupun duka selama masa perkuliahan, menjadi salah satu sumber semangat bagi penulis, dan senantiasa memberikan dukungan.
7. Teman-teman satu bimbingan, yang telah berjuang dan berproses bersama selama penyusunan skripsi, atas kebersamaan dalam saling menguatkan hingga skripsi ini dapat diselesaikan.
8. Teman-teman Zenikarta Gatatirta, yang telah memberikan kenangan, dukungan, dan kebersamaan selama proses perkuliahan di Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB University.

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

Bogor, Juli 2026

Vincent Novaldo Palandeng



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Paving block</i>	5
2.2 Faktor Air Semen (FAS)	6
2.3 Lumpur Aktif IPAL	6
METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Rancangan Percobaan	8
3.4 Prosedur Penelitian	9
HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Karakteristik Fisik Agregat Halus	15
4.2 Pengamatan Visual dan Analisis Citra Benda Uji	17
4.3 Daya Serap Air <i>Paving block</i>	20
4.4 Kuat Tekan <i>Paving block</i>	22
4.5 Klasifikasi Mutu <i>Paving block</i>	27
4.6 Potensi dan Batas Pemanfaatan Lumpur IPAL sebagai Agregat Halus	28
SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Simpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	34
RIWAYAT HIDUP	39

DAFTAR TABEL

1	Persyaratan mutu <i>paving block</i> menurut SNI 03-0691-1996	5
2	Proporsi campuran tiap komposisi (basis per adukan)	11
3	Karakteristik fisik agregat halus pasir dan lumpur IPAL	15
4	Persentase kerusakan permukaan analisis ImageJ	18
5	Daya serap air <i>paving block</i> umur 28 hari (%)	20
6	Hasil analisis ragam (ANOVA) daya serap air <i>paving block</i>	21
7	Kuat tekan <i>paving block</i> umur 28 hari (MPa)	22
8	Hasil analisis ragam (ANOVA) kuat tekan <i>paving block</i> (subset substitusi 0% dan 10%)	25
9	Klasifikasi mutu <i>paving block</i> berdasarkan SNI 03-0691-1996	27

DAFTAR GAMBAR

1	Prosedur pelaksanaan penelitian	10
2	Prosedur Pengujian Kuat Tekan	13
3	Kurva distribusi ukuran partikel pasir dan lumpur IPAL (gradasi pencucian)	15
4	Kondisi visual benda uji <i>paving block</i> pada berbagai kombinasi FAS dan substitusi lumpur	18
5	Persentase kerusakan permukaan benda uji hasil analisis ImageJ berdasarkan variasi FAS dan substitusi lumpur	19
6	Contoh hasil analisis citra biner ImageJ pada substitusi lumpur 20% dengan variasi FAS 0,60;0,70;0,80	20
7	Daya serap air <i>paving block</i> berdasarkan variasi FAS dan substitusi lumpur	21
8	Grafik pengaruh interaksi faktor air semen (FAS) dan persentase	24

DAFTAR LAMPIRAN

1	Analisis persentase kerusakan <i>paving block</i> dengan software ImageJ pada FAS 0,60	35
2	Analisis persentase kerusakan <i>paving block</i> dengan software ImageJ pada FAS 0,70	36
3	Analisis persentase kerusakan <i>paving block</i> dengan software ImageJ pada FAS 0,80	37
4	Dokumentasi Kegiatan	38