

**PEMANFAATAN NANO-SELULOSA BAKTERI (*ACETOBACTER
XYLINUM*) SEBAGAI BAHAN TAMBAH PEMBUATAN SEMEN
KOMPOSIT**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Program Studi
Pendidikan Teknik Bangunan

MY FAITH SONNI MARKSON KANIKIR

1503620024

S1 PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2026

PEMANFAATAN NANO-SELULOSA BAKTERI (*ACETOBACTER XYLINUM*) SEBAGAI BAHAN TAMBAH PEMBUATAN SEMEN KOMPOSIT

My Faith Sonni Markson Kanikir

Dosen pembimbing : Dr. Ririt Aprilin S, ST., M. Sc. Eng dan Dr. Ananto Nugroho, ST, M.Eng.

Abstrak

Perkembangan industri konstruksi menyebabkan kebutuhan terhadap material bangunan dengan kinerja mekanik yang lebih baik terus meningkat. Salah satu upaya yang dilakukan adalah melalui pemanfaatan material nano sebagai bahan tambah pada semen komposit. Nano-selulosa bakteri (*Acetobacter xylinum*) memiliki karakteristik berupa kekuatan tarik tinggi, luas permukaan spesifik yang besar, kemampuan menyerap air, serta sifat ramah lingkungan sehingga berpotensi meningkatkan proses hidrasi dan kualitas mikrostruktur semen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh nano-selulosa bakteri yang dihasilkan melalui metode mekanis dan metode elektrolisis sebagai bahan tambah pada semen Portland Composite Cement (PCC), serta menentukan pengaruhnya terhadap sifat mekanik dan karakteristik mikrostruktur semen komposit.

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan benda uji berupa mortar dan pasta semen. Nano-selulosa bakteri ditambahkan ke dalam campuran semen dengan variasi kadar sebesar 0,05%, 0,1%, dan 0,2% dari berat semen menggunakan dua metode penghalusan, yaitu metode mekanis dan metode elektrolisis. Pengujian yang dilakukan meliputi kuat tekan dan kuat lentur pada umur 7, 28, dan 56 hari, sedangkan karakterisasi material dilakukan menggunakan *Thermogravimetric Analysis* (TGA), *Scanning Electron Microscope–Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS), dan *X-Ray Diffraction* (XRD) pada umur 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan nano-selulosa bakteri mampu meningkatkan performa semen komposit pada kadar tertentu. Variasi metode mekanis menghasilkan peningkatan kuat tekan yang lebih konsisten dibandingkan metode elektrolisis, terutama pada kadar 0,05%, sedangkan metode elektrolisis memberikan hasil optimum pada kadar 0,1%. Penambahan nano-selulosa sebesar 0,2% pada kedua metode menyebabkan penurunan kuat tekan akibat terjadinya aglomerasi partikel yang menghambat proses hidrasi. Hasil pengujian kuat lentur menunjukkan kecenderungan peningkatan dibandingkan sampel kontrol, meskipun peningkatannya tidak sebesar kuat tekan. Analisis TGA menunjukkan peningkatan derajat hidrasi melalui nilai *chemically bound water* pada variasi optimum. Pengamatan SEM memperlihatkan terbentuknya mikrostruktur pasta semen yang lebih padat dengan jumlah pori yang lebih sedikit dibandingkan sampel kontrol, sedangkan hasil EDS menunjukkan dominasi unsur Ca, Si, dan O sebagai penyusun utama produk hidrasi semen. Hasil XRD menunjukkan bahwa penambahan nano-selulosa tidak membentuk fase kristal baru, tetapi

meningkatkan perkembangan produk hidrasi yang ditunjukkan oleh perubahan intensitas fase-fase hidrasi.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nano-selulosa bakteri (*Acetobacter xylinum*) berpotensi digunakan sebagai bahan tambah ramah lingkungan untuk meningkatkan kualitas semen komposit. Metode elektrolisis memberikan performa yang lebih stabil dibandingkan metode mekanis, sedangkan kadar penambahan nano-selulosa yang paling efektif berada pada rentang 0,1% dari berat semen. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan material konstruksi berbasis nanoteknologi yang lebih berkinerja tinggi dan berkelanjutan.

Kata kunci: nano-selulosa bakteri, *Acetobacter xylinum*, semen komposit, Portland Composite Cement, kuat tekan, kuat lentur, TGA, SEM-EDS, XRD.



Application of Bacterial Nanocellulose (Acetobacter xylinum) as an Additive for Composite Cement Production

My Faith Sonni Markson Kanikir

Dosen pembimbing : Dr. Ririt Aprilin S, ST., M. Sc. Eng dan Dr. Ananto Nugroho, ST, M.Eng.

Abstract

The rapid development of the construction industry has led to an increasing demand for building materials with enhanced mechanical performance. One approach to improving the performance of composite cement is the incorporation of nanomaterials as additives. Bacterial nanocellulose (Acetobacter xylinum) possesses unique properties, including high tensile strength, a large specific surface area, excellent water absorption capacity, and environmentally friendly characteristics, making it a promising additive for enhancing the hydration process and the microstructural quality of cement. This study aimed to investigate the effect of bacterial nanocellulose produced by mechanical and electrolysis methods as an additive in Portland Composite Cement (PCC) and to evaluate its influence on the mechanical properties and microstructural characteristics of composite cement.

An experimental method was employed using mortar and cement paste specimens. Bacterial nanocellulose was incorporated into the cement mixture at dosages of 0.05%, 0.1%, and 0.2% by weight of cement using two different processing methods, namely mechanical and electrolysis methods. Compressive strength and flexural strength tests were conducted after curing periods of 7, 28, and 56 days, while material characterization was performed at 28 days using Thermogravimetric Analysis (TGA), Scanning Electron Microscopy coupled with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS), and X-ray Diffraction (XRD).

The results demonstrated that the incorporation of bacterial nanocellulose improved the performance of composite cement at specific dosage levels. The mechanical method produced a more consistent improvement in compressive strength than the electrolysis method, particularly at a dosage of 0.05%, whereas the electrolysis method achieved optimum performance at a dosage of 0.1%. The addition of 0.2% bacterial nanocellulose using either method resulted in a reduction in compressive strength due to particle agglomeration, which hindered the cement hydration process. The flexural strength test also showed an increasing trend compared with the control specimens, although the improvement was less significant than that observed in compressive strength. TGA analysis indicated an increased degree of hydration through higher chemically bound water values at the optimum dosage. SEM observations revealed a denser cement paste microstructure with fewer pores than the control specimens, while EDS analysis confirmed the predominance of calcium (Ca), silicon (Si), and oxygen (O), which are the primary constituents of cement hydration products. XRD analysis further showed that the incorporation of bacterial nanocellulose did not generate new crystalline phases but promoted the development of hydration products, as indicated by changes in the intensity of the hydration phases.

*Based on the findings, it can be concluded that bacterial nanocellulose (*Acetobacter xylinum*) has considerable potential as an environmentally friendly additive for improving the quality of composite cement. The electrolysis method demonstrated more stable performance than the mechanical method, while the optimum bacterial nanocellulose dosage was 0.1% by weight of cement. The findings of this study are expected to serve as a reference for the development of high-performance and sustainable nanotechnology-based construction materials.*

Keywords: *bacterial nanocellulose, *Acetobacter xylinum*, composite cement, Portland Composite Cement, compressive strength, flexural strength, TGA, SEM-EDS, XRD.*



**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : My Faith Sonni Markson Kanikir
NIM : 1503620024
Program Studi/Fakultas : Pendidikan Teknik Bangunan
Judul Penelitian : Pemanfaatan Nano-Selulosa Bakteri (*Acetobacter Xylinum*)
Sebagai Bahan Tambah Semen Komposit
ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan **Lulus** / ~~Tidak Lulus~~)*
Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 7 Juli 2026
Tim Penguji.

Ketua Penguji	Dr. M. Agphin Ramadhan, M. Pd	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Anisah, M. T.	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Muh Abdhy Gazali HS, M.T.	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Dr. Ririt Aprilin S, ST., M. Sc. Eng.	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Dr. Ananto Nugroho, ST, M.Eng.	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik


Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si, Apt., M.Si
NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
Pendidikan Teknik Bangunan


Anisah, M. T.

NIDN. 0021087505

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama : My Faith Sonni Markson Kanikir

NIM : 1503620024

Program Studi : Pendidikan Teknik Bangunan

Fakultas : Teknik

Judul : **PEMANFAATAN NANO-SELULOSA BAKTERI (*ACETOBACTER XYLINUM*) SEBAGAI BAHAN TAMBAH PEMBUATAN SEMEN KOMPOSIT**".

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.

Jakarta, 27 Juli 2026



Yang menyatakan,

My Faith Sonni Markson Kanikir

NIM. 1503620024



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : My Faith Sonni Markson Kanikir
NIM : 1503620024
Fakultas/Prodi : FT/Pendidikan Teknik Bangunan
Alamat email : myfaithmarkson39@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PEMANFAATAN NANO-SELULOSA BAKTERI (*ACETOBACTER XYLINUM*) SEBAGAI BAHAN TAMBAH PEMBUATAN SEMEN KOMPOSIT”.

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 18 Agustus 2026
Penulis

(My Faith Sonni Markson Kanikir)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**PEMANFAATAN NANO-SELULOSA BAKTERI (*ACETOBACTER XYLINUM*) SEBAGAI BAHAN TAMBAH PEMBUATAN SEMEN KOMPOSIT**”.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk menyelesaikan tugas akhir perkuliahan dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada program studi Pendidikan Teknik Bangunan pada Universitas Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak, yang telah memberikan bantuan, saran, serta bimbingan, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ririt Aprilin S, ST., M. Sc. Eng, selaku dosen pembimbing I yang selalu bijaksana dalam memberikan bimbingan, nasehat, saran, serta kesediaan waktu dan tenaga kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ananto Nugroho, ST, M.Eng, selaku dosen pembimbing II yang juga turut membimbing dan memberi masukan kepada peneliti dalam proses penyusunan.
3. Bapak Dr. Santoso Sri Handoyo, MT., selaku pembimbing akademik yang telah mencurahkan perhatian, bimbingan, do'a dan kepercayaan yang sangat berarti bagi penulis.
4. Seluruh dosen Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu dan masukan selama perkuliahan maupun penyusunan skripsi ini.
5. Laboran di laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta yang sudah membantu dalam penelitian.
6. Orang tua tercinta, Bapak Yulisar Wilson Kanikir dan Ibu Nani Saptarina Hutabarat yang senantiasa mendoakan, memberikan kasih sayang, memenuhi kebutuhan peneliti baik secara moral maupun materiil, sehingga peneliti senantiasa berusaha dalam menyelesaikan Skripsi ini.
7. Sahabat penulis, Gabriella Angelina Permatasari dan Yeremia Tri Anandia yang senantiasa memberikan dukungan mental kepada penulis dalam mengerjakan penelitian ini.
8. Teman-teman seperjuangan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan yang diberikan selama ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, apabila pembaca menemukan kesalahan atau kekurangan di kemudian hari, penulis memohon maaf. Segala bentuk kritik dan saran yang membangun penulis harapkan untuk skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jakarta, 27 Juli 2026

My Faith Sonni Markson Kanikir
Nim. 1503620024



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
Abstrak.....	xii
<i>Abstract</i>	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Pembatasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II.....	9
TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Landasan Teori Semen Komposit dan Nano-Selulosa.....	9
2.1.1 Semen.....	9
2.1.2 Portland Composite Cement (PCC).....	10
2.1.3 Mortar semen.....	12
2.1.4 Nano Selulosa.....	12
2.1.5 Nano-Selulosa Bakteri (BNC).....	14
2.1.6 Acetobacter Xylinum.....	15
2.1.6 Pemanfaatan Nano-Selulosa Bakteri.....	16
2.1.7 Pengujian Sampel.....	17
2.2 Penelitian Relevan.....	26
2.3 Kerangka Berpikir.....	28
2.4 Hipotesis Penelitian.....	30
BAB III.....	31
METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.2 Metode Penelitian.....	31

3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	31
3.3.1	Populasi.....	31
3.3.2	Sampel.....	32
3.4	Prosedur Penelitian.....	33
3.4.1	Tahap Persiapan.....	33
3.4.2	Tahap Pemeriksaan Bahan.....	37
3.5	Perencanaan Proporsi Benda Uji	48
3.6	Perencanaan campuran mortar.....	52
3.7	Perawatan benda uji	52
3.8	Pengujian Kuat Tekan Mortar.....	53
3.9	Pengujian Kuat Lentur Mortar	54
3.10	Alur Pengujian	56
BAB IV		57
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		57
4.1	Deskripsi Data	57
4.2	Uji Pendahuluan.....	57
4.2.1	Hasil Uji Pendahuluan Agregat Halus	57
4.2.2	Hasil Uji Pendahuluan Semen	58
4.2.3	Hasil Uji Pendahuluan Nano-Selulosa Bubuk.....	59
4.3	Hasil Penelitian.....	60
4.3.1	Hasil Uji Kuat Tekan	60
4.3.2	Hasil Uji Kuat Lentur.....	60
4.3.3	Hasil Uji Thermogravimetric Analysis (TGA)	61
4.3.4	Hasil Uji SEM-EDS.....	62
4.3.5	Hasil Uji XRD.....	65
4.4	Pembahasan Hasil Penelitian	66
4.4.1	Pengujian Kuat Tekan	66
4.4.2	Pengujian Kuat Lentur.....	69
4.4.3	Pengujian Thermogravimetric Analysis (TGA)	73
4.4.4	Pengujian SEM-EDS.....	75
4.4.5	Pengujian XRD.....	81
BAB V		84
KESIMPULAN DAN SARAN		84

5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN-LAMPIRAN		89



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ukuran Nano-selulosa.....	13
Gambar 2. 2 Struktur NFC (Abdul Khalil et al., 2014)	14
Gambar 2. 3 Struktur CNC (Abdul Khalil et al., 2014).....	14
Gambar 2. 4 Nano-Selulosa Bakteri (Guo et al., 2020).....	15
Gambar 2. 5 Contoh hasil TGA (Chu et al., 2021)	18
Gambar 2. 6 Alat SEM (Mohammed & Abdullah, n.d.).....	19
Gambar 2. 7 Contoh hasil SEM.....	20
Gambar 2. 8 Contoh hasil SEM	20
Gambar 2. 9 Contoh hasil EDX (Llorens et al., 2023)	21
Gambar 2. 10 Contoh hasil XRD (Chu et al., 2021).....	23
Gambar 2. 11 Pengujian kuat lentur.....	25
Gambar 2. 12 Kerangka berpikir	30
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	56
Gambar 4. 1 Hasil TGA pasta semen.....	61
Gambar 4. 2 Hasil pengujian SEM ; (a) Variasi kontrol ; (b) Variasi Mekanis ; (c) Variasi Elektrolisis	63
Gambar 4. 3 Hasil SEM Nano-Selulosa bakteri metode elektrolisis	64
Gambar 4. 4 Hasil pengujian SEM Nano-Selulosa bakteri metode mekanis	64
Gambar 4. 5 Hasil Pengujian XRD mortar ; (a) Variasi kontrol ; (b) Variasi Mekanis ; (c) Variasi Elektrolisis	66
Gambar 4. 6 Hasil pengujian kuat tekan mortar	67
Gambar 4. 7 Hasil pengujian kuat lentur mortar.....	70
Gambar 4. 8 Hasil uji SEM variasi kontrol.....	76
Gambar 4. 9 Hasil SEM variasi mekanis	77
Gambar 4. 10 Hasil uji SEM variasi elektrolisis.....	78
Gambar 4. 11 Hasil pengujian EDS semen.....	79
Gambar 4. 12 Sampel kontrol pengujian XRD.....	81
Gambar 4. 13 Sampel 0,2_M pengujian XRD	82
Gambar 4. 14 Sampel 0,2_E pengujian XRD	82

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Sampel penelitian mortar	32
Tabel 3. 2 Sampel penelitian pasta.....	32
Tabel 3. 3 Proporsi komposisi mortar berdasarkan ASTM C-109	48
Tabel 3. 4 Hasil Pengujian Flow Table	52
Tabel 4. 1 Data hasil uji pendahuluan agregat halus.....	57
Tabel 4. 2 Data hasil uji pendahuluan semen.....	58
Tabel 4. 3 Data hasil uji pendahuluan nano-selulosa bubuk	59
Tabel 4. 4 Data hasil pengujian kuat tekan mortar.....	60
Tabel 4. 5 Data hasil pengujian kuat lentur mortar	60
Tabel 4. 6 Chemically Bound Water	62
Tabel 4. 7 Data hasil uji EDS pasta semen dengan nano-selulosa.....	65
Tabel 4. 8 Kehilangan massa per rentang suhu.....	74

