

**ANALISIS SILIKA AMORF PADA BETON DENGAN SUBSTITUSI ABU
TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION
(XRD)**



**Dibuat Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Mengikuti Ujian Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

Oleh

FARIZY DWITAMA

112022053

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026**

**ANALISIS SILIKA AMORF PADA BETON DENGAN SUBSTITUSI ABU
TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION
(XRD)**



**Dibuat Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Mengikuti Ujian Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

Oleh

FARIZY DWITAMA

112022053

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026**

**ANALISIS SILIKA AMORF PADA BETON DENGAN SUBSTITUSI ABU
TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION
(XRD)**

TUGAS AKHIR



Oleh :

FARIZY DWITAMA

112022053

Disetujui Oleh :

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Palembang



Ir. A. Junaidi, M. T.

NIDN : 0202026502

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik UM Palembang



Ir. Mira Setiawati, S. T., M. T.

NIDN : 0006078101

**ANALISIS SILIKA AMORF PADA BETON DENGAN SUBSTITUSI ABU
TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION
(XRD)**



Oleh :

FARIZY DWITAMA

112022053

Disetujui Oleh :

Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing I,

Ir. Revisdah, M.T.

NIDN : 0231056403

Pembimbing II,

Dr. Verinazul Septriansyah, S.T., M.T.

NIDN : 0221098601

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Farizy Dwitama

NIM : 112022053

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Palembang

Mengatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisa Silika Amorf Pada Beton Dengan Subtitusi Abu Tempurung Kelapa Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)” ini adalah benar – benar karya penulis sendiri dan bukan merupakan hasil jiplakan. Apabila dikemudian hari terbukti skripsi ini hasil jiplakan, maka saya akan menanggung resiko sesuai dengan peraturan yang berlaku di perguruan tinggi ini.



ANALISIS SILIKA AMORF PADA BETON DENGAN SUBSTITUSI ABU TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION (XRD)

Farizy Dwitama¹, Revisdah², Verinazul Septriasyah³

INTISARI

Farizy Dwitama/112022053/ Analisis Silika Amorf Pada Beton Dengan Substitusi Abu Tempurung Kelapa Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan karena memiliki kemampuan menahan beban tekan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fase kristalin dan amorf pada beton yang memiliki variasi 0% sampai 6,25% yang menggunakan substitusi abu tempurung kelapa melalui pengujian *X-Ray Diffraction (XRD)* serta menghubungkannya dengan hasil pengujian kuat tekan beton sehingga dapat diketahui pengaruh perubahan mikrostruktur terhadap sifat mekanis beton.

Pada awalnya karakterisasi mineralogi diawali dengan pemotongan sampel terpilih yang di mana data pola difraksinya diolah lewat perangkat lunak *Origin 2018* guna menghitung proporsi fase kristalin-amorf sekaligus memetakan perubahan mikrostrukturnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu tempurung kelapa memiliki kandungan senyawa pozzolanik pada kelas N, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan substitusi semen. Pengujian kuat tekan memperlihatkan bahwa variasi 2,5% menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 26,80 MPa. Pada penambahan abu yang melebihi kadar tersebut menyebabkan penurunan kuat tekan. Analisis *XRD* menunjukkan bahwa seluruh variasi beton didominasi oleh fase amorf dengan persentase sekitar 97,87–98,99%, sedangkan fase kristalin hanya berkisar 1,01–2,13%. Kesimpulan dari hasil penelitian, bahwa variasi 2,5% merupakan komposisi yang paling optimal karena menghasilkan fase amorf baik.

Kata kunci: Beton, Abu Tempurung Kelapa, XRD, Origin 2018.

ANALYSIS OF AMORPHOUS SILICA IN CONCRETE WITH COCONUT SHELL ASH SUBSTITUTION USING X-RAY DIFFRACTION (XRD)

Farizy Dwitama¹, Revisdah², Verinazul Septriansyah³

ABSTRACT

Farizy Dwitama/112022053/Analysis of Amorphous Silica In Concrete With Coconut Shell Ash Substitution Using X-Ray Diffraction (XRD).

Concrete is one of the most widely used construction materials due to its high compressive strength. This study aimed to analyze the crystalline and amorphous phase characteristics of concrete containing coconut shell ash as a partial cement substitution at replacement levels of 0%, 1.25%, 2.5%, 3.75%, 5%, and 6.25% using the X-Ray Diffraction (XRD) method. Furthermore, the XRD results were correlated with the compressive strength of concrete to evaluate the influence of microstructural changes on its mechanical properties.

The research began with the selection and cutting of concrete specimens, followed by X-Ray Diffraction (XRD) testing to obtain diffraction patterns. The diffraction data were subsequently processed using Origin 2018 software to determine the proportions of crystalline and amorphous phases and to evaluate the microstructural characteristics of concrete containing coconut shell ash.

The results indicated that coconut shell ash possesses pozzolanic properties that meet the requirements of Class N, making it suitable as a partial cement replacement material. The compressive strength test showed that the 2.5% substitution level produced the highest compressive strength of 26.80 MPa. However, increasing the substitution level beyond this percentage resulted in a gradual reduction in compressive strength. The XRD analysis revealed that all concrete mixtures were predominantly composed of the amorphous phase, ranging from 97.87% to 98.99%, while the crystalline phase ranged from 1.01% to 2.13%. Based on these findings, it can be concluded that the 2.5% coconut shell ash substitution is the optimum mixture because it provides the most favorable amorphous phase composition and the highest compressive strength.

Keywords: Concrete, Coconut Shell Ash, X-Ray Diffraction (XRD), Origin 2018.

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

“ cukup besar tuk mengampuni tuk mengasihi tanpa memperhitungkan masa yang
lalu walau kering bisakah kita tetap meembasuh”

(Baskara Putra)

“Den Ajembar, Den Momot Lawan, Den Mangku, Den Kaya Segara”

(Penulis)

“Sura Dira Jayaningrat, Lebur Dening Pangastuti”

(Penulis)

“Anglaras Iling Banyu, Angeli Ananging Ora Keli”

(Penulis)

“Sekarangku pergi anggap aku mati selamatkan diri oh evakuasi, jangan cari aku
siang hari sore hari nanti malam ini ku menari dengan bayangan diri sendiri”

(Baskara Putra)

Persembahan :

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

- ❖ Allah swt, yang telah memberikan ridho, kuasa, rahmat dan karunianya kepada saya untuk bisa tetap menyusun tugas akhir sampai detik ini.
- ❖ Kepada panutan saya yaitu, Bapak Muhiri yang telah banyak mengorbankan semua nya demi untuk merakit mesin tempur nya yang akan di pergunakan di masa depan nanti, di balik didikanmu yang sangat keras, aku yakin ada hati lembut yang tidak ingin mesin tempurnya gagal di masa depan.
- ❖ Kepada seseorang yang sudah sangat kuat mempertaruhkan nyawa nya yaitu, Ibunda yang telah banyak melantunkan doa untuk keberhasilan anak mu ini, walaupun dari banyaknya kata menyalahkan diriku tetapi satu kata yang akan aku ingat didalam diriku yaitu “semangat” dimana pertama kamu keluaran disaat diriku menghadapi banyak kesulitan.
- ❖ Kepada seseorang yang selalu ada di sampingku setelah ibunda yaitu, saudariku Ameilya yang banyak membantu seluruh usahaku dari awal masuk kuliah hingga aku bisa menyelesaikan tugas akhir sekarang, membantu aku memikul banyak beban yang aku tanggung, ucapan terina kasih hanya bisa aku berikan kepada dirimu.
- ❖ Orang yang berharga setelah keluarga dan saudaraku, Nanda Aprilia Z.P terima kasih sudah banyak membantu perjuangan diriku sampai di titik ini, satu yang aku minta kepada kamu yaitu tetep selalu bersama diriku sampai dimana ada waktu untuk mempersatukan kita yang tidak memiliki kata perpisahan didalamnya.
- ❖ Teman seperjuanganku kalian banyak mengajarkan kesetian, kekuatan, komitmen, dan solidaritas. Selalu ada didalam kondisi baik maupun senang, canda tawa, suka duka yang ada saat kalian ajarkan itu. Terima kasih kepada Muiz Ferdi Ikromi, M. Andriko Saputra, M. Andrika Saputra, M. Farhan Triandika, Jafar Al-Sayyid, Rani Kartika Sari, Nova Eliza, Salsabila Nazwa, dan Nandito Aprian telah bersama-sama memperjuangkan sebuah perjuangan yang tiada artinya bagi aku, banyak didalam diriku bersyukur karena ada kalian di dalam cerita perjuangan ini. Sekali lagi terima kasih atas perjuangan, cerita dan seluruh tenaga kalian kepada diriku.

- ❖ Dosen pembimbingku, ibu Ir. Revisdah, M.T dan bapak Dr. Verinazul Septriasyah, S.T.,M.T yang selalu membimbing diriku untuk menyelesaikan tugas akhir ini, banyak saran dan masukan yang kalian berikan kepada diriku untuk menyelesaikan tugas akhir, hanya ucapan terima kasih yang diriku berikan kepada kalian.
- ❖ Seorang mentor yang pernah saya temui, M. Agus Wahyudi, S.Kom dan Ir. Ar. Nur Hadiyatun Nabawi, S.T., M.Ars.,IAI yang banyak sekali memberikan masukan yang nantinya berguna untuk diri saya di masa depan, serta membantu saya dalam menyusun tugas akhir ini, terima kasih yang bisa saya ucapkan kepada kalian selama membimbing dan mengarahkan saya.
- ❖ Untuk teman-teman Team Bojonegoro, terima kasih sudah banyak memberikan cerita, canda tawa, suka duka kepada diri saya, harapan saya kalian tetap terus memberikan itu semua sebagai kenangan dan pembelajaran di diri saya.
- ❖ Almamater hijauku, Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah menjadi tempat saya membina ilmu, pengalaman, serta membentuk karakter diri saya untuk di masa yang akan datang.

PRAKATA

Assalamu'alaikum warrohmatullahi wabarokatuh Alhamdulillah,

segala puji dan syukur saya hanturkan kepada Allah SWT. atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Analisis Silika Amorf Pada Beton Dengan Subtitusi Abu Tempurung Kelapa Menggunakan *X-Ray Diffraction* ”**. Tugas akhir ini disusun untuk diajukan sebagai syarat dalam ujian sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Palembang. Saya menyadari bahwa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M., Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Ibu Mira Setiawati S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Ibu Ir. Revisdah, M.T., Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan kepada penulis.
5. Bapak Dr. Verinazul Septriansyah S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan waktu, ilmu, serta arahan kepada penulis.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil dan para Staf Karyawan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Orang tua dan saudara yang sangat saya sayangi yang telah memberikan dukungan dan do'a sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Asisten Laboratorium yang membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Semua yang telah membantu dan memberikan bimbingan serta arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih atas segala dukungannya semoga semua yang kita lakukan selalu mendapat limpahan rahmat dan karunia dari Allah SWT, Aamiin ya rabbalalamiin. Wassalamu'alaikum warrohmatullahi wabarokatuh

Palembang, Juli 2026

Farizy Dwitama
NIM : 112022053

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	v
INTISARI.....	vi
ABSTRACT.....	vii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Batasan Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Beton	4
2.2 Semen dan Proses Hidrasi.....	4
2.3 Fase Kristalin dan Amorf	5
2.4 Kegunaan Beton Normal.....	7
2.5 Jenis-jenis Beton	8
2.6 Karakteristik Beton	8
2.7 Abu Tempurung Kelapa	9
2.8 Kuat Tekan Beton.....	10
2.9 Umur Beton.....	11
2.10 Perawatan Beton.....	11
2.11 Pengujian Mikrostruktur	12
2.11.1 X-Ray Diffraction.....	13
2.11.2 X-Ray Fluorescence (XRF).....	14

2.12 Amorf dan Kristalinitas	16
BAB III	25
METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Lokasi Penelitian.....	25
3.2 Penelitian Eksperimen Laboratorium Dengan Analisis Karakterisasi XRD.....	25
3.3 Bagan Alir Penelitian	26
1. TAHAP KE-SATU	27
3. TAHAP KE-TIGA.....	28
4. TAHAP KE-EMPAT	34
5. TAHAP KE-LIMA	37
6. TAHAP KE-ENAM	37
7. TAHAP KE-TUJUH.....	38
8. TAHAP KE-DELAPAN.....	38
9. TAHAP KE-SEMBILAN.....	39
10. TAHAP KE-SEPULUH	41
11. TAHAP KE-SEBELAS	42
12. TAHAP KE-DUABELAS.....	43
BAB IV	46
HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Hasil Pengujian XRF	46
4.2 Hasil Pengujian Mikrostruktur	48
4.3 Hasil Pengolahan Data	59
4.4 Hubungan Berat Jenis dan X-Ray Diffraction	69
BAB V.....	72
KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN I	76
LAMPIRAN II	80
LAMPIRAN III.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Abu tempurung kelapa	10
Gambar 2. 2	Analisis perbandingan mutu beton terhadap zat tambahan	11
Gambar 2. 3	Pengujian mikrostruktur	13
Gambar 2. 4	Difraksi sinar-X dengan kristalin.....	14
Gambar 3. 1	Bagan alir penelitian	26
Gambar 3. 2	Grafik gradasi 20 mm	30
Gambar 3. 3	Grafik gradasi 20 mm	33
Gambar 3. 4	Grafik nilai slump beton	35
Gambar 4. 1	Keberadaan senyawa sampel BN + ATK 0%	48
Gambar 4. 2	Keberadaan senyawa sampel BN + ATK 1,25%	49
Gambar 4. 3	Keberadaan senyawa sampel BN + ATK 2,5%	51
Gambar 4. 4	Keberadaan senyawa sampel BN + ATK 3,75%	53
Gambar 4. 5	Keberadaan senyawa sampel BN + ATK 5%	55
Gambar 4. 6	Keberadaan senyawa sampel BN + ATK 6,25%	57
Gambar 4. 7	Nilai titik puncak sampel BN + ATK 0%	60
Gambar 4. 8	Nilai titik puncak sampel BN + ATK 1,25%	61
Gambar 4. 9	Nilai titik puncak sampel BN + ATK 2,5%	63
Gambar 4. 10	Nilai titik puncak sampel BN + ATK 3,75%	64
Gambar 4. 11	Nilai titik puncak sampel BN + ATK 5%.....	66
Gambar 4. 12	Nilai titik puncak sampel BN + ATK 6,25%	67
Gambar 4. 13	Grafik hubungan kuat tekan beton dengan fase amorf XRD.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu	20
Tabel 3. 1 Hasil pengujian analisa saringan halus	30
Tabel 3. 2 Hasil pengujian kadar air agregat halus.....	31
Tabel 3. 3 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.....	31
Tabel 3. 4 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus	32
Tabel 3. 5 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar	32
Tabel 3. 6 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	34
Tabel 3. 7 Nilai slump pada setiap variasi	35
Tabel 3. 8 Hasil kuat tekan rata-rata	36
Tabel 4. 1 Hasil pengujian XRF	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karakteristik beton sangat dipengaruhi oleh material pembentuknya, yaitu semen Portland, air, agregat (kasar dan halus), serta bahan tambahan tertentu. Guna memahami bagaimana beton berfungsi sebagai satu kesatuan, sangat penting untuk mendalami sifat-sifat unik dari setiap elemen penyusun tersebut (Triandjaja dkk., 2022).

(Rochman, 2021) Beton dipahami sebagai hasil dari sinergi mekanis dan kimiawi antar material penyusunnya, sehingga penguasaan terhadap tiap komponen menjadi landasan sebelum mengkaji beton secara utuh. Hal ini memungkinkan insinyur merancang komposisi material yang optimal guna menghasilkan beton yang kuat, efisien, serta memenuhi standar fungsionalitas dan aspek ekonomis.

Abu tempurung kelapa, yang merupakan residu hasil pembakaran total, mengandung unsur penting seperti karbon dan silika. Berkat kandungan tersebut, material ini sering dimanfaatkan sebagai bahan tambah yang efektif untuk kebutuhan konstruksi bangunan dan pengayaan lahan tani. (Ajien dkk., 2023)

Silika adalah material pozzolank yang sangat halus, dihasilkan sebagai produk sampingan dari proses produksi silikon atau paduan silikon di dalam tungku busur listrik. Material ini terutama terdiri dari partikel amorf silika (SiO_2) dengan ukuran partikel sangat kecil (sekitar 100 kali lebih halus dari semen portland), sehingga memiliki luas permukaan yang sangat besar. (Andi dkk., 2025.)

Pengujian XRD dilakukan untuk memetakan struktur amorf dan kristalin pada abu tempurung kelapa. Munculnya puncak difraksi yang lebar mengindikasikan keberadaan silika amorf, sedangkan puncak yang tajam menunjukkan fase kristalin; data ini krusial untuk memvalidasi kelayakan abu sebagai bahan pengikat alternatif pada beton. (Reddy, 2024)

Berangkat dari isu tersebut, penelitian ini mengeksplorasi dampak integrasi abu tempurung kelapa dalam campuran beton melalui analisis *X-Ray Diffraction* (XRD). Fokus utama studi ini adalah membedah transformasi fase amorf dan

kristalin pada beton tersebut, dengan harapan dapat memberikan solusi aplikatif bagi masyarakat dalam mengelola limbah tempurung kelapa secara lebih produktif. Oleh karena itu, penelitian ini diberi judul “ANALISIS SILIKA AMORF PADA BETON DENGAN SUBSTITUSI ABU TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION (XRD)”.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada pemaparan latar belakang di atas, poin-poin permasalahan yang akan dikaji dalam studi ini mencakup:

1. Bagaimana karakteristik fase kristalin dan amorf beton dengan substitusi abu tempurung kelapa berdasarkan hasil pengujian X-Ray Diffraction (XRD) ?
2. Bagaimana hubungan perubahan fase kristalin dan amorf terhadap kuat tekan beton pada berbagai variasi substitusi abu tempurung kelapa ?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini berfokus pada optimasi pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai substitusi dalam campuran beton, yang dianalisis secara mendalam menggunakan teknik *X-Ray Diffraction* (XRD). Target utamanya adalah untuk mengetahui nilai optimum amorf pada beton berdasarkan hasil kuat tekan beton serta senyawa mineralogi yang terdapat pada beton.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk menyederhanakan analisis dalam penelitian, maka penelitian ini diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan merupakan hasil dari penelitian saudara Nova Eliza tahun 2026 yang berjudul “Pengaruh Substitusi Abu Tempurung Kelapa pada Campuran Beton terhadap Kuat Tekan Beton” yang memiliki beberapa variasi sebesar 0%, 1,25%, 2,5%, 3,75%, 5%, dan 6,25% dibuat sebanyak 3 sampel dan di cetak menggunakan cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
2. Penelitian ini berfokus pada uji fase amorf dan kristalin terhadap substitusi abu tempurung kelapa yang terdapat pada beton.
3. Abu tempurung kelapa yang digunakan berasal dari hasil pembakaran tempurung kelapa.

4. Umur beton yang diuji kuat tekannya dibatasi pada umur tertentu sesuai dengan standar pengujian yaitu, 28 hari.
5. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan skala Laboratorium
6. Penelitian ini berfokus pada pengaruh sifat mineralogi terhadap substitusi abu tempurung yang terdapat pada beton.
7. Penelitian ini menggunakan metode *X-Ray Diffraction (XRD)*
8. Pada pengolahan data didukung dengan aplikasi Origin versi 2018 64 bit

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

I. PENDAHULUAN

Bab I berfungsi sebagai pengantar yang memaparkan landasan teori, identifikasi masalah, sasaran serta tujuan penelitian, metodologi yang diterapkan, hingga batasan ruang lingkup kajian.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab II menyajikan tinjauan pustaka dan landasan teori terkait pengujian beton yang dihimpun dari berbagai literatur ilmiah yang relevan..

III. METODELOGI PENELITIAN

Bab III memaparkan tahapan akuisisi serta teknik pemrosesan data yang diperlukan untuk mendukung proses komputasi dalam penelitian ini.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab IV merupakan bab yang menguraikan tentang hasil data analisis yang di olah menggunakan sebuah aplikasi yang memunculkan sebuah angka perhitungan yang kemudian di hitung .

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V menyajikan bagian penutup dari laporan ini, yang merangkum kesimpulan utama dari hasil analisis serta memberikan rekomendasi konstruktif bagi pengembangan penelitian di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

1704-Article Text-7180-1-10-20250510.pdf. (n.d.).

Abdien, putri siti. (2020). *ANALISA KUAT TEKAN BETON K-175 DENGAN BAHAN TAMBAH SKRIPSI* Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program Studi Strata I (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area Disusun Oleh : FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN.

Ajien, A., Idris, J., Md Sofwan, N., Husen, R., & Seli, H. (2023). Coconut shell and husk biochar: A review of production and activation technology, economic, financial aspect and application. *Waste Management & Research*, 41(1), 37–51. <https://doi.org/10.1177/0734242X221127167>

Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.

Beton, L. B., Hulu, R., K-, A. C. B., Menggunakan, D., Kasar, A., Butir, U., Bp, M., Dan, M. M., Maks, B. P., Rumusan, R. M., K-, A. C. B., Agregat, M., Ukuran, K., & Maks, B. (2000). *Analisis Campuran Beton K-250 (fc'24,5 MPa) Dengan Menggunakan Agregat Kasar Ukuran Butir Maks BP 20 MM dan BP 10 MM*. 2(4), 1–29.

Cheah, C. B., Khalaf, M. A., Ramli, M., Ahmed, N. M., Ahmad, M. S., Ali, A. M. A., Dawood, E. T., & Ameri, F. (2021). Modern heavyweight concrete shielding: Principles, industrial applications and future challenges; Review. *Journal of Building Engineering*, 44, 102290. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102290>

Cullity, B. D., & Stock, S. R. (2023). *Elements of X-Ray Diffraction* (4th ed.). Pearson.

Demissew, A. (2022). Comparative analysis of selected concrete mix design methods based on cost-effectiveness. *Advances in Civil Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4240774>

Didik, I., Mabui, S. S., & Raidyarto, A. (n.d.). *BETON*.

Fatimah, N., & Utami, B. (2017). Sintesis dan Analisis Spektra IR, Difraktogram XRD, SEM pada Material Katalis Berbahan Ni/zeolit Alam Teraktivasi dengan Metode Impregnasi. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia Dan Terapannya*, 1(1), 35–39. <https://doi.org/10.17977/um026v1i12017p035>

Geist, W. H., & Santi, P. A. (n.d.). *Nondestructive Assay of Nuclear Materials for Safeguards and Security*.

Hakim, L., Dirgantara, M., & Nawir, M. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 1(1), 44–51. <http://e-journal.upr.ac.id/index.php/JMS>

Huang, F., Peng, D., Zhao, Y., Zhao, G., & Fu, S. (2026). *Effects of Coconut Shell*

Ash and Coir Fiber on the Mechanical Properties and Microstructure of Concrete. 1–19.

Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (2020). *No Title.* 5–21.

International, A. (2021). *ASTM C39/C39M-21: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.* ASTM International. https://doi.org/10.1520/C0039_C0039M-21

John, E. (2023). Cement hydration mechanisms through time – a review. *Journal of Materials Science*, 58(24), 9805–9833. <https://doi.org/10.1007/s10853-023-08651-9>

Kurniawan, S. (2016). Analisa Perawatan Beton Cetak Menggunakan Uap. *Tapak*, 5(166), 98–107.

Li, Z., Zhou, X., Ma, H., & Hou, D. (2022). Materials for Making Concrete. In *Advanced Concrete Technology*. <https://doi.org/10.1002/9781119806219.ch2>

Margu , E., Queralt, I., & Almeida, E. De. (2022). Chemosphere X-ray fluorescence spectrometry for environmental analysis : Basic principles , instrumentation , applications and recent trends. *Chemosphere*, 303(P1), 135006. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135006>

Nasional, S. (n.d.). *Spesifikasi abu terbang batubara dan pozolan.*

Oktamuliani, S. (2016). Identifikasi Mineral Pada Batuan Granit Di Geopark Merangin Provinsi Jambi Menggunakan X-Ray Diffraction (Xrd) Dan. *JoP*, 1(November 2015), 12–17.

Onaizi, A. M., Amran, M., Tang, W., Betoush, N., Alhassan, M., Rashid, R. S. M., Yasin, M. F., Bayagoob, K. H., & Onaizi, S. A. (2024). Radiation-shielding concrete: A review of materials, performance, and the impact of radiation on concrete properties. *Journal of Building Engineering*, 97, 110800. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.110800>

Reddy, V. (2024). Structural and transport properties of newly synthesized ZSM-5 sourcing silica from coconut shell ash. *Results in Engineering*.

Rochman, A. (2021). *Teknologi Beton.* MUP Publisher.

Setiawan, A., & Yuniarto, E. (2025). *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi Analisis Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan dan Tanpa Zat Tambah.* 3(3), 245–251. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v3i3.3203>

Siddika, A., Al Mamun, M. A., Alyousef, R., Mohammadhosseini, H., Aslani, F., & Alabduljabbar, H. (2022). The present state of the use of waste wood ash as an eco-efficient construction material: A review. *Materials*, 15(15), 5349. <https://doi.org/10.3390/ma15155349>

Trial, M., & Vi, K. (2022). *Teknologi Beton Teknologi Beton.*

Xiao, J., Lv, Z., Duan, Z., & Zhang, C. (2023). Pore Structure Characteristics, Modulation and Its Effect on Concrete Properties: A Review. *Construction and Building Materials*, 397, 132430.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132430>