

# **LAPORAN TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS *GREEN CONCRETE* SEBAGAI MATERIAL BANGUNAN YANG BERKELANJUTAN**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Pada Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**



**AHMAD DIMAS GHIFARI**

**03011381823120**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS GREEN CONCRETE SEBAGAI MATERIAL  
BANGUNAN YANG BERKELANJUTAN**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik

Oleh:

**AHMAD DIMAS GHIFARI**  
**03011381823120**

**Palembang, 27 Oktober 2022**

**Diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing,**

  
**Citra Indriyati, S.T., M.T.**  
**NIP. 198101142009032004**

**Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Dan Perencanaan,**

  
  
**Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.**  
**NIP. 197610312002122001**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis *Green Concrete* Sebagai Material Bangunan Yang Berkelanjutan”. Tulisan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan kurikulum pada tingkat Sarjana di Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, baik dalam tata bahasa, materi, maupun penulisannya. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya kemampuan dan pengalaman penulis.

Penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan saran dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Yang Terhormat:

1. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Citra Indriyati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir saya yang telah memberikan ilmu, masukan, koreksi, dan arahan yang sangat baik dalam penyelesaian Tugas Akhir saya.
4. Ibu Aztri Yuli Kurnia, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak membantu dan membimbing selama perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan.
5. Semua dosen yang telah mendidik dan memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
6. Semua staf Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan dan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah membantu dalam penyelesaian berbagai administrasi yang diperlukan.
7. Kakak tingkat, adik tingkat, serta teman-teman Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan angkatan 2018 yang selalu memberikan bantuan dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

8. Keluarga organisasi BEM KM FT Universitas Sriwijaya Regional Palembang yang telah menjadi rumah kedua bagi penulis untuk berkembang dan berproses menjadi lebih baik.

Akhir kata dengan segala kekurangannya, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi keluarga besar Teknik Sipil dan Perencanaan khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Palembang, 27 Oktober 2022



Penulis

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh. Bismillahirrahmanirrahiim, atas berkah dan rahmat dari Allah SWT serta ridho kedua orang tua, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan harapan dan niat yang tulus untuk membanggakan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, dan menjadi bagian dari kemajuan dunia Teknik Sipil.

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk orang tercinta dan tersayang atas bantuan dan kasihnya yang berlimpah.

### **Teristimewa Aba dan Bunda tercinta**

Kupersembahkan Tugas Akhir ini sebagai salah satu bukti hasil bahagia dari kerja keras dan ikhlas kalian dalam mendidik dan mendukung saya untuk menempuh pendidikan dengan turut menebarkan hal-hal terpuji (kebaikan, ketulusan, keikhlasan, kejujuran, keadilan dan rendah hati) sebagai bekal memasuki dunia sesungguhnya yang tak lagi sepenuhnya bersih dan adil. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan, semoga Aba dan Bunda diberi kasih sayang berlimpah dari Allah SWT. Aamiin.

### **Untuk yang Kuhormati dan yang Kubanggakan Tim Penelitian**

Tim hebat dibalik kesuksesan penelitian ini, serta dedikasi yang tinggi dalam dunia Pendidikan, Ibu Citra Indriyati, berkat usaha yang tulus dan ikhlas dari ibu dalam membimbing saya untuk tidak pernah menyerah, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Teman penelitian saya, Rivanto dan Arsyah yang bersama-sama kita susah dan senang, sedih dan bahagia, teman diskusi yang tak pernah saling mengalah hingga dapat satu kesimpulan bersama. Terima kasih atas bantuan dari Ibu Citra dan teman-teman, semoga kita selalu kompak walau sudah tidak di tempat yang sama, Insya Allah perjuangan kita diberkahi oleh Allah SWT

### **Untuk Tim Benul, IMMS dan Tia Apriani**

Kupersembahkan karya yang diselengi haha hihi ini kepada teman-teman yang mengiringi bahagia dan sedih saya selama menjalani perkuliahan dan organisasi.

Tidak terasa pertemanan telah berjalan lama, tawa dan canda bersama di universitas pada akhirnya akan berujung pada wisuda. Semoga tawa kita tak pernah canggung jika sudah tak bersama. Semoga cerita kita tak pernah kaku jika sudah tak lama bersua. Teman-teman benul (Widi Azmi, Tia Apriani, Nur Hafidzah Deviyana, dan Tri Julieta Putri) yang sama-sama sambil berorganisasi, tak lupa pula menuntut ilmu, sedih, senang, susah dan pahitnya belajar menjadi seorang pemimpin sudah pernah dirasakan bersama. Teman-teman IMMS (Boys kelas B) yang hampir setiap hari bertugas dan main gim di manapun tak kenal waktu dan tempat yang selalu mengisi masa perkuliahan menjadi lebih indah, rasa lelah menulis laporan menjadi tak terlalu lelah karena diselengi tawa terbahak bersama. Terkhusus pula Tia Apriani yang menjadi *support system* secara *personally*, menjadi penasihat, pendengar, dan seseorang yang hebat. Terima kasih untuk kalian semua. Semoga kita semua menjadi orang yang sukses di bidangnya masing-masing. Sukses tidak selalu tentang harta, apapun hal baik adalah sebuah kesuksesan jika dilakukan dengan cara yang baik (halal). Aamiin.

*-Hidup adalah tentang dunia dan akhirat, perbanyaklah menebar kebaikan di dunia agar kita semua berada dalam lindungan Allah SWT. Seperti filosofi padi, semakin berisi maka ia akan semakin merunduk. Jika kita semakin memiliki ilmu yang tinggi, maka kita akan lebih merunduk dan bersujud kepada Allah SWT, menebarkan hal-hal yang bermanfaat bagi umat. Ilmu yang bertambah adalah tanda kalian bertambah beriman dan bermanfaat, serta dapat lebih adil/bijak, bukannya bertambah kesombongan dan keangkuhan-*

*-Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang bertakwa dan orang-orang yang berbuat kebaikan (QS. AN-Nahl: 128)-*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
RINGKASAN .....	xv
SUMMARY .....	xvi
PERNYATAAN INTEGRITAS .....	xvii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xviii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	xix
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xx
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. <i>Green Concrete</i> .....	5
2.1.1. Definisi <i>Green Concrete</i> .....	5
2.1.2. Pemanfaatan Limbah Untuk <i>Green Concrete</i> .....	6
2.1.3. Hambatan <i>Green Concrete</i> .....	7
2.2. <i>Green Building</i> .....	9
2.3. <i>Green Material</i> .....	10
2.4. Beton Secara Umum .....	11

2.4.1. Definisi Beton.....	11
2.4.2. Kekurangan dan Kelebihan Beton.....	11
2.4.3. Berat Volume Beton .....	12
2.4.4. Kuat Tekan Beton.....	13
2.4.5. Penyerapan Air .....	13
2.5. Material Penyusun <i>Green Concrete</i> .....	14
2.5.1. <i>Binder</i> .....	14
2.5.2. Agregat Kasar .....	18
2.5.3. Agregat Halus Dari Limbah .....	18
2.5.4. Air.....	20
2.6. Energi.....	20
2.7. Emisi .....	22
2.8. Penelitian Terdahulu .....	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1. Tahapan Penelitian.....	29
3.2. Studi Literatur .....	31
3.3. Material Penyusun .....	32
3.4. Peralatan.....	35
3.5. Tahapan Pengujian.....	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus .....	52
4.1.1. Kadar Air .....	52
4.1.2. Berat Volume.....	52
4.1.3. Berat Jenis dan Penyerapan .....	53
4.1.4. Modulus Kehausan .....	53
4.1.5. Kadar Lumpur .....	54
4.1.6. Zat Organik.....	54
4.2. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar .....	55
4.2.1. Kadar Air .....	55
4.2.2. Berat Volume.....	55



4.2.3. Berat Jenis dan Penyerapan .....	55
4.2.4. Modulus Kehalusan .....	56
4.3. Hasil Pengujian Karakteristik <i>Brick and Concrete Debris</i> .....	57
4.3.1. Kadar Air .....	58
4.3.2. Berat Volume.....	58
4.3.3. Berat Jenis dan Penyerapan .....	58
4.3.4. Modulus Kehalusan .....	59
4.3.5. Kadar Lumpur .....	60
4.3.6. Zat Organik.....	60
4.4. Hasil Pemeriksaan <i>Fly Ash</i> .....	60
4.4.1. <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	61
4.4.2. <i>X-Ray Diffraction</i> .....	61
4.4.3. <i>X-Ray Fluorescence</i> .....	63
4.5. Hasil Pemeriksaan <i>Waste Glass Powder</i> .....	63
4.5.1. <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	64
4.5.2. <i>X-Ray Diffraction</i> .....	65
4.5.3. <i>X-Ray Fluorescence</i> .....	66
4.6. Hasil Pemeriksaan <i>Brick and Concrete Debris</i> .....	67
4.6.1. <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	67
4.6.2. <i>X-Ray Diffraction</i> .....	68
4.7. Pengujian <i>Slump</i> .....	69
4.8. Penimbangan Berat Beton Normal dan <i>Green Concrete</i> .....	70
4.9. Berat Jenis Beton Normal dan <i>Green Concrete</i> .....	71
4.10. Pengujian Penyerapan Air .....	72
4.11. Pengujian Kuat Tekan Beton Normal dan <i>Green Concrete</i> .....	73
4.12. Perbandingan Harga.....	75
4.13. Perbandingan Kebutuhan Energi .....	76
4.14. Perbandingan Pengeluaran Emisi .....	82
4.15. Pembahasan .....	88
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	93
5.1. Kesimpulan .....	93

5.2. Saran ..... 94

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Siklus penggunaan beton/beton bertulang .....	9
2.2. <i>Brick and concrete debris</i> .....	19
2.3. Perbandingan kuat tekan beton normal dan <i>green concrete</i> .....	23
2.4. Hasil pengujian SEM (a) semen, (b) <i>waste glass powder</i> , (c) <i>fly ash</i> , (d) <i>silica fume</i> .....	24
2.5. Hasil uji kuat tekan .....	26
2.6. Grafik hasil uji kuat tekan .....	27
3.1. Tahap penelitian.....	31
3.2. <i>Fly ash</i> .....	32
3.3. <i>Waste glass powder</i> .....	33
3.4. Air .....	33
3.5. <i>Brick and concrete debris</i> .....	34
3.6. Semen.....	34
3.7. Agregat halus .....	35
3.8. Agregat kasar .....	35
3.9. Timbangan (a) timbangan dengan kapasitas 50 kg, (b) timbangan dengan kapasitas 5 kg.....	36
3.10. Saringan agregat.....	36
3.11. Gelas ukur .....	37
3.12. <i>Mixer</i> .....	37
3.13. <i>Slump cone</i> .....	38
3.14. Bekisting .....	38
3.15. <i>Compression testing machine</i> .....	39
3.16. Hasil saringan <i>waste glass powder</i> .....	40
3.17. Proses material <i>brick and concrete debris</i> dapat digunakan menjadi bahan penyusun <i>green concrete</i> (a) pengambilan bongkahan, (b) penghalusan bongkahan, (c) hasil saringan.....	41
3.18. Pembersihan agregat kasar (a) mencuci agregat kasar dengan air bersih, (b) mengeringkan agregat kasar .....	42

3.19. Pengujian <i>slump cone</i> .....	47
3.20. Pembuatan benda uji .....	48
3.21. <i>Curing</i> benda uji.....	49
3.22. Penimbangan berat benda uji .....	49
3.23. Pengujian penyerapan air .....	50
3. 24. Pengujian kuat tekan .....	51
4.1. Kurva analisis saringan agregat halus .....	54
4.2. Kurva analisis saringan agregat kasar .....	57
4.3. Kurva analisis saringan agregat halus .....	60
4.4. Hasil pengujian SEM material <i>fly ash</i> .....	61
4.5. Hasil pemeriksaan XRD material <i>fly ash</i> .....	62
4.6. Hasil pengujian SEM material <i>waste glass powder</i> .....	64
4.7. Hasil pengujian XRD material <i>waste glass powder</i> .....	66
4.8. Hasil pengujian SEM material <i>brick and concrete debris</i> .....	67
4.9. Hasil pengujian XRD material <i>brick and concrete debris</i> .....	69
4.10. Hasil penimbangan berat benda uji .....	71
4.11. Hasil pengujian penyerapan air .....	73
4.12. Hasil Pengujian kuat tekan.....	74
4.13. Perbandingan pengeluaran energi .....	82
4.14. Perbandingan pengeluaran emisi.....	88

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1. Berat jenis beton.....	13
2.2. Gas utama penyusun atmosfer .....	22
3.1. Jenis dan syarat yang diizinkan dalam uji karakteristik agregat halus .....	43
3.2. Jenis dan syarat yang diizinkan dalam uji karakteristik agregat kasar.....	43
3.3. Komposisi campuran beton normal .....	46
3.4. Komposisi campuran <i>green concrete</i> .....	46
3.5. Benda uji yang dibuat untuk setiap umur.....	48
4.1. Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik agregat halus .....	52
4.2. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.....	53
4.3. Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik agregat kasar .....	55
4.4. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.....	56
4.5. Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik agregat halus ( <i>Brick and concrete debris</i> ) .....	57
4.6. Hasil penggunaan berat jenis dan penyerapan agregat halus ( <i>Brick and concrete debris</i> ).....	59
4.7. Hasil pengujian XRF material <i>fly ash</i> .....	63
4.8. Hasil pengujian XRF material <i>waste glass powder</i> .....	66
4.9. Hasil pengujian <i>slump</i> .....	69
4.10. Hasil pengujian berat benda uji beton semua variasi .....	70
4.11. Berat jenis beton normal dan <i>green concrete</i> .....	71
4.12. Hasil pengujian penyerapan air beton normal dan <i>green concrete</i> .....	73
4.13. Hasil pengujian kuat tekan beton normal dan <i>green concrete</i> .....	74
4.14. Perbandingan harga dalam 1m <sup>3</sup> .....	75
4.15. Perbandingan kebutuhan energi dalam 1m <sup>3</sup> .....	77
4.16. Perbandingan pengeluaran emisi dalam 1m <sup>3</sup> .....	83
4.17. Syarat fisik dan mekanik bata beton .....	91

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Prosedur perhitungan desain komposisi campuran beton normal .....	102
2. Prosedur perhitungan desain komposisi campuran <i>green concrete</i> variasi FWB1 .....	105
3. Prosedur perhitungan desain komposisi campuran <i>green concrete</i> variasi FWB2 .....	108
4. Prosedur perhitungan desain komposisi campuran <i>green concrete</i> variasi FWB3 .....	111
5. Prosedur perhitungan desain komposisi campuran <i>green concrete</i> variasi FWB4 .....	114
6. Rekapitulasi data dan perhitungan pengujian karakteristik agregat halus, agregat kasar, dan agregat halus <i>brick and concrete debris</i> .....	117
7. Pengujian SEM <i>fly ash</i> .....	125
8. Pengujian XRD <i>fly ash</i> .....	126
9. Pengujian SEM <i>waste glass powder</i> .....	128
10. Pengujian XRD <i>waste glass powder</i> .....	129
11. Pengujian SEM <i>brick and concrete debris</i> .....	131
12. Pengujian XRD <i>brick and concrete debris</i> .....	132
13. Pengujian XRF <i>fly ash, waste glass powder, dan brick and concrete debris</i> .....	134
14. Rincian biaya produksi <i>green concrete</i> .....	136
15. Dokumentasi penelitian .....	137
16. Lembar Asistensi .....	139
17. Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir .....	140
18. Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir.....	141
19. Berita Acara .....	142

## RINGKASAN

### ANALISIS *GREEN CONCRETE* SEBAGAI MATERIAL BANGUNAN YANG BERKELANJUTAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, September 2022

Ahmad Dimas Ghifari, dibimbing oleh Citra Indriyati S.T., M.T.

Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

xx + 101 halaman + 44 gambar + 24 tabel + 19 lampiran

*Green concrete* adalah beton yang memanfaatkan penggunaan bahan limbah atau daur ulang setidaknya sebagai salah komponennya, atau saat proses produksinya tidak menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan dan keberlanjutan siklus hidup. Sehingga dapat diartikan bahwa *green concrete* merupakan beton yang ramah lingkungan. Pada penelitian ini diambil studi kasus pembuatan beton dengan memanfaatkan limbah *fly ash*, dan *waste glass powder* sebagai substitusi 80% dari material semen, serta *brick and concrete debris* sebagai substitusi dari agregat halus dalam pembuatan *green concrete* yang akan dibuat dalam empat variasi dengan komposisi (OPC:FA:WGP) yaitu, FWB1 (20%:80%:0%), FWB2 (20%:60%:20%), FWB3 (20%:40%:40%), dan FWB4 (20%:20%:60%). Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa kuat tekan paling tinggi terdapat pada variasi FWB1 dengan 4,948 MPa, sedangkan FWB2 memiliki nilai kuat tekan 4,443 MPa, FWB3 dengan 3,674 MPa, FWB4 dengan 3,407 MPa. Sehingga, jika diaplikasikan dalam bangunan, *green concrete* pada penelitian ini dapat diaplikasikan sebagai bata beton pada pasangan dinding. Jika dibandingkan dengan material dengan fungsi yang sama seperti batu bata dan batako, dilihat dari segi harga maka dapat diurutkan di mana batu bata memiliki harga paling murah, lalu FWB1, batako, FWB2, FWB3, dan FWB4 menjadi material yang harganya paling mahal. Jika dilihat dari segi kebutuhan energi maka dapat diurutkan di mana FWB4 merupakan material yang membutuhkan energi paling sedikit, lalu FWB3, FWB2, FWB1, batako, dan batu bata menjadi material yang membutuhkan energi paling besar. Jika dilihat dari segi pengeluaran emisi maka dapat diurutkan di mana batako merupakan material yang mengeluarkan emisi paling rendah, lalu FWB4, FWB3, FWB2, FWB1, dan batu bata menjadi material yang mengeluarkan emisi paling tinggi.

**Kata Kunci:** *Green concrete, fly ash, waste glass powder, brick and concrete debris*

## SUMMARY

### ANALYSIS OF GREEN CONCRETE AS A SUSTAINABLE BUILDING MATERIAL

Scientific writing in the form of Thesis, September 2022

Ahmad Dimas Ghifari, supervised by Citra Indriyati S.T., M.T.

Civil Engineering and Design Department, Faculty of Engineering, Sriwijaya University.

xx + 101 pages + 44 pictures + 24 tables + 19 attachments

Green concrete is concrete that utilizes the use of waste or recycled materials at least as one of its components, or when the production process does not cause damage to the environment and the sustainability of the life cycle. So that it can be interpreted that green concrete is environmentally friendly concrete. In this study, a case study was taken of making concrete by utilizing fly ash, and waste glass powder as a substitute for 80% of cement material, as well as brick and concrete debris as a substitute for fine aggregate in the manufacture of green concrete which will be made in four variations with the composition (OPC:FA:WGP) namely, FWB1 (20%:80%:0%), FWB2 (20%:60%:20%), FWB3 (20%:40%:40%), and FWB4 (20%:20 %:60%). Based on the results of the study, it was found that the highest compressive strength was found in the FWB1 variation with 4.948 MPa, while FWB2 had a compressive strength value of 4.443 MPa, FWB3 with 3.674 MPa, FWB4 with 3.407 MPa. So, if applied in buildings, green concrete in this study can be applied as concrete bricks on wall pairs. When compared to materials with the same function as bricks and concrete bricks, in terms of price, it can be ranked where brick has the cheapest price, then FWB1, concrete brick, FWB2, FWB3, and FWB4 are the most expensive materials. In terms of energy requirements, it can be ranked where FWB4 is the material that requires the least energy, then FWB3, FWB2, FWB1, concrete brick, and bricks are the materials that require the most energy. In terms of emission expenditures, it can be ranked where concrete brick is the material that emits the lowest emissions, then FWB4, FWB3, FWB2, FWB1, and bricks are the materials that emit the highest emissions.

**Keywords:** *Green concrete, fly ash, waste glass powder, brick and concrete debris*



## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AHMAD DIMAS GHIFARI

NIM : 03011381823120

Judul : ANALISIS *GREEN CONCRETE* SEBAGAI MATERIAL BANGUNAN  
YANG BERKELANJUTAN

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapa pun.

Palembang, 27 September 2022



*Ahmad*

Ahmad Dimas Ghifari

NIM. 03011381823120



## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul "ANALISIS *GREEN CONCRETE* SEBAGAI MATERIAL BANGUNAN YANG BERKELANJUTAN" yang disusun Ahmad Dimas Ghifari, NIM. 03011381823120 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 September 2022.

Palembang, 22 September 2022

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Dosen Pembimbing:

1. Citra Indriyati, S.T., M.T.  
NIP. 198101142009032004

(  )

Dosen Penguji:

2. Dr. Ir. H. Maulid M. Iqbal, M.S.  
NIP. 196009091988111001



Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan Teknik Sipil  
dan Perencanaan

  
Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., IPU.  
NIP. 196706151995121002

  
Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.  
NIP. 197610312002122001

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AHMAD DIMAS GHIFARI

NIM : 03011381823120

Judul : ANALISIS *GREEN CONCRETE* SEBAGAI MATERIAL BANGUNAN  
YANG BERKELANJUTAN

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapa pun.

Palembang, 22 September 2022



Ahmad Dimas Ghifari

NIM. 03011381823120

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Ahmad Dimas Ghifari  
Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 8 Maret 2001  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Status : Belum Menikah  
Agama : Islam  
Warga Negara : Indonesia  
Nomor HP : 081366980657  
E-mail : ghiifarii@gmail.com  
Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD PATRA MANDIRI 2 PLAJU	-	-	SD	2006-2012
SMP Negeri 16 Palembang	-	-	SMP	2012-2015
SMA Negeri 4 Palembang	-	IPA	SMA	2015-2018
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2018-2022

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



**Ahmad Dimas Ghifari**

**NIM. 03011381823120**

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Saat ini, isu *global warming* adalah suatu permasalahan yang ramai diperbincangkan oleh masyarakat di seluruh dunia. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, tentang meningkatnya emisi gas metana, *chlorofluorocarbon* (CFC) dan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer bumi yang nantinya sangat berdampak terhadap rusaknya lapisan ozon (BPO). Salah satu inovasi dalam mengurangi dampak dari masalah *global warming* adalah dengan melakukan konservasi energi, termasuk pula dalam sektor bangunan (Syahriyah, 2017). Menurut (Berge et al., 2009), sektor industri bangunan adalah sektor yang mengonsumsi sumber daya alam terbesar kedua di dunia setelah sektor industri makanan. *Green building* adalah konsep yang dapat ditawarkan dalam mendukung upaya pembangunan yang rendah karbon. Salah satu aspek yang ditinjau adalah pemanfaatan material, pemilihan material yang tepat dengan konsep *green material* atau material yang ramah lingkungan untuk dimanfaatkan salah satunya menjadi *green concrete*. Menurut (Suhendro, 2014), *green concrete* adalah beton yang memanfaatkan penggunaan bahan limbah atau daur ulang setidaknya sebagai salah satu komponennya, atau saat proses produksinya tidak menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan dan keberlanjutan siklus hidup. Sehingga dapat diartikan bahwa *green concrete* merupakan beton yang ramah lingkungan.

Indonesia sedang mengalami penumpukan limbah hasil dari industri ataupun masyarakat yang tidak dikelola dengan baik, contohnya adalah *fly ash*, puing kaca, dan *brick and concrete debris*. Menurut (Umah, 2021) pada tahun 2021 diprediksi limbah batu bara atau *fly ash* dihasilkan mencapai 11 juta ton. Sementara itu berdasarkan data (Badan Litbang, 2018) 12,7 % sampah di Indonesia merupakan puing kaca. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa masih banyak limbah di Indonesia yang jika nantinya tidak diolah dengan baik akan menjadikan limbah tersebut jumlahnya tidak terkendali. Perlu adanya sebuah langkah besar untuk pemanfaatan pengelolaan limbah tersebut khususnya limbah *fly ash*, puing kaca, dan *brick and concrete debris*, salah satunya adalah dengan memanfaatkan

limbah tersebut sebagai bahan campuran pembuatan beton yang akan semakin banyak digunakan dalam proyek pembangunan seperti yang diungkapkan oleh Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian PUPR, Danis H. yang menyatakan beton masih menjadi material konstruksi utama karena material ini memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan material konstruksi lain (Arimbi Ramadhiani, 2017). Pembuatan beton turut andil dalam menjawab tantangan tersebut dan semakin berkembang salah satunya dengan *green concrete*.

Indonesia sebagai negara berkembang sedang giat melakukan pembangunan infrastruktur untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Indonesia memiliki empat bidang yang dijadikan target infrastruktur pada tahun 2023, di bidang sumber daya air pemerintah menargetkan untuk membangun 23 bendungan, pembangunan 6.900 ha irigasi, pembangunan rehabilitasi dan peningkatan 98.700 ha irigasi, dan lainnya. Pada bidang jalan dan jembatan direncanakan pembangunan peningkatan konektivitas jalan bebas hambatan sepanjang 15 km, pembangunan jalan nasional sepanjang 303,6 km, pembangunan dan duplikasi jembatan sepanjang 6,5 km, peningkatan aksesibilitas *flyover/underpass/terowongan* sepanjang 1.100 meter, jembatan nasional sepanjang 510 km, dan lainnya. Untuk bidang permukiman direncanakan pembangunan dan peningkatan SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum) dengan kapasitas 2.105 liter/detik, sistem pengelolaan air limbah domestik dengan layanan 23.656 kepala keluarga, dan lainnya. Untuk di bidang perumahan direncanakan pembangunan 3.244 unit rumah susun, 2.484 unit rumah khusus, 27.825 unit PSU (Prasarana, Sarana, dan Utilitas) dan 103.000 unit bantuan rumah swadaya (Yul, 2022). Adanya berbagai target pembangunan fisik infrastruktur oleh pemerintah, dukungan pasokan material konstruksi juga dibutuhkan dalam volume besar, salah satunya beton.

Pada penelitian ini diambil studi kasus penelitian pembuatan beton dengan memanfaatkan limbah *fly ash*, *waste glass powder*, dan *brick and concrete debris* sebagai bahan yang akan digunakan dalam pembuatan material beton. Banyak peneliti yang telah melakukan penelitian mengenai *green concrete* dengan material tersebut, contohnya adalah Sarah Khan yang pada tahun 2018 melakukan penelitiannya dengan kesimpulan bahwa *green concrete* adalah beton yang inovatif dan menjanjikan serta dapat menggantikan beton normal sebagai material

bangunan, serta *green concrete* juga menjanjikan biaya pembuatan yang cukup lebih murah. Selain itu, terdapat juga contoh penelitian yang dilakukan Sadiqul Islam mengenai substitusi semen sebagai campuran beton yang berkelanjutan menggunakan material *glass powder* yang menyimpulkan bahwa penambahan kaca dapat mengurangi biaya produksi semen hingga 14%. Selain itu, produksi setiap enam ton beton bubuk kaca menghasilkan pengurangan setiap ton emisi CO<sub>2</sub> dari produksi semen dan menyelamatkan lingkungan secara signifikan dengan mengurangi gas rumah kaca dan produksi partikulat. Berdasarkan referensi penelitian yang telah dijelaskan, peneliti turut serta mengembangkan hasil penelitian *green concrete* tersebut.

*Green concrete* dapat menjadi salah satu solusi dalam pemanfaatan limbah sebagai bahan dasar material pembuatan beton di masa depan, karena menggunakan bahan yang didaur ulang dari limbah untuk menciptakan terkontrolnya limbah dan mengurangi emisi gas rumah kaca di Indonesia, khususnya Kota Palembang. *Green concrete* ini diharapkan nantinya dapat diaplikasikan pada pembangunan di kawasan Kota Palembang, serta dapat memelopori penggunaan *green concrete* secara massal di Indonesia.

## **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana kuat tekan beton normal dan *green concrete*?
2. Bagaimana kuat tekan dari setiap variasi *green concrete*?
3. Bagaimana pengaplikasian *green concrete* untuk dimanfaatkan pada bangunan?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis kuat tekan beton normal dan *green concrete*.
2. Menganalisis kuat tekan dari setiap variasi *green concrete*.
3. Menguraikan aplikasi *green concrete* untuk dimanfaatkan pada bangunan.

#### 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

1. Semen yang digunakan adalah semen *Ordinary Portland Cement* (OPC) tipe I.
2. Limbah batu bara *fly ash* yang digunakan merupakan kelas F.
3. *Waste glass powder* yang digunakan adalah yang sudah lolos saringan no.200.
4. Perencanaan campuran beton normal menggunakan standar SNI 03-2834-2000.
5. Perencanaan campuran *green concrete* menggunakan acuan standar SNI 03-2834-2000 dan SNI 03-6468-2000.
6. Limbah yang digunakan sebagai bahan campuran *green concrete* adalah *fly ash* (FA), *waste glass powder* (WGP) yang berperan sebagai substitusi semen, dan *brick debris* yang berperan sebagai substitusi agregat halus.
7. Variasi komposisi yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari empat variasi *green concrete* dengan perbandingan persentase OPC:FA:WGP (20:80:0, 20:60:20, 20:40:40, 20:20:60) dan satu variasi beton normal.
8. Metode perawatan (*curing*) yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan karung goni.
9. Waktu perawatan (*curing*) yang dipakai adalah 7, 14, 21, dan 28 hari.



## DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. (2002). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*. American Concrete Institute.
- Apriliyanti, S. M., & Wahyudi, A. (2020). Analisis Perhitungan Harga Pokok Produksi Dengan Metode Activity Based Costing (ABC) Dan Penentuan Harga Jual Pada Industri Beton & Paving Blok Maris Gama. *Journal of Accounting, Finance and Auditing*, 2(2), 94–107.
- Arimbi Ramadhiani. (2017, September). Beton Masih Jadi Material Utama Konstruksi. *Kompas.Com*.  
<https://properti.kompas.com/read/2017/09/13/100044021/beton-masih-jadi-material-utama-konstruksi>
- Badan Litbang. (2018). *24 Persen Sampah di Indonesia Masih Tak Terkelola*. Badan Litbang. <http://litbang.kemendagri.go.id/website/riset-24-persen-sampah-di-indonesia-masih-tak-terkelola/>
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Jumlah Penduduk Hasil Proyeksi Menurut Provinsi dan Jenis Kelamin (Ribuan Jiwa), 2018-2020*. Badan Pusat Statistik.  
<https://www.bps.go.id/indicator/12/1886/1/jumlah-penduduk-hasil-proyeksi-menurut-provinsi-dan-jenis-kelamin.html>
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI 03-6414-2002: Spesifikasi Timbangan yang Digunakan pada Pengujian Bahan*. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Berge, B., Butters, C., & Henley, F. (2009). *The Ecology of Building Materials*. Architectural Press.  
<https://www.sciencedirect.com/book/9781856175371/the-ecology-of-building-materials#book-description>
- Bossink, B., & Brouwers, H. J. H. (n.d.). Construction waste: quantification and source evaluation', *Journal of Construction Engineering and Management*, *Journal of Construction Engineering and Management*, 122, 55–60.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1996\)122:1\(55\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1996)122:1(55))

- Budiwan, I., Fauzi, A., & Falatehan, A. F. (2020). Analisis Pengaruh Konsumsi Energi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi dan Emisi Karbon Dioksida di Indonesia [Intitut Pertanian Bogor]. In *Environmental Economics*.  
<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/102933>
- Chatziaras, N., Psomopoulos, C. S., & Themelis, N. J. (2014). Use of alternative fuels in the Polish cement industry. *12th International Conference on Protection and Restoration of the Environment*.  
[https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(02\)00136-8](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(02)00136-8)
- Dyer, T., & Dhir, R. (2001). No Title. *Journal of Materials in Civil Engineer*, 31(6), 412–417. [https://doi.org/doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2001\)13:6\(412\)](https://doi.org/doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2001)13:6(412))
- Elaqra, H. A., Ibrahim H. Elmasry, Tabasi, A. M., Alwan, M. D., Shamia, H. N., & Elnashar, M. I. (2021). Effect of water-to-cement ratio and soaking time of waste glass powder on the behaviour of green concrete. *Construction and Building Materials*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124285>
- Energy and Environmental Research Center. (2016). *What is CO2*. University of North Dakota Energy & Environmental Research Center.
- Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (1963). *The Feynman Lectures on Physics, Vol. I*. Basic Books, 2015.
- Gyawali, T. R. (2021). Re-use of concrete/brick debris emerged from big earthquake in recycled concrete with zero residues. *Cleaner Waste Systems*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100007>
- Hanafiah, N. (2011). Pengaruh Penambahan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dengan Variasi 2%, 4%, 6% dan 8% terhadap Kuat Tekan dan Nilai Slump. *Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya*.
- Hardjito, D. (2001, October). Abu Terbang Solusi Pencemaran Semen. *Sinar Harapan*.
- Hopcroft, M. A., Nix, W. D., & Kenny, T. W. (2010). What is the Young's modulus of silicon? *Journal of Microelectromechanical Systems*, 19(2), 229–238. <https://doi.org/10.1109/JMEMS.2009.2039697>
- Hudoyo, R., Shanti, M. R. S., & Setiawan, A. (2013). Pengujian Pengaruh

Penambahan Material Pengotor Oli Bekas Jenuh Sebagai Identifikasi Kandungan Energi Pada Oli Murni. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains VIII*, 4(1), 281–287.

Ibrahim, S., & Meawad, A. (2021). Towards green concrete: Study the role of waste glass powder on cement/superplasticizer compatibility. *Journal of Building Engineering*.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103751>

Institute for Essential Services Reform. (2019). *Strategic Partership Green and Inclusive Energy Energi Kita*. IESR.

Islam, G. M. S., Rahman, M. H., & Kazi, N. (2016). Waste glass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice. *International Journal of Sustainable Built Environment*.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.10.005>

Kastanto, R. E. (2017). Pengaruh Penggunaan dan Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar Pertamina 92 Dan Peralite 90 Terhadap Kinerja Motor Bakar Honda Beat Injeksi. *Simki-Techsain*, 01(08), 0–11.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). Executive Summary RUPTL PT PLN 2018-2027. In *Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral* (Vol. 22). <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-ringkasan-ruptl-2018-2027.pdf>

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. Kementrian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>

Keoleian, G. A., Bulkley, J. W., Lepech, M., Kapur, A., Dettling, J., Held, B., Chan, A., Chandler, R. F., Zhang, H., Kendall, A., Li, V. C., Batterman, S. A., Robertson, R. E., & Arbuckle, P. W. (2003). *MUSES: Sustainable Concrete Infrastructure Materials and Systems: Developing an Integrated Life Cycle Design Framework*.

Khan, S., Maheshwari, N., Aglave, G., & Arora, R. (2019). Experimental design of green concrete and assessing its suitability as a sustainable building material. *Materials Today: Proceedings*, 26(xxxx), 1126–1130.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.225>

- Kim, J., & Rigdon, B. (1998). Qualities , Use , and Examples of Sustainable Building Materials. *National Pollution Prevention Center for Higher Education, December 1998*.  
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Qualities+,+Use+,+and+Examples+of+Sustainable+Building+Materials#1>
- Kumar, R., Kumar, D., & Hussain, S. (2017). GREEN CONCRETE. *International Journal of Innovative Research in Science and Engineering*, 3(04).
- Lutgens, F. K., & Tarbuck, E. J. (1998). *The atmosphere : an introduction to meteorology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- Mehta, P. K. (2002). *Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development*. 24(7), 23–28.
- Meyer, C. (2006). Concrete as a Green Building Material. *Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics*, 1(October), 10.
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Andi Offset.
- Nabawiyah, K., & Abtokhi, A. (2010). Penentuan Nilai Kalor Dengan Bahan Bakar Kayu Sesudah Pengarangan Serta Hubungannya Dengan Nilai Porositas Zat Padat. *Jurnal Neutrino*, 3(1).
- Naik, T. R. (2002). Greener Concrete Using Recycled Materials. *Concrete International*, 24(7), 45–49.
- Nurmala, R. (2019). Dampak Penambangan Pasir Terhadap Kondisi Lingkungan Di Sekitar Daerah Aliran Sungai Ci Wulan Desa Cikalong Kecamatan Cikalong Kabupaten Tasikmalaya. *Universitas Siliwangi*.
- Pane, F. P., & H. Tanudjaja, R. S. W. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3 No.5, 313–321.
- Pangaribuan, M. R., & Puspita, P. (2014). Pembuatan Batu Bata Merah Desa Panorama Dan Desa Dusun Besar. *Jurnal Pengabdian Sriwijaya*, 2(2), 197–208. <https://doi.org/10.37061/jps.v2i2.1696>
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 08 Tahun 2010 Tentang Kriteria Dan Sertifikasi Bangunan Ramah Lingkungan, (2010).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. (2021). *Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Presiden Republik Indonesia.

- Pereira-De-Oliveira, L. A., Castro-Gomes, J. P., & Santos, P. M. S. (2012). The potential pozzolanic activity of glass and red-clay ceramic waste as cement mortars components. *Construction and Building Materials*, *31*, 197–203.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.12.110>
- Pramonohadi, S. (2005). *Penghematan Energi Listrik Dan Pemanfaatan Energi Alternatif yang Terbarukan*. ugm.ac.id. <https://ugm.ac.id/id/berita/1057-konservasi-energi-dalam-penyediaan-energi-nasional>
- Pristiandaru, D. L. (2021, October). Energi Tak Terbarukan: Pengertian dan Macamnya. *Kompas.Com*.  
<https://internasional.kompas.com/read/2021/10/04/141032870/energi-tak-terbarukan-pengertian-dan-macamnya?page=all>
- Pusdatin ESDM. (2013). *Indonesia Energy Outlook*. Pusat Data Dan Teknologi Informasi Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- Raini, I., Jabrane, R., Mesrar, L., & Akdim, M. (2020). Evaluation of mortar properties by combining concrete and brick wastes as fine aggregate. *Case Studies in Construction Materials*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00434>
- Rajendran, R., Sathishkumar, A., Perumal, K., Pannirselvam, N., Lingeshwaran, N., & Madavarapu, S. B. (2021). An experiment on concrete replacing binding material as waste glass powder. *Materials Today: Proceedings*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.431>
- Ram, V. G., Kishore, K. C., & Kalidindi, S. N. (2020). Environmental benefits of construction and demolition debris recycling: Evidence from an Indian case study using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120258>
- Reddrop, & Alan. (1997). *Housing construction waste : a research study by the National Key Centre for Design at RMIT*. Australian Govt. Publishing Service.
- Rommel, E., Kurniawati, D., & Pradibta, A. P. (2014). Improvement of The Physical Properties and Reactivity of Fly Ash As Cementitious On Concrete. *Perbaikan Sifat Fisik Dan Reaktifitas Fly Ash Sebagai Cementitious Pada Beton*, *12*, 111–118.

- Sakale, R., Jain, S., & Singh, S. (2016). Experimental Investigation on Strength of Glass Powder Replacement by Cement in Concrete with Different Dosages. *IJSTE-International Journal of Science Technology & Engineering*, 2(8), 76–86. [www.ijste.org](http://www.ijste.org)
- Santoso, W. (2018). *EMISI GAS RUMAH KACA DI INDUSTRI SEMEN*.
- Satyarno, I. (2007). Recycling Procedure of Brick Masonry Wall Rubble. *Civil Engineering Department, Gadjah Mada University*, 4–11.
- Shi, C., Riefler, C., Wu, Y., & Wang, H. (2005). Characteristics and pozzolanic reactivity of glass powders. *Cement and Concrete Research*, 35(5), 987–993. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.05.015>
- Sudarmo, U. (2006). *Kimia Untuk SMA/MA Kelas X*. Phibeka Aneka Gama.
- Sudianto, D. (2011, January). Jenis Kaca dan Aplikasinya. *Kompasiana*.
- Suhendro, B. (2014). Toward green concrete for better sustainable environment. *Procedia Engineering*.
- Sulistyono, D. (2012). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga GAS Batubara di Kabupaten Sintang. *ELKHA*, 4(2).
- Suroso, E. (2020). Dampak Penambangan Pasir Laut. *Universitas Lampung*. [https://www.unila.ac.id/dampak-penambangan-pasir-laut/#:~:text=Beberapa dampak negatif yang nyata,3\) Semakin meningkatnya pencemaran pantai.](https://www.unila.ac.id/dampak-penambangan-pasir-laut/#:~:text=Beberapa dampak negatif yang nyata,3) Semakin meningkatnya pencemaran pantai.)
- Syahriyah, D. R. (2017). Penerapan Aspek Green Material Pada Kriteria Bangunan Rumah Lingkungan Di Indonesia. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*. <https://doi.org/https://doi.org/10.32315/jlbi.6.2.95>
- Taha, B., & Nounu, G. (2008). Using lithium nitrate and pozzolanic glass powder in concrete as ASR suppressors. *Cement and Concrete Composites*, 30(6), 497–505. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.08.010>
- Tjokroadimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Tjokroadimuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gajah Mada.
- U.S National Park Service. (1998, October). Garbage In, Garbage Out. *Audubon Magazine*.
- Umah, A. (2021). Bukan Limbah, Potensi FABA di Indonesia Capai 11 Juta Ton.

- CNBC Indonesia*. <https://www.cnbcindonesia.com/market/20210421154337-17-239670/bukan-limbah-potensi-faba-di-indonesia-capai-11-juta-ton>
- Walikota Palembang. (2022). *STANDAR HARGA SATUAN TAHUN 2022 DI LINGKUNGAN PEMERINTAH KOTA PALEMBANG*. Walikota Palembang.
- Wardani, S. (2008). Pemanfaatan Limbah Batu Bara ( Fly Ash ) Untuk Stabilitas Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Manggurangi Pencemaran Lingkungan. *Penguahan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 1–71.
- Wattanapornprom, R., & Stitmannathum, B. (2015). Comparison of Properties of Fresh and Hardened Concrete Containing Finely Ground Glass Powder, Fly Ash, or Silica Fume. *Engineering Journal*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.4186/ej.2015.19.3.35>
- Wilson. (2001). Euro-trash: searching Europe for a more sustainable approach to waste management. *Resources Conservation & Recycling*.
- Wuryati. (2001). *Teknologi Beton*. Kanisius.
- Yefrichan. (2013). *Nilai Kalori Bahan Bakar*.
- Yul. (2022, June). Percepat Penyelesaian Pembangunan Infrastruktur, Program Kerja Kementerian PUPR Tahun 2023 Fokus pada 5 Prioritas Utama. *Biro Komunikasi Publik Kementerian PUPR*. <https://pu.go.id/berita/percepat-penyelesaian-pembangunan-infrastruktur-program-kerja-kementerian-pupr-tahun-2023-fokus-pada-5-prioritas-utama>
- Zhang, S. P., & Zong, L. (2014). Evaluation of Relationship between Water Absorption and Durability of Concrete Materials. *Advances in Materials Science and Engineering, 2014*.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2014/650373>