

**ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON
RINGAN (LIGHTWEIGHT CONCRETE) MENGGUNAKAN
AGREGAT RINGAN**

SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Program Strata-1
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Tridinanti Palembang**



OLEH :

ANDI PRAWIJAYA

NPM : 1702210007

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Andi Prawijaya
NPM : 1702210007
Program Studi : Teknik Sipil
Program : Strata-1 (S1)
Judul Skripsi : ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR
BETON RINGAN (LIGHTWEIGHT CONCRETE)
MENGUNAKAN AGREGAT RINGAN

Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,


Ir. Indra Sahrul Fuad, M.T.
NIDN : 0225076101

Pembimbing II,


Ani Firda, S.T., M.T.
NIDN : 002011701


Menggetahui :

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Zulkarnain Fatoni, M.T., M.M.
NIDN : 0218126261

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Reni Andayani, S.T., M.T.
NIDN : 0003067801

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andi Prawijaya
NPM : 1702210007
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR
BETON RINGAN (LIGHTWEIGHT CONCRETE)
MENGUNAKAN AGREGAT RINGAN

1. Skripsi dengan judul yang tersebut diatas adalah murni hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah skripsi dan disebutkan sebagai bahan referensi serta dimasukkan dalam daftar pustaka.
2. Apabila dikemudian hari penulisan skripsi ini terbukti merupakan hasil plagiat atau jiplakan dari skripsi karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan serta bersedia menerima sanksi hukum berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang "Sistem Pendidikan Nasional" pasal 70 yang berbunyi : Lulusan yang karya ilmiah yang digunakan untuk mendapatkan gelar akademik profesi atau vokasi sebagaimana dimaksud dalam pasal 25 ayat 2 (dua) terbukti merupakan jiplakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 2 tahun / atau pidana denda paling banyak Rp 200.000.000,- (Dua ratus juta rupiah).

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Palembang, Oktober 2022



(Andi Prawijaya)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“ Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Keberuntungan adalah sesuatu dimana kesempatan bertemu dengan persiapan.”

Syukur alhamdulillah, lembar demi lembar skripsi ini dapat saya selesaikan dengan tidak lupa skripsi ini saya persembahkan untuk:

Amir Hamzah || Nuryana

Kedua orang tua yang tidak henti – hentinya memberikan segalanya, berkat doa dan dukungan dari mereka akhirnya anaknya ini dapat menyelesaikan pendidikan sampai ke jenjang perguruan tinggi.

Misna || Indah Permata

Kakak-kakak tercinta yang telah memberikan doa serta dukungan baik moral maupun materi, kalian sangatlah berarti.

Ir. Indra Syahrul Fuad, M.T. || Ani Firna, S.T., M.T.

Kedua dosen pembimbing yang telah sabar membimbingku hingga selesainya skripsi ini. Beserta seluruh dosen dan staf karyawan program studi Teknik sipil fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang yang telah memberikan motivasi dan ilmu pengetahuan untuk itu terimakasih.

Seluruh Sahabat & Teman Seperjuangan

Ardona, Budi, Dandy, Monica, Wahyu, Yusuf, Bendri, Handora, Dolly, Shay, Diki Dwi, Diki Af, Ikek, Tiara, sakti, Kristian, Indra Koyong, Redo, Fabian, Gilang.

Untuk Peny Sartika tercinta yang telah memberikan semangatnya dan dukungan dengan sepenuh hati sehingga laporan ini dapat diselesaikan.

ABSTRAK

Beton ringan (*lightweight concrete*) merupakan beton yang memiliki berat jenis lebih ringan dari beton normal. Hal ini menjadi salah satu kelebihan beton ringan, sehingga apabila diaplikasikan terhadap suatu bangunan dapat mengurangi berat sendiri. Secara signifikan berdampak pada perhitungan struktur yang lebih kecil sehingga dapat menekan biaya konstruksi. Berdasarkan uraian tersebut maka penulis melakukan penelitian untuk mengetahui berapa kuat tekan dan kuat lentur beton ringan menggunakan agregat ringan, serta biaya pembuatan beton ringan. Dari hasil penelitian dikatakan kuat tekan beton normal umur 28 hari sebesar 24,16 Mpa, lebih besar dari kuat tekan beton ringan menggunakan agregat ringan umur 28 hari sebesar 13,45Mpa mengalami penurunan 10,71 Mpa atau sekitar 45%. Pada umur 28 hari, kuat lentur beton normal didapat nilai 5,8 Mpa, Sedangkan beton ringan menggunakan agregat ringan umur 28 hari didapat nilai 8,44Mpa mengalami kenaikan 2,66 Mpa atau sekitar 46%. Harga pembuatan 1 m³ beton ringan $f_c' = 20$ Mpa campuran agregat buatan *fly ash* dan *epoxy* sebesar Rp38.727.341,- jauh lebih mahal dibanding pembuatan 1 m³ beton normal $f_c = 20$ Mpa seharga Rp2.111.262,- perbedaan harga pembuatan beton sebesar Rp36.616.079 atau sekitar 1734%.

Kata kunci : ACI,Beton Ringan (*lightweight concrete*),Fly ash dan Epoxy resin.

ABSTRACT

Lightweight concrete is concrete that has a specific gravity lighter than normal concrete. This is one of the advantages of lightweight concrete, so that when applied to a building it can reduce its own weight. Significantly impact on the calculation of a smaller structure so as to reduce construction costs. Based on this description, the authors conducted a study to determine the compressive strength and flexural strength of lightweight concrete using lightweight aggregates, as well as the cost of making lightweight concrete. From the results of the research, it is said that the normal compressive strength of 28 days old concrete is 24.16 Mpa, greater than the compressive strength of lightweight concrete using lightweight aggregates aged 28 days of 13.45 Mpa, experiencing a decrease of 10.71 Mpa or about 45%. At the age of 28 days, the flexural strength of normal concrete obtained a value of 5.8 Mpa, while lightweight concrete using lightweight aggregate aged 28 days obtained a value of 8.44 Mpa, an increase of 2.66 Mpa or about 46%. The price of making 1 m³ of lightweight concrete $f_c' = 20$ Mpa of aggregate mixture of fly ash and epoxy is Rp. 38,727,341, - much more expensive than making 1 m³ of normal concrete $f_c' = 20$ Mpa for Rp. 2,111,262, - the difference in the price of making concrete is Rp. 36. 616,079 or about 1734%.

Keywords: ACI, Lightweight Concrete, Fly ash and Epoxy resin.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul, “**ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON RINGAN (*LIGHTWEIGHT CONCRETE*) MENGGUNAKAN AGREGAT RINGAN**” dengan waktu yang telah ditentukan. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan Strata-1 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan dan semangat dari berbagai pihak, khususnya kepada Bapak Ir. Indra Syarul Fuad, M.T. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Ani Firda, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahannya.

Selain itu pada kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Yth. Ibu Dr. Ir. Hj. Nyimas Manisah, MP, selaku Rektor Universitas Tridinanti Palembang.
2. Yth. Bapak Ir. Zulkarnain Fatoni, M.T., M.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang.
3. Yth. Ibu Reni Andayani, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Tridinanti Palembang.
4. Yth. Seluruh dosen Teknik Sipil Universitas Tridinanti atas ilmu yang telah diberikan.
5. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan berupa do'a dan semangat hingga tersusunnya skripsi ini.
6. Teman-teman satu perjuangan Teknik Sipil Universitas Tridinanti Palembang yang

telah memberikan semangat dalam perjuangan menghadapi suka dan duka selama ini, serta pihak yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang.

Palembang, Oktober 2022

Andi Prawijaya

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pengetian Beton.....	6
2.2. Syarat-syarat Campuran Beton.....	6

2.3.	Sifat-sifat Beton	7
2.4.	Jenis-jenis Beton.....	8
2.5.	Material Penyusun Beton.....	9
2.5.1.	Semen Portland	10
2.5.2.	Agregat	10
2.5.3.	Air.....	13
2.6.	Abu Terbang (<i>fly ash</i>).....	14
2.7.	<i>Epoxy Resin</i>	14
2.8.	Deskripsi Beton Ringan	15
2.9.	Kuat Tekan Beton.....	16
2.10.	Kuat Tarik Lentur Beton.....	17
2.11.	Perhitungan Biaya Pekerjaan	18
2.12.	Penelitian Terdahulu	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2.	Diagram Alir Penelitian	23
3.3.	Alat dan Bahan	25
3.3.1.	Bahan.....	25
3.3.2.	Alat	27
3.4.	Pembuatan Agregat Ringan.....	35
3.5.	Pengujian Material.....	36
3.5.1.	Pengujian Material Agregat Halus	37

3.5.2. Pengujian Agregat Kasar	40
3.6. Desain Campuran Beton	44
3.7. Pengujian <i>Slump</i>	44
3.8. Pembuatan Benda Uji	45
3.9. Pengujian Kuat Tekan Beton.....	47
3.10. Kuat Lentur Beton	48
3.11. Perhitungan Biaya.....	49
3.12. Teknik Analisa Data	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
4.1. Deskripsi Penelitian	50
4.2. Hasil Pengujian Bahan Dasar	51
4.2.1. Hasil Pengujian Agregat Halus	51
4.2.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar (Split)	52
4.2.3. Hasil Pengujian Agregat Kasar (Buatan).....	53
4.3. Job Mix Formula (JMF) Beton.....	53
4.4. Hasil Uji Slump Test	56
4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	57
4.5.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	57
4.5.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Ringan	58
4.5.3. Perbandingan Kuat Tekan Beton Ringan Terhadap Beton Normal	60
4.6. Hasil Pengujian Lentur	61

4.7. Perhitungan Biaya Pembuatan Beton	62
4.7.1. Perhitungan Volume Pekerjaan.....	63
4.7.2. Daftar Harga Satuan Bahan, Sewa Alat, dan Upah.....	63
4.7.3. Analisis Harga Satuan Pekerjaan	64
4.7.4. Rencana Anggaran Biaya	65

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran	69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kelas dan Mutu Beton	9
Tabel 2.2. Batas Gradasi Agregat Halus	11
Tabel 2.3. Penelitian Terdahulu.....	19
Tabel 3.1. Ukuran Cetakan Benda Uji	29
Tabel 4.1. Rekap Hasil Pengujian Agregat Halus	51
Tabel 4.2. Rekap Hasil Pengujian Agregat Kasar (<i>Split</i>).....	52
Tabel 4.3. Rekap Hasil Pengujian Agregat Kasar Buatan (Campuran <i>Epoxy</i> dan <i>Fly ash</i>	53
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Slump Test.....	56
Tabel 4.5. Kuat Tekan Beton Normal.....	58
Tabel 4.6. Kuat Tekan Beton Ringan.....	58
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Kuat Lentur.....	61
Tabel 4.8. Volume Pekerjaan Beton	64
Tabel 4.9. Daftar Harga Satuan	64
Tabel 4.10. Daftar Harga Satuan Pekerjaan Bahan.....	65
Tabel 4.11. Daftar Harga Satuan Pekerjaan Sewa Alat	65
Tabel 4.12. Daftar Harga Satuan Pekerjaan Upah.....	65
Tabel 4.12. Analisis Biaya Pembuatan 1 m ³ Beton Normal $F_c' = 20$ Mpa.....	66
Tabel 4.13. Analisa Biaya Pembuatan 1 m ³ Beton Ringan (Campuran Agregat Ringan <i>Fly ash</i> dan <i>Epoxy</i>) $F_c' = 20$ Mpa.....	66
Tabel 4.14. Perbandingan Biaya Pembuatan 1 M ³ Beton Ringan Terhadap 1 M ³ Beton Normal	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Pengujian Kuat Tarik Lentur	17
Gambar 2.2. Diagram Momen (M) dan Gaya Lintang (L)	18
Gambar 3.1. Peta Lokasi Universitas Tridianti Palembang	22
Gambar 3.2. Diagram Alir Tahap Penelitian	23
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian Laboratorium	24
Gambar 3.4. Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)	26
Gambar 3.5. <i>Epoxy Resin</i>	26
Gambar 3.6. Ayakan Atau Saringan	28
Gambar 3.7. Bekisting Silinder	28
Gambar 3.8. Timbangan Gantung Digital	29
Gambar 3.9. Timbangan	30
Gambar 3.10. Oven	30
Gambar 3.11. Alat Slump	31
Gambar 3.12. Mesin Los Angeles	32
Gambar 3.13. Concrete Mixer	33
Gambar 3.14. Mesin Kuat Tekan dan Kuat Tarik	34
Gambar 3.15. Mixer	34
Gambar 3.16. Cetakan Trigang	35
Gambar 4.1. Slump Test Beton Normal	56
Gambar 4.2. Slump Test Beton Ringan	57
Gambar 4.3. Perbandingan Rata-rata Kuat Tekan Beton Ringan Terhadap	

	Beton Normal.....	60
Gambar 4.4.	Perbandingan Kuat Lentur Beton Ringan Terhadap Beton	
	Normal	62
Gambar 4.5.	Perbandingan Biaya Pembuatan 1 M ³ Beton Ringan Terhadap 1 M ³	
	Beton Normal.....	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring menyempitan lahan di Indonesia pembangunan infrastruktur sebagian besar memiliki design konstruksi vertikal keatas, dan umumnya beton digunakan sebagai bahan konstruksinya. Beton biasanya diaplikasikan pada pondasi, kolom, balok, plat lantai, gorong-gorong, bendung, dan bendungan. Secara umum, beton tersusun dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air serta dapat dicampurkan bahan tambah yang mampu meningkatkan kinerja dan mutu beton. Beton memiliki salah satu kelemahan yaitu berat sendiri yang besar sehingga diperlukan suatu rencana campuran beton dengan syarat tertentu untuk mendapatkan berat yang lebih ringan dari beton normal dengan mutu beton yang diinginkan. Salah satunya pada pembuatan beton ringan.

Beton ringan (*lightweight concrete*) merupakan beton yang memiliki berat jenis lebih ringan dari beton normal. Hal ini menjadi salah satu kelebihan beton ringan, sehingga apabila diaplikasikan terhadap suatu bangunan dapat mengurangi berat sendiri. Secara signifikan berdampak pada perhitungan struktur yang lebih kecil sehingga dapat menekan biaya konstruksi.

Abu terbang (*Fly Ash*) merupakan abu sisa pembakaran batubara yang berbutir halus dan mempunyai sifat pozzolanik. Di Indonesia tersedia cadangannya dalam jumlah yang cukup melimpah dan diperkirakan mencapai 38,9 miliar ton. *Fly ash* dalam jumlah yang cukup besar ini memerlukan

pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem. Salah satu penanganan lingkungan yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan limbah *fly ash* untuk keperluan bahan bangunan, diantaranya dengan memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan pengganti agregat kasar pada pembuatan beton ringan.

Fly ash yang merupakan limbah dari batubara dicampur dengan bahan kimia berupa *epoxy resin* dan *hardener* yang memiliki karakteristik kuat terhadap tekan dan lentur. *Epoxy resin* dan *hardener* ini berfungsi sebagai pengikat dan perekat *fly ash*, dan dengan perbandingan tertentu campuran *fly ash* dengan *epoxy resin* dan *hardener* ini yang akan dibuat sebagai agregat ringan pengganti agregat kasar (split).

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan dan kuat lentur *epoxy resin* dan limbah batubara (*fly ash*) sebagai pengganti agregat kasar.

1.2 Perumusan Masalah

Berkaitan dengan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, maka perumusan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Berapa perbandingan kuat tekan beton ringan menggunakan agregat ringan terhadap beton normal pada mutu beton rencana $f_c' = 20$?
2. Perbandingan kuat lentur beton ringan menggunakan agregat ringan terhadap beton normal mutu beton rencana $f_c' = 20$ mpa ?
3. Perbandingan biaya pekerjaan pembuatan beton ringan menggunakan

agregat ringan terhadap beton normal mutu beton rencana $f_c' = 20 \text{ Mpa}$?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak di capai dari penelitian ini, yaitu untuk :

1. Berapa perbandingan kuat tekan beton ringan menggunakan agregat ringan terhadap beton normal pada mutu beton rencana $f_c'=20 \text{ Mpa}$?
2. Perbandingan kuat lentur beton ringan menggunakan agregat ringan terhadap beton normal mutu beton rencana $f_c' = 20 \text{ Mpa}$?
3. Mengetahui RAB pembuatan beton ringan menggunakan agregat ringan terhadap beton normal mutu beton rencana $f_c' = 20 \text{ Mpa}$?

1.4. Manfaat Penelitian

Penyusunan penelitian ini diharapkan nantinya akan memberikan manfaat bagi semua pihak. Adapun manfaat yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Dapat menjadikan limbah *fly ash* yang sebelumnya tidak berguna menjadi lebih bermanfaat dengan menjaikan agregat ringan buatan campuran beton ringan.
2. Dapat menjadi alternatif penggunaan material baru dalam pembuatan beton ringan yaitu sebagai pengganti agregat.

1.5 Batasan Masalah

Menghindari melebarnya pembahasan, penelitian ini dibatasi pada masalah

masalah berikut :

1. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur menggunakan campuran *fly ash*, *epoxy resin* dengan komposisi 70% : 30%.
2. *Epoxy Resin* yang digunakan sebagai bahan pembuat agregat mempunyai jenis epoxy dengan viskositas rendah.
3. Cetakan benda uji kuat tekan beton berbentuk silinder beton dengan ukuran \varnothing 15cm tinggi 30cm.
4. Semen yang digunakan adalah semen *Portland Composite Cement* (PCC) dengan merk Semen Baturaja Tipe I.
5. Pasir yang digunakan adalah pasir tanjung raja (OKI)
6. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari, sedangkan kuat lentur beton dilakukan pada umur 28 hari saja.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir terbagi dalam beberapa bab dengan perincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi gambaran umum dari penelitian yang memuat latar belakang, perumusan masalah, maksud dan tujuan, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan mengulas mengenai beberapa teori tentang beton, material

pembentuk beton, faktor yang mempengaruhi kuat tekan dan kuat tarik beton ringan, sifat bahan, definisi bahan tambah, abu terbang (*Fly ash*), epoxy dan resin serta jenis-jenis bahan tambah dan kegunaannya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menguraikan mengenai uraian umum, tata cara dan langkah-langkah pelaksanaan serta pengujian material, pemeriksaan adukan beton, pembuatan benda uji, perawatan beton (*curing*), dan uji kuat tekan.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN

Bab ini menyajikan mengenai analisis data hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel, gambar, dan grafik.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat mengenai kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan saran yang berguna untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI, Committee 211, *Standard Practice for Selecting Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*, ACI 211.1-91 (Reapproved 2002), American Concrete Institute, DE Dixon, 2002.
- ACI, Committee 211, *Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete*, ACI 211.2-98 (Reapproved 2004), American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 2004.
- Ahmad Dudy (2021). Analisa Kuat Tekan Beton Ringan Menggunakan Agregat Ringan.
- ASTM C567-05a, *Standard Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete*, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, 2005.
- ASTM C330-05, *Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete*, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, 2005.
- ASTM D1652-11 (2019), *Standard Test Method for Epoxy Content of Epoxy Resins*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.
- Bhakti, M. H., Olivia, M., & Kamaldi, A. (2015). *Agregat Buatan Geopolimer dengan Bahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash) dan Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash)* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Firda, A., Permatasari, R., & Fuad, I. S. (2021). Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Sebagai Material Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Ringan. *Jurnal Deformasi*, 6(1), 1-8.
- Nugroho, P dan Antoni, 2007. *Teknologi Beton*. Andi Offset: Yogyakarta
- Puspita, F. F., Aulia, T. B., & Afifuddin, M. (2018). Analisis Retak Lentur Pada Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Yang Diperbaiki Dengan Injeksi Epoxy. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(4), 831-844.
- Putranto, S. (2016). Pengaruh fly ash sebagai bahan tambah beton ringan foam terhadap berat jenis, kuat tekan dan daya serap air, untuk material dinding struktur sebagai suplemen pada pembelajaran mata kuliah teknologi beton.

Rommel, E. (2013). Pembuatan Beton Ringan Dari Agregat Buatan Berbahan Plastik. *Jurnal Gamma*, 9(1).

Sambowo, K. A., Apriyanto, F., Prihantono, P., & Sumarsono, R. A. (2021, March). Study of Fly Ash Plastic (FAPET) as alternative lightweight aggregate in concrete. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1098, No. 2, p. 022080). IOP Publishing.

SK-SNI-T-15-1991-03. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum

SNI 7656.2012. *Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, betoon berat, dan beton massa*. SNI, Indonesia

SNI 2847.2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. SNI, Indonesia

SNI 1970-2008. *Uji berat jenis dan penyerapan agregat halus*. Departemen Pekerjaan Umum

Tjokrodimuljo, 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit: Yogyakarta