

ANALISA BETON MORTAR BUSA DENGAN BAHAN TAMBAHAN *STEEL FIBER* DAN AGREGAT SLAG UNTUK PERKERASAN JALAN

¹Bagus Bima Aji, ¹Firlan Ruslani, ¹Prof. Dr. Ir. Antonius, MT, ¹Dr. Juny Andry Sulisty, ST., MT.

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

*Corresponding Author:

bagusbimaaji1@gmail.com

Abstrak

Pekerjaan perkerasan jalan mengalami permasalahan struktur tanah yang tidak stabil karena menemui tanah problematik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dalam bidang konstruksi material penyusun beton mengalami perkembangan, salah satunya beton mortar busa. Akan tetapi beton mortar busa memiliki nilai kuat tekan dan kuat lentur relatif rendah. Penelitian ini menggunakan bahan tambah *steel fiber* dan agregat slag bertujuan meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton mortar busa dengan presentase *steel fiber* 0%, 15%, dan 25% serta presentase agregat slag 0%, 25%, dan 50%.

Metode penelitian yang digunakan penelitian ini adalah metode eksperimental laboratoris. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dan balok, terdiri dari 3 *mix desain* yaitu *mix desain* 1 (0% *steel fiber* dan 0% agregat slag), *mix desain* 2 (15% *steel fiber* dan 25% agregat slag), dan *mix desain* 3 (25% *steel fiber* dan 50% agregat slag). Pengujian pada beton mortar busa meliputi kuat tekan dan kuat lentur dengan umur benda uji 7 dan 28 hari.

Dari hasil pengujian didapatkan *job mix* formula beton mortar busa terbaik pada *mix desain* 3 dengan bahan tambah 25% *steel fiber* dan 50% agregat slag, diperoleh saat beton umur 28 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 15,048 MPa dan nilai kuat lentur sebesar 2,395 MPa.

Kata Kunci : Agregat slag; Beton Mortar busa; Steel fiber

Abstract

Road pavement work experiences problems with unstable soil structure due to encountering problematic soil. To overcome these problems in the field of construction, concrete materials have developed, one of which is foam mortar concrete. However, foam mortar concrete has relatively low compressive strength and flexural strength values. This research uses added materials of steel fiber and slag aggregate with the aim of increasing the compressive strength and flexural strength of foam mortar concrete with a steel fiber percentage of 0%, 15% and 25% and a slag aggregate percentage of 0%, 25% and 50%.

The research method used in this research is a laboratory experimental method. The test objects used are in the form of cylinders and blocks, consisting of 3

design mixes, namely design mix 1 (0% steel fiber and 0% slag aggregate), design mix 2 (15% steel fiber and 25% slag aggregate), and design mix 3 (25% steel fiber and 50% slag aggregate). Tests on foam mortar concrete include compressive strength and flexural strength with test specimen ages of 7 and 28 days.

From the test results, it was found that the best foam mortar concrete job mix formula was mix design 3 with added ingredients of 25% steel fiber and 50% slag aggregate, obtained when the concrete was 28 days old with a compressive strength value of 15,048 MPa and a flexural strength value of 2,395 MPa.

Keywords : Slag aggregate; Foam Mortar Concrete; Steel fiber

1. PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya jaringan infrastruktur jalan di Indonesia, diperlukan perkerasan jalan yang tahan lama dan berkualitas tinggi. Salah satu perkerasan jalan yang digunakan adalah perkerasan beton.

Pekerjaan perkerasan jalan beberapa kali mengalami permasalahan seperti struktur tanah yang tidak stabil karena menemui tanah yang problematik. Di Indonesia tanah problematik yang merupakan tanah lunak memiliki luas yang mencapai sekitar 20 juta hektar angka tersebut mencakup 10% dari kawasan daratan di seluruh pelosok nusantara dengan kadar kompresibilitas yang tinggi dan daya dukung tanah yang rendah. Kawasan tanah jenis ini tidak dapat menyokong struktur bangunan di atasnya dengan baik sehingga tidak mudah digunakan.

2. METODE

2.1. Beton

Beton adalah hasil campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus seperti pasir, agregat kasar seperti batu belah, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (admixture) (SNI 2847, 2019).

Beton merupakan bahan dari campuran antara Portland cement, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003).

Bahan tambahan merupakan bahan selain unsur pokok beton (air, semen, agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum atau selama pengadukan beton. Tujuan dari pemberian bahan tambahan adalah untuk mengubah sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras seperti mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah kuat daktilitas beton dalam jumlah yang relatif sedikit, dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru memperburuk sifat beton (Tjokrodinulyo, 1992).

2.2. Sifat dan Karakteristik Beton

Karakteristik Beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah. Beton adalah suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir, dan koral atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan. (George Winter, 1993).

2.3. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan banyaknya air kecuali yang terserap agregat, terhadap banyaknya semen dalam adukan beton (Subakti, 1994). Semakin tinggi FAS yang digunakan semakin rendah mutu kekuatan beton, tetapi semakin rendah FAS yang digunakan tidak dapat dipastikan akan meningkatkan mutu kekuatan beton tersebut. Hal ini dikarenakan semakin rendah FAS yang digunakan akan menyulitkan dalam pelaksanaan pemadatan sehingga menyebabkan mutu kekuatan beton menurun. Oleh karena itu, nilai FAS minimum yang digunakan adalah sekitar 0.4 - 0.65 (Mulyono, 2003). Berikut grafik hubungan kuat tekan dan faktor air-semen berdasarkan SNI-03-2834-2000.

2.4. Teori Mortar Busa

Foam mortar adalah campuran busa cair, semen, pasir dan air. Pengembangan hingga 4 (empat) kali volume awal untuk mengurangi kebutuhan bahan dibandingkan dengan bahan tanpa campuran busa sehingga dilakukan penambahan busa pada campuran mortar. Untuk mendapatkan nilai berat satuan dan kekuatan yang dapat direncanakan sesuai kebutuhan merupakan tujuan foam mortar (Handyani, 2007).

Beton berbuisa berbeda dari diautoklaf beton aerasi, dimana gelembung kimia terbentuk melalui reaksi kimia bubuk aluminium dan kalsium hidroksida yang dilepas oleh hidrasi semen. Untuk penggunaan yang paling umum, kandungan udara biasanya antara 40 dan 80 persen dari total volume. Gelembung bervariasi dalam ukuran dari sekitar 0,1-1,5 mm tetapi peleburan dalam campuran akan menghasilkan void jauh yang lebih besar (Brady, 2001).

2.5. Material Penyusun Beton Mortar Busa

Mortar busa merupakan campuran antara cairan busa (*foam agent*) dengan mortar yaitu pasir atau agregat halus, semen *portland*, dan air.

2.6. Bahan Tambah

Berdasarkan SNI 03-2495-1991, bahan tambahan adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pengadukan, dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifat beton. Pemberian bahan tambah pada adukan beton dengan maksud untuk:

memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, menambah keawetan, dan sebagainya (Tjokrodinuljo, 2007).

Menurut ASTM C.494 dan Pedoman Beton 1989 SKBI.1.4.53.1989, jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah. Pada dasarnya suatu bahan tambah harus mampu memperlihatkan komposisi dan unjuk kerja yang sama sepanjang waktu pengerjaan selama bahan tersebut digunakan dalam campuran beton sesuai dengan pemilihan proporsi betonnya (PB,1989 :12).

2.7. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990).

Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin tekan. Hasil massa beban maksimum akan terbaca dalam satuan ton. Benda uji diletakkan pada bidang tekan mesin secara sentris. Pembebanan dilakukan secara perlahan sampai beton mengalami kehancuran.

2.8. Kuat Lentur Beton

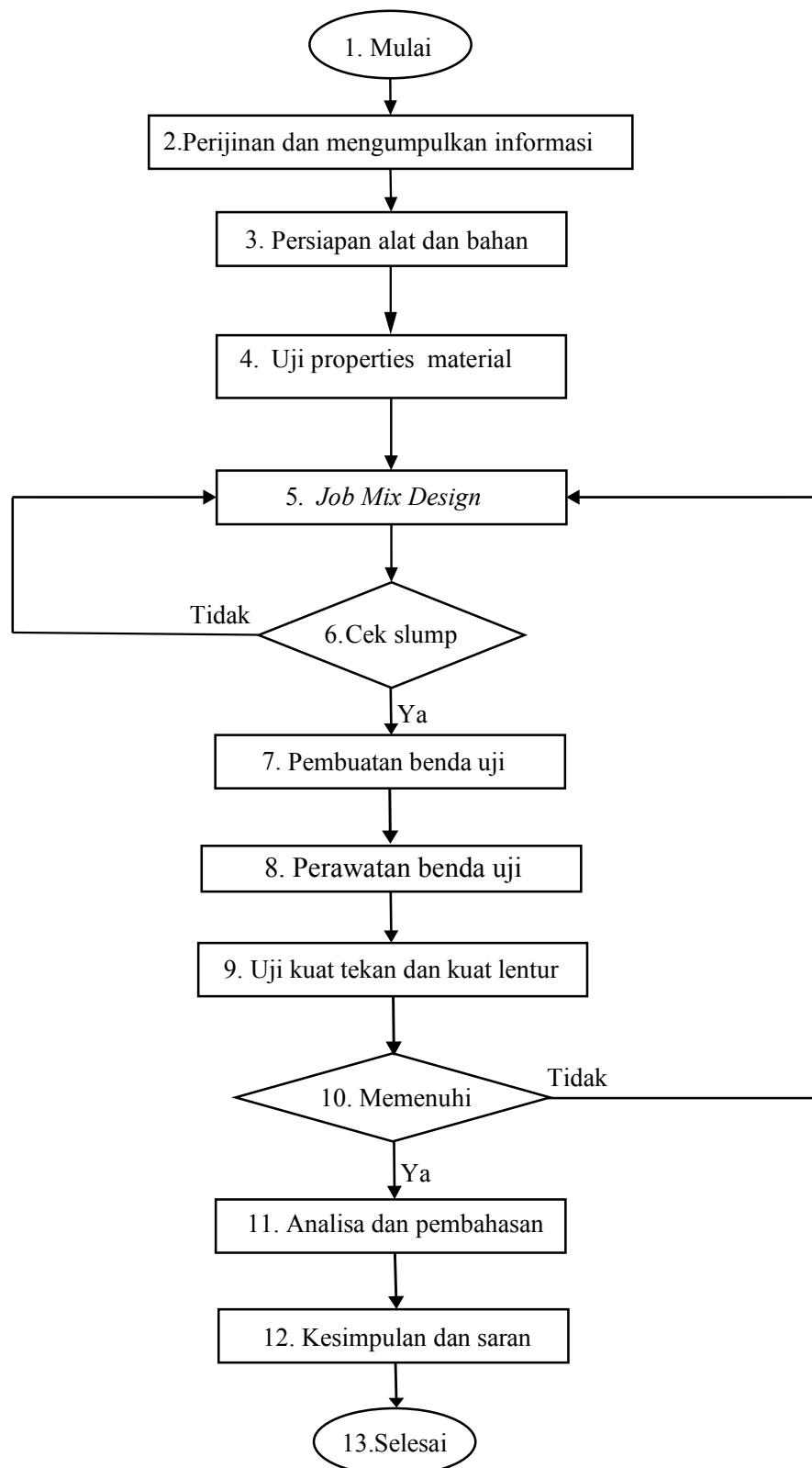
Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dalam *Mega Pascal* (Mpa) gaya per satuan luas (SNI 03-4431-2011).

Sebuah balok beton yang diberikan beban akan mengalami deformasi, karena itu akan timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material balok beton tersebut terhadap beban luar. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan balok beton dan nilai maksimum yang didapat sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah harus sama dengan momen penahan internal dari balok beton.

2.9. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai berupa batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Bahan ikat yang digunakan yaitu aspal, semen, dan tanah liat. Perkerasan jalan adalah lapisan di atas tanah dasar yang sudah dipadatkan untuk memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar agar beban yang diterima tanah dasar tidak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan (Sukirman, 1992).

2.10. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2.1 Bagan Alir Peneltian

2.11. Material Mortar Busa

Bahan material terbagi menjadi empat bagian yaitu semen, pasir atau agregat halus, air dan cairan busa (*foam agent*) merupakan susunan mortar busa.

2.11.1 Bahan

1. Semen
Menggunakan semen *Portland composite cement* tipe 1.
2. Agregat Halus
Agregat halus atau pasir yang dipakai ialah Pasir ex Merapi.
3. Air
Menggunakan air bersih yang berada di laboratotium teknologi bahan Konstruksi Unissula
4. *Foam Agent*
Menggunakan *foam agent* jenis sintesis.
5. Bahan aditif
Bahan aditif yang digunakan adalah jenis *retarder type D*.

2.11.2 Peralatan

1. Timbangan
Untuk menimbang jumlah berat dari agregat dan beton.
2. Ayakan
Ayakan yang dipakai untuk menentukan gradasi agregat yang digunakan
3. Bor *Mixer*
Bor *Mixer* digunakan sebagai alat pembangkit *foam agent*.
4. Gelas Ukur
Dipakai guna mengetahui jumlah pada air dan *foam agent* guna pembuatan benda uji beton silinder.
5. Ember
Ember digunakan sebagai tempat pencampuran bahan.
6. Oven
Oven digunakan untuk mengeringkan agregat sehingga sesuai dengan ketentuan agregat yang diperlukan.
7. Cetakan Beton Silinder
Setelah adukan beton baru dibuat, cetakan beton silinder digunakan sebagai tempat cetak.
8. Mesin Uji Tekan
Mesin uji tekan digunakan untuk mengukur tekanan beton.

2.12. Tahapan Pembuatan Benda Uji

1. Sediakan alat dan bahan untuk penelitian.
2. Masukkan semen dan pasir ke dalam wadah, lalu aduk material dalam kondisi kering.
3. Lalu, masukkan air, *foam agent*, *steel fiber*, agregat slag dan aditif ke dalam wadah.
4. Aduk bahan *foam agent* dengan Bor *Mixer* sampai busa mengembang dengan sempurna.
5. Masukkan *foam agent* / busa ke dalam wadah mortar lalu aduk dengan merata.
6. Setelah analisis beton memenuhi persyaratan yang direncanakan maka pencetakan benda uji dapat dilakukan.
7. Setelah beton busa berada di cetakan selama 24 jam, maka lepaskan dari cetakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

1. Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

PENGUJIAN	KODE	BENDA UJI 1	BENDA UJI 2	RATA- RATA
		(gr)	(gr)	(gr)
Berat Wadah + Benda Uji		545	550	548
Berat Wadah		45	45	45
Berat Benda Uji	a	500	505	503
Berat Benda Uji Kering Oven + Berat Wadah		540	545	543
Berat Benda Uji Kering Oven	b	490	495	493
Kadar Air Total	$\frac{(a-b)}{b} \times 100\%$	2,04	2,02	2,03

2. Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

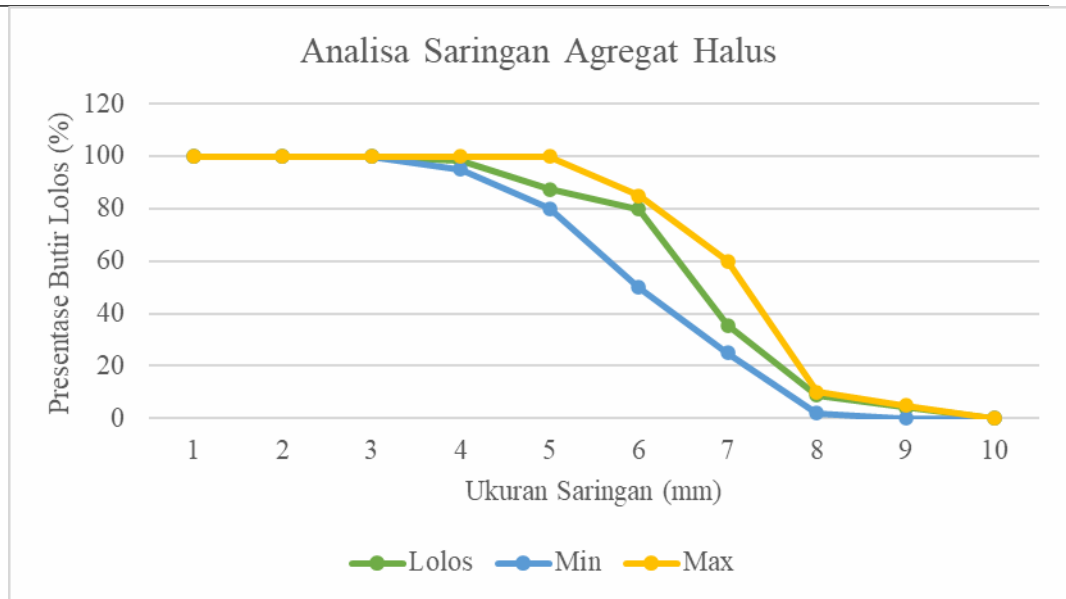
PENGUJIAN	KODE	BENDA UJI 1	BENDA UJI 2	RATA- RATA
		(gr)	(gr)	(gr)
Sebelum Dicuci :				
Berat Kering Oven Sampel + Cawan	W ₁	544	545	545
Berat Cawan	W ₂	44	45	45
Berat Kering Sampel	W ₃ = (W ₁ - W ₂)	500	500	500
Sesudah Dicuci :				
Berat Kering Oven Sampel + Cawan	W ₄	535	537	536
Berat Kering Sampel	W ₅ = (W ₄ - W ₂)	491	492	492
Persen Sampel Lolos Saringan No.200 (0,075mm)	$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$	1,8	1,6	1,7

3. Hasil saringan agregat halus yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 Hasil Saringan Agregat Halus

Saringan No.	Ukuran Saringan	Berat tertahan	Kumulatif tertahan	%	%	Spesifikasi Kadar Teknis	
(inch)	(mm)	(gram)	(gram)	Tertahan	Lolos	Min	Max
3/4"	19	0	0	0	100	100	100
1/2"	12,7	0	0	0	100	100	100
3/8"	9,5	0	0	0	100	100	100
#4	4,76	15	15	1,50	98,50	95	100
#8	2,38	110	125	12,50	87,50	80	100
#16	1,19	76	201	20,10	79,90	50	85
#30	0,59	443	644	64,40	35,60	25	60
#100	0,149	269	913	91,30	8,70	2	10
#200	0,074	45	958	95,80	4,20	0	5
Pan		42	1000	100,00	0,00	0	0

Dari hasil perhitungan analisa saringan agregat halus di atas didapatkan hasil pada grafik di bawah ini.

**Gambar 3.1** Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

3.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Slag

- Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.4 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Slag

PENGUJIAN	KODE	BENDA UJI 1	BENDA UJI 2	RATA- RATA
		(gr)	(gr)	(gr)
Berat Wadah + Benda Uji		555	560	558
Berat Wadah		55	55	55
Berat Benda Uji	a	500	505	503
Berat Benda Uji Kering Oven + Berat Wadah		545	550	548
Berat Benda Uji Kering Oven	b	490	495	493
Kadar Air Total	$\frac{(a-b)}{b} \times 100\%$	2,04	2,02	2,03

2. Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat slag dapat dilihat pada tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Slag

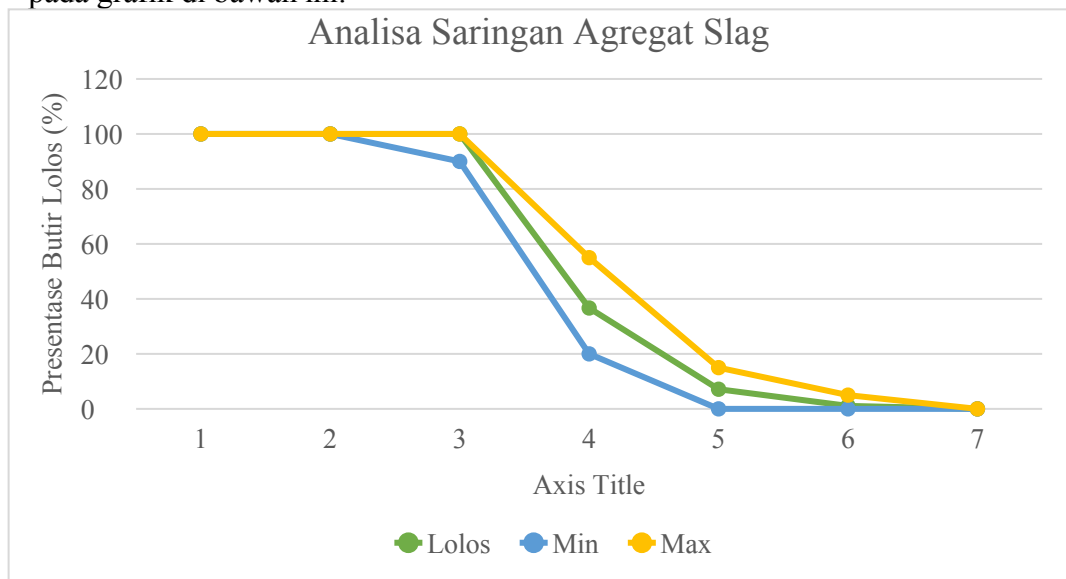
PENGUJIAN	KODE	BENDA UJI 1	BENDA UJI 2	RATA- RATA
		(gr)	(gr)	(gr)
Sebelum Dicuci :				
Berat Kering Oven Sampel + Cawan	W ₁	545	545	545
Berat Cawan	W ₂	45	45	45
Berat Kering Sampel	W ₃ = (W ₁ - W ₂)	500	500	500
Sesudah Dicuci :				
Berat Kering Oven Sampel + Cawan	W ₄	535	537	536
Berat Kering Sampel	W ₅ = (W ₄ - W ₂)	490	492	491
Persen Sampel Lolos Saringan No.200 (0,075mm)	$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$	2	1,6	1,7

3. Hasil saringan agregat slag yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 3.6 dibawah ini

Tabel 3.6 Hasil Saringan Agregat Slag

Saringan No.	Ukuran Saringan	Berat tertahan	Kumulatif tertahan	%		Spesifikasi Kadar Teknis	
				Tertahan	Lolos	Min	Max
(inch)	(mm)	(gram)	(gram)				
1 1/2"	38,1	0	0	0	100	100	100
1"	25	0	0	0	100	100	100
3/4"	19	76	47	0	100	90	100
1/2"	12,7	585	585	63,31	36,69	20	55
3/8"	9,5	273	858	92,86	7,14	0	15
#4	4,76	56	914	98,92	1,08	0	5
Pan		10	924	100,00	0,00	0	0

Dari hasil perhitungan analisa saringan agregat halus di atas didapatkan hasil pada grafik di bawah ini.



Gambar 3.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Slag

3.3 Komposisi

Tabel 3.7 Job Mixed Design

No	Komposisi	FA	SP	Semen	FA	SP	Pasir	Air Mortar	Air FA	AS	SF
				(kg)	(ml)	(ml)	(kg)	(l)	(l)	(kg)	(kg)
1	0% SF dan 0% AS	0,40%	0,20%	2,45	9,79	4,90	7,25	0,73	0,25	0,00	0,00
2	15% SF dan 25% AS	0,40%	0,20%	2,45	9,79	4,90	5,44	0,73	0,25	1,81	0,37
3	25% SF dan 50% AS	0,40%	0,20%	2,45	9,79	4,90	3,63	0,73	0,25	3,63	0,61

3.4 Pemeriksaan Uji Slump flow

Tabel 3.8 Hasil Slump flow

Mix Desain	Variasi	Nilai Slump (mm)	Nilai Flow (mm)
1	0% SF dan 0% AS	-	560
2	15% SF dan 25% AS	120	-
3	25% SF dan 50% AS	110	-

3.5

Hasil Kuat Tekan**1. Kuat Tekan Rata-Rata Beton Mortar Busa 7 hari *mix desain 1* (0% SF dan 0% AS)**

<i>Mix Desain 1</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Kuat Tekan Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
1	29/11/2023	06/12/2023	7	8,19	51,549	2,917	2,667
2	29/11/2023	06/12/2023	7	8,27	41,003	2,320	
3	29/11/2023	06/12/2023	7	8,33	48,853	2,765	

2. Kuat Tekan Rata-Rata Beton Mortar Busa 7 hari *mix desain 2* (15% SF dan 25% AS)

<i>Mix Desain 2</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Kuat Tekan Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
1	06/11/2023	13/12/2023	7	10,40	89,146	5,045	5,705
2	06/11/2023	13/12/2023	7	10,44	94,159	5,328	
3	06/11/2023	13/12/2023	7	10,58	119,130	6,741	

3. Kuat Tekan Rata-Rata-Beton Mortar Busa 7 Hari *mix desain 3* (25% SF dan 50% AS)

<i>Mix Desain 3</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Kuat Tekan Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
1	06/11/2023	13/12/2023	7	10,68	117,711	6,661	6,631
2	06/11/2023	13/12/2023	7	10,90	122,535	6,934	
3	06/11/2023	13/12/2023	7	11,20	111,279	6,297	

4. Kuat Lentur Rata-Rata Beton Mortar Busa 7 Hari *mix desain 1* (0% SF dan 0% AS)

<i>Mix Desain 1</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Balok	Kuat Lentur Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
1	06/11/2023	13/12/2023	7	21,44	2,431	0,324	0,408
2	06/11/2023	13/12/2023	7	22,78	2,437	0,325	
3	06/11/2023	13/12/2023	7	23,89	4,305	0,574	

5. Kuat Lentur Rata-Rata Beton Mortar Busa 7 Hari *mix desain 2* (15% SF dan 25% AS)

<i>Mix Desain 2</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Balok	Kuat Lentur Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
1	07/11/2023	14/12/2023	7	21,95	7,260	0,968	1,249
2	07/11/2023	14/12/2023	7	22,74	8,973	1,196	
3	07/11/2023	14/12/2023	7	24,63	11,873	1,583	

6. Kuat Lentur Rata-Rata Beton Mortar Busa 7 Hari *Mix Desain 3* (25% SF dan 50% AS)

<i>Mix Desain 3</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Balok	Kuat Lentur Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
1	07/11/2023	14/12/2023	7	26,02	12,390	1,652	1,719
2	07/11/2023	14/12/2023	7	26,67	12,930	1,724	
3	07/11/2023	14/12/2023	7	26,98	13,350	1,780	

7. Kuat Tekan Rata-Rata Beton Mortar Busa 28 Hari *Mix Desain 1* (0% SF dan 0% AS)

<i>Mix Desain 1</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Kuat Tekan Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
1	01/12/2023	29/12/2023	28	8,72	77,891	4,408	5,419
2	01/12/2023	29/12/2023	28	8,78	79,593	4,504	
3	01/12/2023	29/12/2023	28	8,94	129,818	7,346	

8. Kuat Tekan Rata-Rata Beton Mortar Busa 28 Hari *Mix Desain 2* (15% SF dan 25% AS)

<i>Mix Desain 2</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Kuat Tekan Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
1	24/11/2023	22/12/2023	28	10,04	181,509	10,271	10,842
2	24/11/2023	22/12/2023	28	10,34	190,021	10,753	
3	24/11/2023	22/12/2023	28	10,78	203,281	11,503	

9. Kuat Tekan Rata-Rata Beton Mortar Busa 28 Hari *Mix Desain 3* (25% SF dan 50% AS)

<i>Mix Desain 3</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Kuat Tekan Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(Mpa)	(Mpa)
1	01/11/2023	29/12/2023	28	10,81	244,705	13,847	14,513
2	01/11/2023	29/12/2023	28	11,06	258,798	14,645	
3	01/11/2023	29/12/2023	28	11,29	265,916	15,048	

10. Kuat Lentur Rata-Rata Beton Mortar Busa 28 Hari *Mix Desain 1* (0% SF dan 0% AS)

<i>Mix Desain 1</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Balok	Kuat Lentur Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
1	05/11/2023	02/01/2024	28	22,64	2,592	0,346	0,497
2	05/11/2023	02/01/2024	28	23,02	3,908	0,521	
3	05/11/2023	02/01/2024	28	23,24	4,673	0,623	

11. Kuat Lentur Rata-Rata Beton Mortar Busa 28 Hari *Mix Desain 1* (15% SF dan 25% AS)

<i>Mix Desain 2</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Balok	Kuat Lentur Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
1	05/11/2023	02/01/2024	28	25,72	14,880	1,984	2,127
2	05/11/2023	02/01/2024	28	26,14	16,335	2,178	
3	05/11/2023	02/01/2024	28	26,59	16,654	2,22	

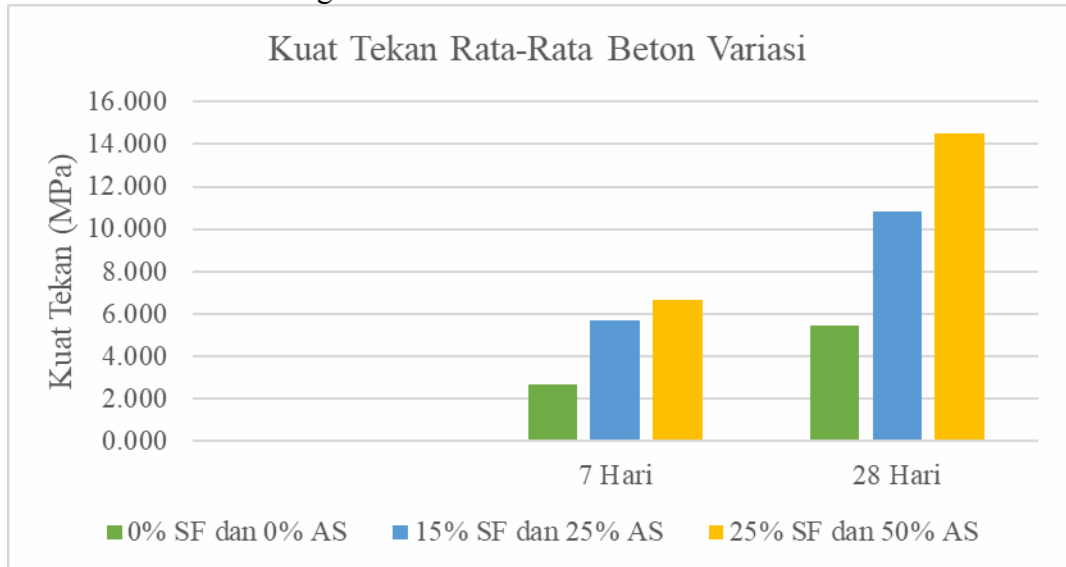
12. Kuat Lentur Rata-Rata Beton Mortar Busa 28 Hari *Mix Desain 1* (25% SF dan 50% AS)

<i>Mix Desain 3</i>	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Balok	Kuat Lentur Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian	(Hari)	(Kg)	(kN)	(Mpa)	(Mpa)
1	05/11/2023	02/01/2024	28	26,51	16,178	2,157	2,300
2	05/11/2023	02/01/2024	28	26,78	17,963	2,347	
3	05/11/2023	02/01/2024	28	27,00	17,966	2,395	

13. Kuat Tekan Rata-Rata Beton Mortar Busa Variasi

Mix Desain	Variasi Benda Uji	Kuat Tekan Rata-Rata Beton (MPa)	
		7 Hari	28 Hari
1	0% SF dan 0% AS	2,667	5,419
2	15% SF dan 25% AS	5,705	10,842
3	25% SF dan 50% AS	6,631	14,513

Berdasarkan data tabel diatas diperoleh grafik kuat tekan rata-rata beton mortar busa variasi sebagai berikut:

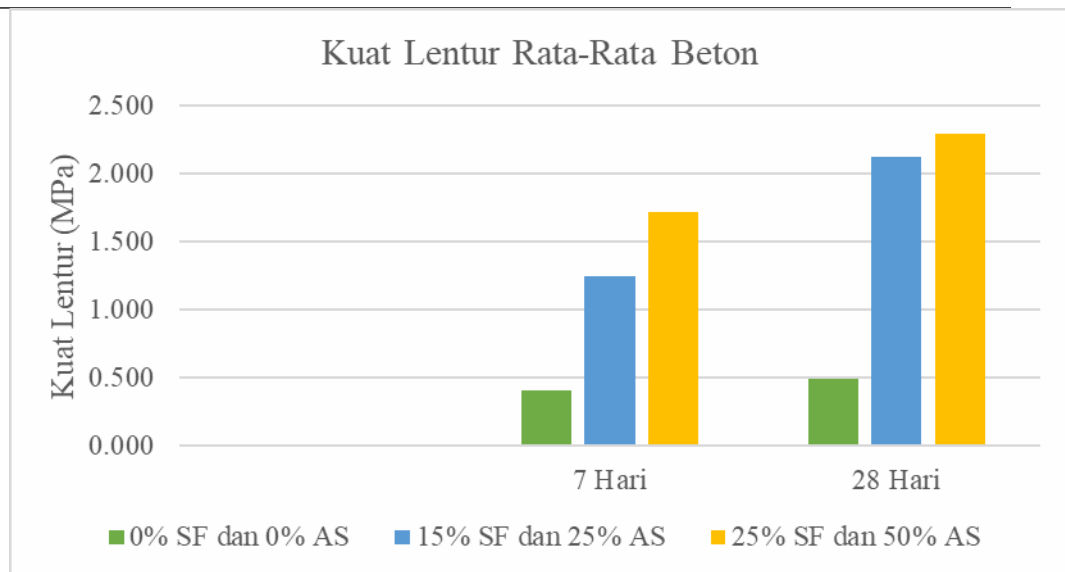


Gambar 3.3 Garfik Kuat Tekan Rata-Rata Beton Mortar Busa Variasi

14. Kuat Lentur Rata-Rata Beton Mortar Busa Variasi

Mix Desain	Variasi Benda Uji	Kuat Lentur Rata-Rata Beton (MPa)	
		7 Hari	28 Hari
1	0% SF dan 0% AS	0,408	0,497
2	15% SF dan 25% AS	1,249	2,127
3	25% SF dan 50% AS	1,719	2,300

Berdasarkan data tabel diatas diperoleh grafik kuat lentur rata-rata beton mortar busa variasi sebagai berikut:



Gambar 3.4 Garfik Kuat Lentur Rata-Rata Beton Mortar Busa Variasi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dari pengujian yang dilakukan di Laboratorium Berdasarkan hasil dan analisa data pada penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian *job mix* formula terbaik didapatkan hasil kuat tekan dan kuat lentur terbesar pada *mix desain* 3 beton mortar busa dengan bahan tambah 25% *steel fiber* dan 50% agregat slag dengan nilai kuat tekan terbesar adalah 15,048 MPa atau setara dengan 150,48 kg/cm², sedangkan nilai kuat lentur terbesar adalah 2,395 MPa atau setara dengan 23,95 kg/cm².
2. Penambahan bahan tambah *steel fiber* dan agregat slag terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton mortar busa memberikan pengaruh yang cukup signifikan. Kuat tekan dan kuat lentur rata-rata terbesar didapatkan dari hasil analisa dan pengujian *mix desain* 3 pada pengujian 28 hari dengan presentase bahan tambah 25% *steel fiber* dan 50% agregat slag dengan hasil nilai kuat tekan rata-rata terbesar adalah 14,513 MPa atau setara dengan 145,13 kg/cm², sedangkan nilai kuat lentur rata-rata terbesar adalah 2,300 MPa atau setara dengan 23,00 kg/cm².

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 318. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. American Concrete Institute.
- Alwi, A. H., & Zulkarnain, F. (2021). Analisis Pengaruh Penambahan Steel Fibre Dan Viscocrete 8670-MN Terhadap Uji Kuat Tarik Beton (Studi Penelitian) (*Doctoral dissertation, UMSU*).
- Basid, A., & Yusuf, W. (2014). Pengaruh Variasi Gradasi Agregat (Slag) terhadap Kuat Tekan, Porositas dan Kuat Tarik Belah Beton. *Media Teknik Sipil*, 12(1).
- Brady. (2001). *Beton Berbusa Suatu Pendekatan Dasar*. Jakarta: Erlangga.

- Burge, T.A. (2004). *Hot Weather Concrete*. Seminar Teknologi Beton FT Sipil UK Petra.
- Hamidi, A., Saily, R., & Hidayat, M. A. (2022). Pengaruh Sifat Karakteristik Mortar Busa Dengan Penambahan Addictive. *Sainstek (e-Journal)*, 10(1), 73–79.
- Handayani, F. (2007). *Timbunan Badan Jalan Dengan Bahan Timbunan Ringan*. Laporan Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Departemen Pekerjaan Umum.
- Husin, A. A., & Agustiningtyas, R. S. (2008). Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton. *Jurnal Permukiman*, 3(3), 196–207.
- Mildawati, R., & Anwar, S. H. D. (t.t.). *ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN FOAM AGENT SINTETIS DAN FOAM AGENT NABATI TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR BUSA*.
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Publishing.
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Nasional, B. S. (1991). SNI 03-2495-1991:Spesifikasi Bahan Tambah untuk Beton. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 11.
- Nasional, B. S. (1996). SNI 03-4142-1996: Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm). *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 6.
- Nasional, B. S. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 36.
- Nasional, B. S. (2002). SNI 03-3449-2002: Tata cara pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 32.
- Nasional, B. S. (2002). SNI 03-6820-2002: Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 7.
- Nasional, B. S. (2002). SNI 03-6821-2002: Spesifikasi Agregat Ringan untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 8.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1970-2008: Cara uji berat jenis dan penyerapan air. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 18.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1972-2008: Cara uji slump beton. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 11.
- Nasional, B. S. (2011). SNI 1971-2011: Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 11.
- Nasional, B. S. (2011). SNI 1974-2011: Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 11.
- Nasional, B. S. (2011). SNI 2493-2011: Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 23.

- Nasional, B. S. (2011). SNI 4431-2011: Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 16.
- Nasional, B. S. (2012). SNI ASTM C136-2012: Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 24.
- Nasional, B. S. (2015). SNI 15-2049-2015: Semen Portland. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 139.
- Nasional, B. S. (2016). SNI 1969-2016: Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 23.
- Nasional, B. S. (2018). SNI 03-7974-2018: Spesifikasi Air Pencampur yang digunakan dalam Produksi Beton Semen Hidraulis . *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 11.
- Nasional, B. S. (2019). SNI 2847-2019: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 720.
- Neville, A.M., & Brooks, J.J. (2010). *Concrete Technology*. Second Edition. Pearson Education Limited. Essex. England.
- Purnawan, P., Budi, A. S., & Wicaksono, K. D. (2014). KUAT LENTUR, TOUGHNESS, DAN STIFFNESS PADA BETON RINGANTEKNOLOGI FOAM DENGAN BAHAN TAMBAH SERAT ALUMINIUM. *Matriks Teknik Sipil*, 2(2), 109–116.
- Rachman, D. N., Riwayati, S., Hidayat, A., & Pratiwi, T. N. (2022). Penggunaan Foam Agent Pada Beton Untuk Pembuatan Beton Ringan. *Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik*, 11(1).
- Riza, F. V., Lubis, D. S., & Manurung, F. V. B. (2019). Analisis Mekanis Beton Busa Dengan Kombinasi Serat Sabut Kelapa serta Bahan Tambahan Abu Sekam Padi dan Serbuk Cangkang Telur. *Progress in Civil Engineering Journal*, 1(2).
- Siswanto, A. (2011). Pengaruh Fiber Baja pada Kapasitas Tarik dan Lentur Beton. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2, 193–199.
- Subakti, A. (1994). *Teknologi Beton Dalam Praktek*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan Lentur Untuk Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sutikno. (2003). *Panduan praktek beton*. Surabaya: Univertas Negeri Surabaya.
- Sutikno. (2003). *Panduan praktek beton*. Surabaya: Univertas Negeri Surabaya.
- Tjokrodimulyo. (1992). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Tjokrodimulyo. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit.
- Ulinnuha, M. (2023, Oktober). *Pengertian dan Kelebihan Beton*. MitechIndonesia. <https://mitech-ndt.co.id/pengertian-dan-kelebihan-beton/>

Utami, T. R. (2022). *Pengaruh Serat Baja Terhadap Kuat Tarik Lentur Balok Beton yang Disambung*.

Winter, G. (1993). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Pradnya Paramita.