

Pengaruh Variasi Faktor Air Semen Terhadap Mortar Busa

Anni Susilowati^{1,a)}, Fawwaz Nabhan^{2,b)}

¹⁻²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok 16424

Koresponden: ^{a)} anni_susilowati@yahoo.co.id, ^{b)} justfawwaz@gmail.com

ABSTRAK:

Mortar busa adalah campuran antara semen, air, agregat halus, dan bahan tambah cairan busa (foam agent) yang berfungsi untuk menjebak gelembung-gelembung udara. Material ini biasa digunakan sebagai timbunan untuk mengatasi masalah penurunan, stabilitas timbunan oprit jembatan, atau untuk konstruksi jalan. Selain memiliki kelebihan berat yang ringan, namun dengan kuat tekan yang cukup tinggi, mortar busa juga dapat mengurangi dampak penurunan pada lapisan di atasnya sehingga sering digunakan sebagai lapisan subgrade atau pondasi jalan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi dari perbandingan air semen terhadap sifat fisis dan mekanis mortar busa. Menggunakan metode eksperimental dengan membuat benda uji, berbentuk kubus ukuran 15x15x15 cm serta menganalisis dengan metode statistik uji regresi dengan aplikasi SPSS. Benda uji yang dikerjakan dengan variasi Faktor Air Semen (FAS) 0,4; 0,5; 0,6 dan 0,7. Hasil analisis menunjukkan semakin besar FAS yang digunakan kecenderungannya meningkatkan nilai flow, densitas kering dan kuat tekan. Nilai flow yang memenuhi syarat pada variasi FAS 0,6 dan 0,7 masing-masing sebesar 166,33 mm; 195 mm, sedangkan pada densitas kering, masing-masing nilainya sebesar 0,468 gr/cm³ dan 0,447 gr/cm³. Faktor air semen berpengaruh signifikan pada nilai flow, densitas kering, dan kuat tekan. Hal tersebut dikarenakan pada hasil analisis menunjukkan nilai signifikan < 0,05 dan thitung > ttabel. FAS optimum 0,6, dengan kuat tekan pada berbagai umur pengujian 7, 14 dan 28 hari masing-masing sebesar 3,783 kg/cm²; 4,729 kg/cm²; 6,207 kg/cm². Untuk kuat tekan mortar busa umur 28 hari dapat digunakan sebagai stabilitas tanah.

Kata Kunci : *Foam agent*; air semen, kuat tekan, mortar busa

PENDAHULUAN

Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah lempung, kapur, semen portlan), dan air dengan komposisi tertentu. Mortar busa adalah campuran antara semen, air, agregat dengan bahan tambah (admixture) tertentu yaitu dengan menjebak banyak sekali gelembung-gelembung gas atau

udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Mortar busa umumnya digunakan untuk mengatasi masalah penurunan dan stabilitas timbunan oprit jembatan atau digunakan untuk daerah-daerah yang memiliki tanah dasar gambut.

Teknologi mortar busa ini digunakan untuk mengganti timbunan tanah atau subbase karena dapat dibangun tegak sehingga dipakai tanpa memerlukan lahan

yang lebar dan tidak memerlukan dinding penahan serta tidak perlu alat pemadat karena dapat memadat dengan sendirinya.

Sementara dalam standar yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan (Pusjatan), hanya tertera komposisi-komposisi yang harus ada dalam pembentukan mortar busa dan pada *mix design* yang terbitkan, persentase pasir dan busa adalah coba-coba. Jika kuat tekan kurang dari standar, maka harus menambahkan jumlah semen. Artinya, selain persentase pasir dan busa, faktor air semen juga mempengaruhi mortar busa.

Dari latar belakang tersebut mendorong peneliti untuk melakukan penelitian terhadap beberapa variasi faktor air semen (FAS). Tujuan penelitian ini yaitu, untuk menganalisis hubungan sifat fisis dan mekanis mortar busa dengan variasi FAS serta menentukan FAS optimum mortar busa sebagai timbunan ringan pondasi jalan. Dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui perilaku sifat fisis dan mekanis mortar busa, serta dapat menentukan nilai FAS yang optimum terhadap mortar busa yang masih dapat memenuhi standar yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan (Pusjatan), sebagai timbunan ringan untuk pondasi jalan.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan membuat benda uji sesuai dengan *mix design* mengacu pada trial dan literasi yang sudah dilakukan, dan pedoman Perancangan campuran material ringan mortar-busa untuk konstruksi jalan (44/SE/M/2015). Pembuatan mortar busa dengan perbandingan 1 foam agent : 30 air dengan perawatan ditutupi oleh plastik. Untuk meneliti perkembangan kuat tekan beton diuji pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan membuat benda uji kubus berukuran 15 x 15 cm dan dibuat 3 sampel benda uji per pengujiannya. Densitas kering

di uji pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan membuat benda uji silinder berukuran 10 x 20 cm dan dibuat 3 sampel benda uji per pengujiannya.

Perbandingan campuran yaitu, 1 semen : 15,5% pasir terhadap campuran material (pasir + foam) + 84,5% busa/foam terhadap campuran material (pasir + foam), dengan variasi FAS 0,4; 0,5; 0,6; dan 0,7.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu semen, pasir, air, dan *foam agent*. Bahan yang digunakan dalam campuran harus memenuhi persyaratan.

1. Semen *Portland*

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan clincer yang terdiri atas silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama senyawa kalsium sulfat sebagai bahan tambah.

2. Pasir

Pasir adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi.

3. Air

Fungsi air dalam pembuatan beton adalah sebagai pemicu terjadinya reaksi kimia semen sebagai bahan perekat serta menjadi pelumas bagi butir-butir agregat agar mudah dikerjakan. Air yang aman digunakan yaitu air yang tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna, dan dapat diminum.

4. *Foam Agent*

Foam Agent adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Surfaktan adalah zat yang cenderung terkonsentrasi pada

antar muka dan mengaktifkan antar muka tersebut. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen. Dengan demikian akan

terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya.

Jumlah kebutuhan bahan untuk 1m³ dapat dilihat pada Tabel 1

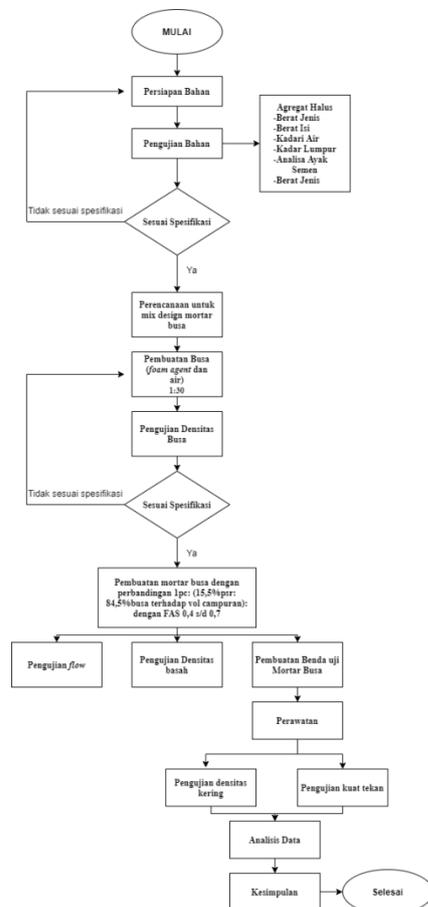
Tabel 1. Kebutuhan Bahan 1m³

Variasi Mortar Busa	Perbandingan Material per m3 (kg)				Perbandingan Foam & Air	Foam Generator Pressure
	Semen	Pasir	Air	Busa		
FAS 0,4	330	196,64	132	38,746	1:30	4
FAS 0,5	330	188,14	165	37,073	1:30	4
FAS 0,6	330	179,65	198	35,4	1:30	4
FAS 0,7	330	171,16	231	33,727	1:30	4

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, *mixer*, *foam generator*, *compressor*, bak tampung, cetakan benda uji kubus dan silinder, dsb.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengujian Densitas Busa

Pengujian dilakukan pada saat keluarnya busa dari mesin *foam generator*. Tahap pengujian yaitu Menimbang suatu wadah atau gelas ukur (W16) dan menghitung volumenya (V). Memasukkan busa yang keluar melalui *foam generator* ke dalam wadah/gelas ukur hingga penuh dan usahakan tidak ada udara yang terjebak di dalam wadah tersebut, kemudian menimbang beratnya (W17). Setelah mendapatkan berat dari busa dan wadah, menghitung densitas dengan rumus:

$$\text{Densitas busa} = \frac{W17 - W16}{V} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

W16 = Berat wadah (gr)

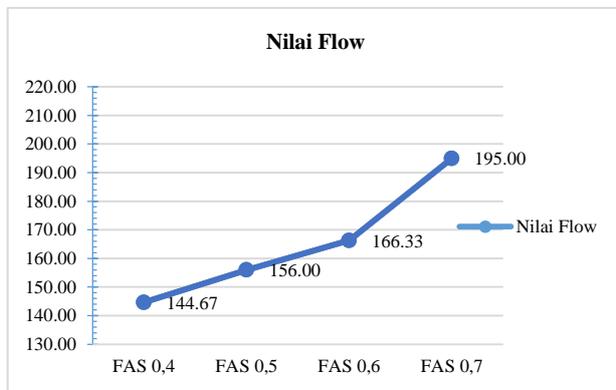
W17 = Berat busa dan wadah (gr)

V = volume wadah (cm³)

Pengujian Nilai Flow

Pengujian nilai *flow* dilakukan pada saat kondisi basah mortar busa. Tahap pengujian adalah Menyiapkan timbangan digital yang rata dan tempat yang datar untuk penuangan mortar busa. Kemudian menyiapkan *ringflow* diatas tempat tersebut. Menuangkan mortar busa ke dalam *ringflow* hingga penuh. Mengangkat *ringflow* secara perlahan hingga mortar busa mengalir dan menyebar. Mengukur dengan menggunakan meteran atau mistar dengan panjang

minimum 20cm. Mencatat nilai hasil *flow*, dimana nilai tersebut harus $180 \text{ mm} \pm 20\text{mm}$.



Gambar 2. Nilai *Flow* Mortar Busa

Pengujian Densitas Kering

Pengujian densitas kering dilakukan pada benda uji silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Tahap pengujian yaitu Menyiapkan oven, lalu memasukkan benda uji ke dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ selama 24 jam.

Setelah 24 jam, menimbang benda uji, mencatat beratnya (w), dan menghitung volume benda uji tersebut (v).

Menghitung densitas kering dengan rumus :

$$\text{Densitas kering} = \frac{W_{20}}{v} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana : W_{20} = Berat benda uji setelah dioven (gr) V = Volume benda uji (cm^3)

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada mortar busa benda uji kubus $15 \times 15 \text{ cm}$. Tahapan pengujian yaitu ketika sudah mencapai umur rencana pengujian, menyiapkan benda uji dan meratakan permukaan yang akan diberi tekanan/beban, dapat dengan sulfur yang dicairkan. Meletakkan benda uji pada alat uji kuat tekan Menyiapkan alat dan menyalakan. Mengamati gerak jarum penunjuk beban, ketika sudah mencapai beban maksimum, mematikan mesin, lalu catat *dial load* maksimum. Menghitung kuat tekan dengan rumus:

$$\text{Kuat tekan beton } (f_c') = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

f_c' = Kuat tekan beton (kg/cm^2 atau N/mm^2)

P = Beban maksimum (kg atau N)

A = Luas penampang benda uji yang diberi beban (cm^2 atau mm^2)

ANALISIS PENELITIAN

Rangkuman hasil pengujian densitas busa, nilai *flow*, densitas kering, dan kuat tekan mortar busa dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Rangkuman Hasil Pengujian

Pengujian	Variasi 0,4	Variasi 0,5	Variasi 0,6	Variasi 0,7	Persyaratan 44/SE/M/2015
Densitas Busa t/m^3		0,063			0,055-0,085
Nilai <i>flow</i> (mm)	144,67	156	166,33	195	160-200
Densitas Kering gr/cm^3	0,328	0,3727	0,468	0,447	<0,06
Kuat Tekan 7 Hari (kg/cm^2)	0,769	1,005	3,783	3,192	7,5
Kuat Tekan 14 Hari (kg/cm^2)	1,064	1,419	4,729	3,311	8
Kuat Tekan 28 Hari (kg/cm^2)	1,123	1,478	6,207	3,724	

Densitas Busa

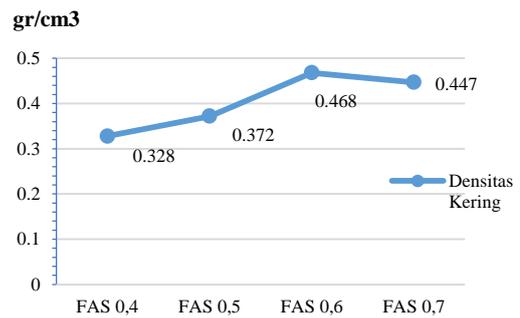
Dari hasil analisis dan perhitungan dengan persamaan 1, diperoleh berat jenis busa dengan rata-rata sebesar 0,063 t/m³ angka tersebut sudah memenuhi persyaratan yaitu 0,055 – 0,085 t/m³ 55. Busa yang dihasilkan sebesar 1440,5 gr dari 50 ml foam agent dengan perbandingan foam agent:air sebesar 1:30, menggunakan tekanan 4 bar. Dengan begitu dengan perbandingan foam agent dan air yang sama, dan dengan menggunakan tekanan yang sama, tiap 1 ml foam agent menghasilkan 28,81 gr busa.

Nilai Flow

Grafik hasil pengujian nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 2 Dari setiap variasi mengalami kenaikan sebesar 7,83% pada FAS 0,5, 6,62% pada FAS 0,6, dan 17,24% pada FAS 0,7 dari FAS sebelumnya. Terlihat bahwa semakin tinggi nilai FAS akan berdampak dengan semakin naiknya nilai flow mortar busa. Dari hasil nilai flow tersebut nilai flow yang masih memenuhi persyaratan yaitu sebesar 180±20mm ialah mortar busa dengan nilai FAS 0,6 dan 0,7.

Densitas Kering

Grafik hasil pengujian dan perhitungan dengan persamaan 2 densitas kering dapat dilihat pada Gambar 3. Penggunaan FAS hingga 0,6 terus mengalami kenaikan, pada FAS 0,5 mengalami kenaikan sebesar 13,41% - 42,68% pada FAS 0,6, lalu turun kembali pada FAS 0,7 sebesar 4,48 % dari FAS 0,6. Densitas kering terendah ada pada variasi FAS 0,4 yaitu sebesar 0,328 gr/cm³ dan tertinggi pada variasi FAS 0,6 sebesar 0,468 gr/cm³ . Seperti pada penelitian sebelumnya, bahwa berat volume paling ringan adalah pada variasi air 40%.



Gambar 3. Grafik Densitas Kering

Kuat Tekan Mortar Busa

Dikarenakan benda uji kuat tekan berbentuk kubus ukuran 15x15x15 cm sedangkan peraturan/syarat yang dirujuk adalah berbentuk silinder diameter 10 cm, tinggi 20 cm. Maka perlu menghitung dengan perbandingan cetakan tersebut sebagaimana pada Tabel 3 dan Tabel 4. Grafik hasil pengujian dan perhitungan dengan persamaan 3 kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4

Tabel 3. Perbandingan Kekuatan Tekan Benda Uji

Benda Uji	Perbandingan Kekuatan Tekan
Kubus 15x15x15 cm	1
Kubus 20x20x20 cm	0,95
Silinder 15 x 30 cm	0,83

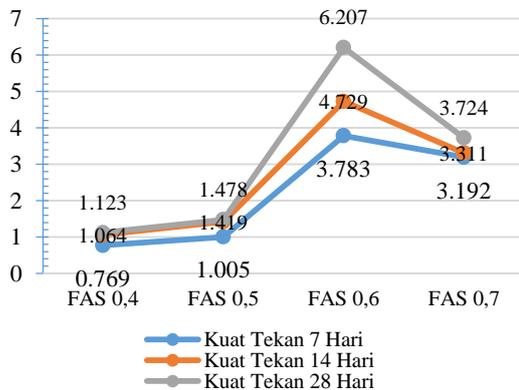
Sumber : PBI 1971 N.I.-2

Tabel 4. Perbandingan Kekuatan Tekan Benda Uji Berbentuk Silinder

Diameter (D) mm	Tinggi (L) mm	Faktor Koreksi
50	100	1,09
75	150	1,06
100	200	1,04
125	250	1,02
150	300	1
175	350	0,98
200	400	0,96
250	500	0,93
300	600	0,91

*Nilai-nilai yang tercantum dalam tabel di atas berupa asumsi yang diambil dari Gambar 12.18 *compressive strength of cylinders of different sizes*, A.M Neville, Properties of Concrete, 1995

Sumber: SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder



Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Mortar Busa

Umur 7 Hari

Penggunaan FAS hingga 0,6 terus mengalami kenaikan. Kenaikan kuat tekan sebesar 30,69% pada FAS 0,5 dan 391,94% pada FAS 0,6, lalu turun pada FAS 0,7 sebesar 15,62%. Kuat tekan terendah ada pada variasi FAS 0,4 yaitu sebesar 0,769 kg/cm² dan tertinggi pada variasi FAS 0,6 sebesar 3,783 kg/cm². Hasil tersebut masih jauh dari persyaratan kuat tekan mortar busa sebagai timbunan lapis pondasi atau subbase yaitu sebesar 7,5 kg/cm².

Umur 14 Hari

Penggunaan FAS hingga 0,6 terus mengalami kenaikan. Kenaikan kuat tekan sebesar 33,36% pada FAS 0,5 dan 344,45% pada FAS 0,6, lalu turun pada FAS 0,7 sebesar 29,99%. Kuat tekan terendah ada pada variasi FAS 0,4 yaitu sebesar 1,064 kg/cm² dan tertinggi pada variasi FAS 0,6 sebesar 4,729 kg/cm². Hasil tersebut masih jauh dari persyaratan kuat tekan mortar busa umur 14 hari sebagai timbunan lapis pondasi atau subbase yaitu sebesar 8kg/cm².

Umur 28 Hari

Penggunaan FAS hingga 0,6 terus mengalami kenaikan. Kenaikan kuat tekan sebesar 31,61% pada FAS 0,5 dan 452,72% pada FAS 0,6, lalu turun pada FAS 0,7 sebesar 40%. Kuat tekan terendah ada pada variasi FAS 0,4 yaitu sebesar 1,123 kg/cm²

dan tertinggi pada variasi FAS 0,6 sebesar 6,207 kg/cm². Hasil tersebut masih dapat digunakan sebagai timbunan pengganti tanah dasar, stabilitas tanah, atau pondasi rakit.

KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil penelitian, analisis, dan pembahasan menunjukkan bahwa sifat fisis dan mekanis mortar busa dengan variasi FAS dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - Variasi FAS 0,4 – 0,7 dapat meningkatkan sifat fisis mortar busa yaitu dapat meningkatkan nilai flow sebesar 7,83% hingga 34,79%.
 - Variasi FAS 0,4 – 0,6 dapat meningkatkan densitas kering dan kuat tekan mortar busa pada umur 7, 14, dan 28 hari, lalu turun pada FAS 0,7. Besarnya kenaikan densitas kering 42,68% hingga FAS 0,6, lalu turun pada FAS 0,7 sebesar 4,48%. Besarnya kuat tekan mortar busa pada FAS 0,6 umur 7, 14, 28 hari secara berurut yaitu; 3,783 kg/cm², 4,729 kg/cm², dan 6,207 kg/cm².
- Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, didapatkan penggunaan perbandingan air semen optimum sebesar 0,6. Pada FAS tersebut sudah memenuhi nilai flow dan densitas kering. Serta memiliki nilai kuat tekan tertinggi, namun masih belum memenuhi persyaratan sebagai timbunan lapis pondasi jalan. Dari penelitian terkait yang telah dilakukan, masih belum ditemukan komposisi yang memenuhi seluruh persyaratan mortar busa sebagai timbunan ringan jalan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada P3M PNJ yang telah memberikan bantuan dana dalam pelaksanaan penelitian ini

.DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 03-6820-2002 (*Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan Dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen*). Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 03-6825-2002 (*Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*). Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 03-6825-2002 (*Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*). Jakarta: BSN
- Budiman , A. (2017). Pertama di Indonesia, Flyover Antapani Gunakan Teknologi CMP. 12 Januari 2020. Bandung: Pikiran Rakyat. <https://www.pikiran-rakyat.com/bandung-raya/pr-01272784/pertama-di-indonesia-flyover-antapani-gunakan-teknologi-cmp-391514>
- Fajriani, I., & Habib, N. F. (2019). Pengaruh Perubahan Tekanan Udara Pada Produksi Mortar Busa Dengan Foam Agent Pada Konstruksi Timbunan Jalan Tugas Akhir. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Hardianto, dkk. Studi Eksperimental Pembuatan Bata Ringan Foam Agent (Busa) Dengan Variasi Pemakaian Air. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 5(1).
- Husin, A. A. & Setiadji, R. (2008). Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton *Jurnal Pemukiman* Vol.3 No. 3. Bandung.
- Sari, K. A., & Sani, A. R. (2017). Applications of foamed lightweight concrete. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 97, No. 01097, pp. 1-5). EDP Sciences.
- Spesifikasi Khusus Interim Seksi 7.16. Material Ringan Mortar Busa. Spesifikasi Umum Divisi 6
- Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). Nomor : 44/SE/M/2015 (*Pedoman Perancangan Campuran Material Ringan Dengan Mortar Busa Untuk Konstruksi Jalan*). Jakarta: SE PUPR.
- Tjokrodimulyo, (2015). *Teknologi Beton*. Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta