

ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN FOAM AGENT SINTETIS DAN FOAM AGENT NABATI TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR BUSA

Roza Mildawati¹, Anwar², Sri Hartati Dewi³

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nst 113 Pekanbaru

Email: rozamildawati@eng.uir.ac.id

² Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nst 113 Pekanbaru

Email: Anwardh05@gmail.com

³ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nst 113 Pekanbaru

Email: srihartatidewi@eng.uir.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan *foam agent* dalam pembuatan mortar busa sudah banyak diterapkan pada konstruksi jalan dan jembatan. Pada pembangunan jembatan Kuala Sei. Akar, pekerjaan timbunan oprit digunakan mortar busa sebagai timbunan dimana pada pekerjaan ini menggunakan *foam agent* jenis sintetis. Mortar busa merupakan bahan sejenis beton yang terbuat dari campuran dari semen, air, pasir, dan *foam agent*. Mortar busa memiliki spesifikasi tertentu untuk material pembentuknya agar tercapai kuat tekan tertentu yang sudah direncanakan. Bahan tersebut harus mampu membuat mortar busa mencapai kekuatan yang telah ditentukan dan tidak menambah berat sendiri dari mortar busa tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui hasil kuat tekan mortar busa yang menggunakan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati dengan persentase 75% dan 80% pada setiap jenis *foam agent* dan mengetahui pengaruh penggunaan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati terhadap mortar busa. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium. Hasil pengujian kuat tekan mortar busa menggunakan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati dengan persentase 75% dan 80% dapat diketahui bahwa penambahan *foam agent* nabati pada variasi umur mortar busa 7 hari, 14 hari, dan 21 hari menghasilkan kuat tekan yang lebih besar daripada penggunaan *foam agent* sintetis. Pengaruh penggunaan *foam agent* pada penelitian ini adalah semakin banyak *foam agent* yang digunakan maka berat isi adukan semakin ringan dan nilai *flow* serta angka pori akan semakin besar. Pada penelitian ini *foam agent* nabati menghasilkan berat isi adukan dan nilai *flow* yang lebih besar daripada *foam agent* sintetis.

Kata kunci : *Foam agent*, mortar busa, kuat tekan, *foam agent* sintetis, *foam agent* nabati.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Indragiri Hilir merupakan salah satu kabupaten di provinsi Riau yang memiliki luas perkebunan kelapa sawit seluas 108.777 Ha (Dinas Perkebunan Riau, 2019). Upaya pemanfaatan sumber daya alam dan bahan pertanian seperti minyak sawit dalam menghasilkan beragam produk turunan perlu dilakukan. Hal ini sangat sesuai dengan semangat ramah lingkungan yang telah berkembang di berbagai negara saat ini. Salah satu jenis pemanfaatan kelapa sawit yaitu pembuatan *foam agent* dengan bahan dasar kelapa sawit yang dapat digunakan dalam pembuatan mortar busa.

Foam agent adalah bahan pembentuk busa yang mampu menurunkan tegangan permukaan dan tegangan antarmuka antara campuran dua material atau lebih. *Foam agent* yang umum digunakan berbasis poliol yang berasal dari minyak bumi yang ketersediaannya terbatas dan limbahnya sulit terdegradasi di alam (Krol dkk 2012).

Penggunaan *foam agent* dalam pembuatan mortar busa sudah banyak diterapkan pada konstruksi jalan dan jembatan seperti oprit jembatan Kedaton di Jawa Barat, ruas jalan Pangkalan Lima di Kalimantan Tengah, oprit jembatan E kang di Kepulauan Riau, oprit jembatan Anculai di Kepulauan Riau, dan oprit jembatan Kangboi di Kepulauan Riau (Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 2017). Hal tersebut dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang sering muncul pada saat pembangunan suatu konstruksi jalan dan jembatan seperti penurunan timbunan dan keruntuhan yang diakibatkan kurangnya daya dukung tanah atau penurunan yang terjadi secara berlebihan.

Metode untuk mengurangi penurunan yang berlebihan salah satunya adalah penggunaan material ringan berupa teknologi mortar busa yang telah dipelajari dan diterapkan oleh Pusat Jalan dan Jembatan sebagai saran teknis untuk mengurangi masalah daya dukung dan masalah penurunan terutama pada oprit jembatan dan *overpass* yang dibangun di atas tanah yang memiliki daya dukung rendah (Wicaksono S., 2020). Teknologi mortar busa juga dapat digunakan sebagai material timbunan pada oprit, yang dapat mengurangi penggunaan ginder dan menghemat biaya konstruksi hingga 70% (Balai Litbang Geoteknik Jalan, 2016).

Pada pembangunan jembatan Kuala Sei. Akar, pekerjaan timbunan oprit digunakan mortar busa sebagai timbunan

dimana pada pekerjaan ini menggunakan *foam agent* jenis sintetis. Mortar busa merupakan bahan sejenis beton yang terbuat dari campuran dari semen, air, pasir, dan *foam agent*. Mortar busa memiliki spesifikasi tertentu untuk material pembentuknya agar tercapai kuat tekan tertentu yang sudah direncanakan. Bahan tersebut harus mampu membuat mortar busa mencapai kekuatan yang telah ditentukan dan tidak menambah berat sendiri dari mortar busa tersebut.

Mortar Busa

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Spesifikasi Khusus Seksi 7.21.16 (2017), mortar busa adalah bahan sejenis beton yang terbuat dari campuran material pasir, semen, air dan bahan pembusa (*foam agent*). Material ini dapat digunakan sebagai material timbunan untuk konstruksi jalan dengan tujuan mengurangi beban timbunan. Kelebihan bahan mortar busa ini selain nilai densitasnya yang rendah kinerjanya sama seperti beton pada umumnya yaitu tanpa adanya proses pemadatan atau pengerasan untuk mengeraskannya. Dengan pengerasan, maka kuat tekan akan meningkat dan tidak akan ada tambahan tekanan dan beban tanah aktif.

Semen

Spesifikasi semen yang digunakan adalah SNI 15-2049-2004 (Semen *Portland*), SNI 189-7064-2004 (Semen *Portland* Komposit), SNP 15-0302-2004 (Semen *Portland Pozolan*) Semen yang dipergunakan melalui pengujian sebagai berikut:

- Specific gravity* dan semen PC,
- Kehalusan dan semen PC dengan mempergunakan air permeability apparatus (ASTM C 204-11,2011),
- Lamanya waktu pengikatan dari semen PC dengan *vicat needle* (ASTM C 191-04, 2004),
- Compressive strength* dari mortar semen PC.

Agregat Halus

Pasir yang digunakan adalah pasir yang berkualitas baik dan memenuhi persyaratan umum/teknis serta persyaratan gradasi ASTM C 33-97 (1997) seperti pada tabel 1. pasir harus mempunyai butiran-butiran yang keras dan awet (*durable*). Pasir tidak boleh mengandung lumpur, tanah liat dan material-material gembur/mudah hancur (*clay lumps and friable particles*) lebih dari 3% (SNI 03- 6819-2002 : Spesifikasi Agregat Halus untuk Campuran Perkerasan Beraspal). Pasir yang diizinkan yaitu pasir dengan ukuran maksimum 4,75 mm lolos saringan no. 4, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Persyaratan pasir (ASTM C 33-97,1997)

No.	Ukuran Saringan		% Berat Lolos Saringan	
	Nomor Saringan	Uk. Saringan (mm)	Min	Maks
1	1/2"	12,7	100	100
2	3/8"	9,51	98	100
3	1/4"	6,35	96	100
4	No. 4	4,76	95	100
5	No. 8	2,36	80	100
6	No. 16	1,19	50	85
7	No. 30	0,595	25	60
8	No. 50	0,297	11	33
9	No. 100	0,149	4	15
10	No. 200	0,075	0	3

Material Agent

Cairan pembusa yang digunakan mengandung protein nabati atau sejenisnya yang dapat membentuk gelembung terpisah yang stabil sehingga dapat dihasilkan campuran bahan yang memenuhi spesifikasi. Senyawa kimia utama dalam cairan foam yaitu 1- *Dodekanol*, *Methoxyacetic acid tridecyl ester*, dan 1-*Tetradecanol*. *Foam* atau bisa disebut juga dengan surfaktant cair memiliki sifat fisik dan kimia yang hampir sama dengan air. Densitas busa yang dibutuhkan adalah 0,055 t/m³ hingga 0,085 t/m³ (Surat Edaran Kementerian PUPR Nomor : 44/SE/M/2015).

Air

Air untuk mencampur adonan material ringan mortar busa (*foam mortar*) harus sesuai spesifikasi SNI 03-6861-2002 (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bukan Logam)). Air yang digunakan haruslah air bersih, tawar (pH air > 5.5) dan bebas dari minyak, bahan-bahan organik atau bahan-bahan/zat lainnya. Besar kandungan sulfat dan chloride dalam air tersebut tidak boleh melebihi batas-batas yang telah ditentukan sesuai dengan spesifikasi yang bisa merusak mutu dan kekuatan material mortar busa. Air adukan tidak boleh mengandung butir-butir zat padat lebih dari 0.20% dan tidak boleh mengandung larutan garam 1,5%.

Uji Kuat Tekan Bebas

Uji kuat tekan bebas dimaksudkan untuk mendapatkan dengan cepat kuat tekan bebas tanah berkoheesi sehingga dapat dilakukan pengujian tanpa tahanan keliling (SNI 3638:2012 : Metode Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif). Adapun perhitungan yang dilakukan pada pengujian kuat tekan bebas (UCS) dapat menggunakan persamaan:

1. Hitung regangan aksial (ε_1), sampai 0,1% terdekat, sesuai dengan beban yang diberikan:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100 \quad (1)$$

Dengan ε_1 = Regangan aksial, ΔH = perubahan tinggi benda uji sesuai bacaan pada arloji ukur deformasi, dan H_0 = Tinggi benda uji semula.

2. Luas penampang rata rata atau luas terkoreksi (A_c) dihitung sesuai dengan beban yang diberikan:

$$A_c = \frac{A_0 \times 10^{-6}}{(1 - \varepsilon_1)} \quad (2)$$

Dengan A_c = Luas penampang rata rata atau terkoreksi, A_0 = Luas penampang rata rata benda uji semula, dan ε_1 = Regangan aksial untuk beban yang diberikan.

3. Hitung tegangan tekan (σ_c), sampai 1 kN/m² (1 kPa) terdekat, sesuai dengan beban yang diberikan:

$$\sigma_c = \frac{P}{A_c} \quad (3)$$

Dengan σ_c = Tegangan tekan, P = Beban, dan A_c = Luas penampang rata rata atau terkoreksi.

2. METODOLOGI

Dalam penelitian ini menggunakan metode percobaan dilaboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui hasil kuat tekan mortar busa yang menggunakan foam agent sintetis dan foam agent nabati dengan persentase 75% dan 80% pada setiap jenis *foam agent* dan mengetahui pengaruh penggunaan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati terhadap mortar busa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium AMP seberida Kab.Indragiri Hulu, yaitu perbandingan penggunaan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati terhadap kuat tekan mortar busa diperoleh hasil sebagai berikut:

Gradasi Agregat Halus

Suatu material dianggap sebagai agregat halus apabila melewati saringan no.4 (4,76 mm) dan dinyatakan dalam persen (%).

Tabel 2 Gradasi Agregat Halus

Nomor Ayakan	Ukuran Ayakan	Berat Tertahan	Jumlah		Lolos	Spesifikasi	
			Berat Tertahan	Tertahan		Min	Maks
			(gr)	(%)	(%)		
1/2	12,7	0	0	0,00	100,00	100	100
3/8	9,51	0	0	0,00	100,00	98	100
1/4	6,35	0	0	0,00	100,00	96	100
#4	4,76	5,64	5,64	0,28	99,72	95	100
#8	2,36	71,8	77,44	3,89	96,11	80	100
#16	1,19	290,29	367,73	18,50	81,50	50	85
#30	0,595	508,61	876,34	44,08	55,92	25	60
#50	0,297	523,34	1399,68	70,40	29,60	11	33
#100	0,149	464,14	1863,82	93,74	6,26	4	15
#200	0,075	119,62	1983,44	99,76	0,24	0	3

Pemeriksaan Berat Isi Adukan Mortar Busa

Uji berat isi (densitas) mortar busa dilakukan untuk memastikan berat isi mortar busa. Berat isi mortar busa diperiksa dengan cara menuangkan mortar busa segar ke dalam gelas ukur berkapasitas 1 liter lalu ditimbang. Kemudian setelah ditimbang, dikurangi berat gelas ukur dan hasilnya dibagi dengan volume gelas ukur. Untuk hasil pemeriksaan berat isi adukan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pemeriksaan Adukan Mortar Busa

No.	Variasi mortar busa	Berat isi adukan (t/m ³)
1	<i>Foam agent</i> sintetis 75%	0,832
2	<i>Foam agent</i> sintetis 80%	0,790
3	<i>Foam agent</i> nabati 75%	0,836
4	<i>Foam agent</i> nabati 80%	0,818

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat isi yang terlampir pada tabel 2 menunjukkan bahwa semakin banyak *foam agent* yang digunakan semakin kecil berat isi mortar busa yang didapatkan. Pada tabel 5.7 terlampir bahwa penggunaan *foam agent* sintetis 75% mendapatkan berat isi mortar busa 0,832 t/m³, *foam agent* sintetis 80% mendapatkan berat isi mortar busa 0,79 t/m³, *foam agent* nabati 75% mendapatkan berat isi mortar busa 0,836 t/m³, dan *foam agent* nabati 80% mendapatkan berat isi mortar busa 0,818 t/m³

Pengujian Flow (Daya Alir) Adukan Mortar Busa

Pengujian *flow* dilakukan untuk mengetahui apakah daya alir (*flowability*) dari mortar busa memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 18 cm ± 2 cm. Pemeriksaan flow dilakukan dengan menempatkan *ring flow* diatas plat kaca datar, kemudian mortar busa segar dimasukkan kedalam *ring flow* tersebut, kemudian ring flow diangkat perlahan kemudian diukur lebar aliran mortar busa yang ada diatas plat kaca tersebut. Untuk hasil pemeriksaan *flow* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 4 Hasil Pemeriksaan Flow Adukan Mortar Busa

No	Variasi mortar busa	Nilai Flow (mm)
1	<i>Foam agent</i> sintetis 75%	180
2	<i>Foam agent</i> sintetis 80%	190
3	<i>Foam agent</i> nabati 75%	190
4	<i>Foam agent</i> nabati 80%	195

Hasil pemeriksaan *flow* mortar busa seperti yang terlampir pada tabel 4 sudah memenuhi spesifikasi campuran mortar busa yang telah ditentukan yaitu 160 mm – 200 mm.

Data Hasil Kuat Tekan Mortar Busa

Uji kuat tekan bebas mortar busa dilakukan pada umur benda uji 7 hari, 14 hari, dan 21 hari dengan masing masing variasi hari dan persentase foam agent dibuat sebanyak 3 sampel atau benda uji. Hasil pengujian kuat tekan bebas mortar busa dapat dilihat pada tabel 5 dan 6

Uji Kuat Tekan Bebas Mortar Busa dengan *Foam Agent* 75%

Tabel 5 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Mortar Busa dengan Persentase *Foam Agent* 75%

No. Contoh	Umur 7 Hari		Umur 14 Hari		Umur 21 Hari	
	<i>Foam agent</i>	<i>Foam agent</i>	<i>Foam agent</i>	<i>Foam agent</i>	<i>Foam agent</i>	<i>Foam agent</i>
	sintetis	nabati	sintetis	nabati	sintetis	nabati
1	7,95	8,04	9,01	9,19	10,25	10,51
2	5,55	7,77	8,92	8,92	10,00	10,13
3	5,86	8,13	8,83	8,83	10,25	10,25
Rata rata	7,86	7,98	8,92	9,07	10,17	10,29

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan mortar busa pada tabel 5 menggunakan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati dengan persentase 75% diketahui bahwa *foam agent* nabati memiliki kuat tekan tertinggi pada benda uji umur 7 hari, 14 hari, dan 21 hari dengan kuat tekan rata rata masing masing 7,98 kg/cm², 9,07 kg/cm², dan 10,29 kg/cm². Namun dari semua kuat tekan pada dengan penggunaan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 7,5 kg/cm² untuk benda uji umur 7 hari dan 8,00 kg/cm² untuk benda uji umur 14 hari.

Uji Kuat Tekan Bebas Mortar Busa dengan *Foam Agent* 80%

Tabel 6 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Mortar Busa dengan Persentase *Foam Agent* 80%

No. Contoh	Umur 7 Hari		Umur 14 Hari		Umur 21 Hari	
	<i>Foam agent</i>	<i>Foam agent</i>	<i>Foam agent</i>	<i>Foam agent</i>	<i>Foam agent</i>	<i>Foam agent</i>
	sintetis	nabati	sintetis	nabati	sintetis	nabati
1	7,51	7,60	8,66	8,74	9,49	9,74
2	7,68	7,95	8,48	8,92	9,74	10,13
3	7,77	7,68	8,57	8,83	9,61	9,36
Rata rata	7,65	7,74	8,57	8,83	9,61	9,74

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan mortar busa pada tabel 6 menggunakan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati dengan persentase 80% diketahui bahwa *foam agent* nabati memiliki kuat tekan tertinggi pada benda uji umur 7 hari, 14 hari, dan 21 hari dengan kuat tekan rata rata masing masing 7,74 kg/cm², 8,83 kg/cm², dan 9,74 kg/cm². Namun dari semua kuat tekan pada dengan penggunaan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 7,5 kg/cm² untuk benda uji umur 7 hari dan 8,00 kg/cm² untuk benda uji umur 14 hari.

Analisa Angka Pori Mortar Busa

Tabel 7 Angka Pori Mortar Busa

Variasi Foam Agent	Umur 7 Hari	Umur 14 Hari	Umur 21 Hari
<i>Foam agent</i> sintetis 75%	0,195	0,157	0,091
<i>Foam agent</i> sintetis 80%	0,212	0,126	0,141
<i>Foam agent</i> nabati 75%	0,174	0,156	0,095
<i>Foam agent</i> nabati 80%	0,223	0,197	0,110

Berdasarkan tabel 7 dapat diketahui bahwa semakin banyak penggunaan *foam agent* maka angka pori akan semakin besar. Angka pori terbesar ada pada *foam agent* nabati di persentase 80% dengan angka pori sebesar 0,223 sedangkan angka pori terkecil terdapat pada penggunaan *foam agent* sintetis di persentase 75%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan mortar busa menggunakan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati dengan persentase 75% diketahui bahwa *foam agent* nabati memiliki kuat tekan tertinggi pada benda uji umur 7 hari, 14 hari, dan 21 hari dengan kuat tekan rata rata masing masing 7,98 kg/cm², 9,07 kg/cm², dan 10,29 kg/cm². Sedangkan hasil pengujian kuat tekan mortar busa menggunakan *foam agent* sintetis dan *foam agent* nabati dengan persentase 80% diketahui bahwa *foam agent* nabati memiliki kuat tekan tertinggi pada benda uji umur 7 hari, 14 hari, dan 21 hari dengan kuat tekan rata rata masing masing 7,74 kg/cm², 8,83 kg/cm², dan 9,74 kg/cm².
2. Penggunaan dua jenis *foam agent* memberikan beberapa pengaruh terhadap berat isi adukan mortar busa. Semakin banyak *foam agent* yang digunakan maka berat isi adukan akan semakin rendah. Pada penelitian ini penggunaan *foam agent* nabati menghasilkan berat isi adukan lebih berat dibanding *foam agent* sintetis. Pengaruh lainnya yang terjadi akibat penggunaan *foam agent* yang berbeda yaitu terhadap angka pori dimana semakin banyak *foam agent* yang digunakan maka angka pori yang dihasilkan akan semakin rendah. Begitupula dengan nilai *flow* yang dihasilkan, semakin banyak *foam agent* yang digunakan maka akan menghasilkan nilai *flow* yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 33-97, 1997. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA. https://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/astm_c-33_standard_specification_for_concrete_aggregates.pdf.
- Darwis dkk. 2019. *Pemanfaatan Pasir Apung Pada Mortar Busa Dalam Pembuatan Batako Ringan*. Jurnal Sipil Sains, 09(18), 43–49. <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/sipils/article/view/1400>.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2007. *Perencanaan Oprit (Jalan Pendekat), Bangunan Pelengkap dan Pengaman Jembatan*. <https://pdfcoffee.com/06-perencanaan-oprit-jalan-pendekat-bangunan-pdf-free.html>.
- Harmiyati. 2013. *Pengaruh Penambahan Limbah Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan*. Jurnal Saintis. 13(1), 89-101. <https://123dok.com/document/qm07eo9y-pengaruh-penambahan-limbah-ampas-terhadap-tekan-beton-ringan.html>.
- Hidayat, Deni. dkk. 2016. *Analisis Material Ringan Dengan Mortar Busa Pada Konstruksi Timbunan Jalan*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016. TS-009, 1-10. https://www.researchgate.net/publication/336736808_ANALISIS_MATERIAL_RINGAN_DENGAN_MORTAR_BUSA_PADA_KONSTRUKSI_TIMBUNAN_JALAN.

- Karimah, Rofikatul. 2017. *Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan Dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton*. Jurnal Media Teknik Sipil, 15(1), 50. <https://ejournal.umm.ac.id/index.php/jmts/article/view/4492/pdf>.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2016. *Spesifikasi Pekerjaan Tanah*. https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/01/77db2_MODUL_4.pdf.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. *Draft Spesifikasi Khusus Interim Seksi 7.21*. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/skh-1721-tentang-spesifikasi-khusus-interim-seksi-721-material-ringan-mortar-busa>.
- Lubis, Mukarramah. dkk. 2019. *Pemanfaatan Foaming Agent Dari Minyak Sawit Pada Beton Ringan*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 29(3), 307-316. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/30091>.
- Rosida, Eri. dkk. 2008. *Pengaruh Penggunaan Bahan Tambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan dan Workabilitas Beton*. Jurnal Saintis, 10(1), 1–10. https://www.researchgate.net/profile/Anas-Puri/publication/319624216_Pengaruh_Penggunaan_Bahan_Tambahan_Abu_Sekam_Padi_Terhadap_Kuat_Tekan_dan_Workabilitas_Beton_Effects_of_the_Additional_Rice_Husk_Ash_toward_Concrete_Strength_and_Workability/links/59b65dc4a6fdcc3f889937fa/Pengaruh-Penggunaan-Bahan-Tambahan-Abu-Sekam-Padi-Terhadap-Kuat-Tekan-dan-Workabilitas-Beton-Effects-of-the-Additional-Rice-Husk-Ash-toward-Concrete-Strength-and-Workability.pdf.
- Susilowati, Anni. dkk. 2021. *Pengaruh Variasi Faktor Air Semen Terhadap Mortar Busa*. Journal of Applied Civil and Environmental Engineering, 1(2), 9–15. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/JACEE/article/download/2797/2471>.
- SNI 03-3423-1994. *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6819-2002. *Spesifikasi Agregat Halus untuk Campuran Perkerasan Beraspal*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 3638:2012. *Metode Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6861-2002. *Spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Surat Edaran Kementrian PUPR No: 44/SE/M/2015. *Pedoman Perancangan Campuran Material Ringan dengan Mortar Busa untuk Konstruksi Jalan*. https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/409/preview_409-1-5.pdf.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. 2012. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.