



PENGGUNAAN BETON RINGAN BERSERABUT UNTUK DIAPLIKASI PADA KUSEN PINTU

Prihantono¹, Daryati², Nurul Zaqia Putri Abdul³

^{1,2,3}Universitas Negeri Jakarta

Surrel: nurulzaqia97@outlook.com

Diterima : 25 Januari 2020; Disetujui : 08 Desember 2020

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan material beton ringan berserabut pada kusen, khususnya akan diaplikasikan pada kusen pintu. Penelitian dilakukan untuk memberikan solusi atau alternatif bagi masyarakat untuk dipertimbangkan dalam pemilihan material untuk kusen pintu. Selain mereduksi berat atau beban mati struktur yang terdapat pada kusen beton konvensional yang dijual di pasaran, tujuan lainnya yaitu menghasilkan material beton ringan yang memiliki mutu yang sesuai desain dan perencanaan sehingga dapat diaplikasikan untuk pembuatan kusen pintu beton.

Waktu penelitian pada bulan Mei 2019–November 2019. Metode penelitian menggunakan Metode Eksperimen. Agregat Ringan yang digunakan yaitu batu apung (*pumice*) dengan bahan tambah serabut ijuk aren (*arenga pinnata*). Untuk mengetahui mutu beton ringan yang direncanakan, maka dilakukan uji tekan dan tarik belah pada sampel benda uji silinder ukuran 15cm×30cm.

Hasil penelitian pada umur beton 28 hari dengan komposisi 100% batu apung dan 3% serabut ijuk, menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata 9,69 MPa dan nilai kuat tarik belah rata-rata 1,51 MPa. Nilai kuat tekan dan tarik belah hasil memenuhi mutu rencana, kemudian campuran tersebut diaplikasikan pada pembuatan kusen pintu sesuai gambar desain rencana..

Kata Kunci : Beton Ringan Berserabut, Kusen Beton, Kusen Pintu, Mutu Beton

ABSTRACT

This research aims to applicate fibrous lightweight concrete for frame, specifically door frame. Research done to give people solution or alternative while being considered in order to choose their door frame materials. Besides it can reduce weight of the conventional concrete frame that been sold in market, the other purpose is to produce a fibrous lightweight concrete which has a good quality that complied the preliminary design so it can be applied on door frame. Time research on Mei 2019 - November 2019. Research methodology that uses is experiment method. Pumice stone is lightweight aggregate that uses with addition of palm fiber (arenga pinnata). To know the quality of concrete that been planed, then a compressive and split tensile test is performed on a 15cm × 30cm cylinder specimen. The result of compressive and split tensile test of 28 days curing time with composition 100% pumice and 3% palm fiber, the average compressive strength is 9,69 MPa and the average split tensile strength is 1,51 MPa. According to the results, the value of compressive and split tensile strength has fulfill the preliminary quality planed.

Keywords: Concrete Frame, Door Frame, Fibrous Lightweight Concrete, Concrete Quality

1. Pendahuluan

Dalam konstruksi bangunan tempat tinggal seperti rumah sederhana, hingga bangunan kompleks seperti hunian vertikal dan gedung, keberadaan pintu dan jendela menjadi komponen struktur pelengkap yang memegang peranan penting dan wajib ada. Pada konstruksi pintu dan jendela dikenal istilah kusen. Menurut Daryanto (2010) kusen merupakan kerangka pintu dan jendela yang

umumnya dibuat dari kayu, aluminium, serta dapat juga terbuat dari material seperti beton. Jadi, kusen dapat diartikan sebagai kerangka tempat diletakkannya pintu dan jendela yang merekat dan menyatu dengan dinding bangunan.

Perkembangan teknologi di bidang material konstruksi memberikan alternatif untuk penggunaan material kusen dari mayoritas menggunakan material kayu untuk

kusen kemudian beralih ke penggunaan material seperti alumunium, PVC (*polyvinyl chloride*),UPVC (*unplasticized polyvinyl chloride*) hingga beton bertulang. Namun sampai saat ini penggunaan kusen kayu masih banyak diminati oleh masyarakat khususnya di Indonesia.

Kusen kayu masih diminati karena material kayu dinilai memiliki sisi estetika dan menawarkan beragam variasi warna dan pola serat serta tekstur yang unik tergantung jenis kayu nya.Namun dalam perkembangannya, sebagian masyarakat mulai beralih ke penggunaan kusen pintu selain kayu seperti alumunium, PVC, UPVC dan beton. Hal ini di karenakan beberapa faktor antara lain kondisi serta kualitas kayu di pasaran yang mulai menurun. Kayu yang cocok digunakan untuk kusen yaitu jenis kayu kering, dimana kadar atau tingkat kekeringan kayu bergantung pada usia atau umur kayu.

Ditengah berbagai pilihan yang ditawarkan mengenai penggunaan kusen kayu, PVC, UPVC dan alumunium, jenis kusen berbahan beton bertulang juga mulai dikembangkan dan beredar dipasaran. Pada dasarnya kusen dari beton bertulang memiliki komposisi material yang sama dengan beton bertulang untuk struktur bangunan pada umumnya hanya saja dibutuhkan cetakan atau bekisting khusus sesuai dengan bentuk dan dimensi kusen yang akan dibuat. Jika dibandingkan dengan kusen dari kayu, PVC, UPVC dan alumunium, kusen beton lebih unggul dari segi kekuatan dan durabilitas, serta muai susutnya yang rendah, sehingga bentuk dan ukuran kusen relatif tetap sesuai dengan perencanaan dan rancangan awal, serta tidak lapuk dan dimakan rayap.

Kusen beton bertulang lebih berat jika dibandingkan dengan kusen kayu dan alumunium. Dimana beton bertulang sendiri memiliki berat jenis sebesar 2400 kg/m³. Hal ini menyebabkan dibutuhkan tenaga ekstra dalam proses pemasangannya.

Untuk mengurangi berat kusen beton melalui penelitian ini, penulis berinovasi untuk menggunakan material beton ringan sebagai bahan untuk kusen. Menurut SNI 2847:2013 beton ringan merupakan beton yang mengandung agregat ringan dan berat volume setimbang (*equilibrium density*), sebagaimana ditetapkan oleh ASTM C567, yaitu antara 1140 dan 1840 kg/m³.

Salah satu pengaplikasian beton ringan yang belum dilakukan yaitu pada elemen non-struktur seperti pada kusen. Pembuatan beton ringan yang akan diaplikasikan pada kusen

pintu ini menggunakan 100%*pumice* (batu apung), untuk menggantikan batu kerikil/split.

Konstruksi beton memiliki kelemahan lain yaitu mudahnya mengalami retak. Retak pada beton jenisnya bermacam-macam tergantung penyebab dan pola retak yang muncul. Salah satu jenis retak yang dapat terjadi yaitu retak rambut/ retak halus pada permukaan beton. Hal ini terjadi karena proses penyusutan (*shrinkage*) pada saat beton segar mengalami pengerasan. Kondisi ini dapat diatasi dengan menambahkan sejumlah serabut ke dalam campura beton. Dalam penelitian ini jenis serabut yang ditambahkan yaitu serabut ijuk aren berwarna hitam (*arenga pinnata*).

2. Berdasarkan beberapa uraian di atas, penelitiakan melakukan penelitian lanjutan mengenai penggunaan batu apung dan serabut ijuk untuk pembuatan beton ringan berserabut yang nantinya akan diaplikasikan pada pembuatan kusen pintu.

2. Kajian Literatur

2.1 Beton Ringan

Salah satu jenis beton yang telah banyak dikembangkan dalam konstruksi bangunan yaitu beton ringan (*lightweight concrete*). Sesuai dengan namanya, beton ringan memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan dengan beton normal yang memiliki berat jenis berkisar antara 2200 kg/m³ hingga 2400 kg/m³. Berdasarkan pedoman ACI-318 berat jenis agregat ringan dibatasi hingga 1900 kg/m³ atau disesuaikan dengan kebutuhan untuk penggunaan strukturnya yaitu berkisar 1440 kg/m³ hingga 1850 kg/m³ dengan kuat tekan yang diperoleh dalam waktu 28 hari yaitu lebih besar dari 17,2 MPa.

Beton dengan menggunakan agregat ringan harus memenuhi persyaratan ASTM C330M mengenai Spesifikasi Standar untuk Agregat Ringan pada Beton Ringan Struktural serta memiliki berat volume gumpalan (*density bulk*) lepas sebesar 1120 kg/m³ (SNI 2847-2013). Pedoman ASTM C330M berisi mengenai agregat ringan yang dapat digunakan untuk beton struktur dengan tujuan mengurangi berat jenis dengan tetap memperhatikan kuat tekan pada beton. Dalam pedoman tersebut dijelaskan bahwa jenis agregat ringan yang dapat digunakan dalam campuran beton di bagi menjadi dua jenis berdasarkan sumber material atau agregat tersebut dihasilkan. Jenis agregat ringan yang pertama yaitu agregat yang dihasilkan dari proses pembakaran atau residu hasil pembakaran (tanur) seperti *slag* tanur (*blast-furnace slag*) yang dihasilkan dari

residu pembakaran baja, lempung (*clay*), diatom (*diatomite*) yaitu sejenis batuan sedimen silika yang terbentuk dari cangkang alga bersel satu yang telah memfosil, abu terbang (*fly ash*), shale yaitu batuan sedimen bertekstur halus dan slate (*batu sabak*) yaitu batuan metamorf berbutir halus. Jenis agregat ringan yang kedua yaitu agregat alami seperti batu apung (*pumice*), *scoria* yaitu sejenis batuan beku ekstrusif dari proses vulkanis, dan *tuff* yaitu batuan piroklastik dari debu vulkanis.

Yasar et al. (2003) menjelaskan bahwa penggunaan beton ringan (*lightweight concrete*) umumnya bertujuan untuk mengurangi beban mati struktur dan mengurangi resiko kegagalan struktur yang disebabkan oleh bencana gempa bumi (Kiliç, Atiş, Teymen, Karahan, & Ari, 2009).

2.2 Batu Apung (*Pumice*)

Pembuatan kusen pintu dari beton ringan ini menggunakan jenis agregat kasar ringan alami yaitu batu apung (*pumice*). Batu apung merupakan jenis batuan piroklastik hasil dari proses vulkanis.

Batu apung memiliki karakteristik warna berupa abu-abu terang, memiliki banyak pori, dapat mengapung di air dan memiliki berat jenis 1,047 g/cm³. Rongga atau pori pada batu apung disebabkan oleh gas atau gelombang udara yang terperangkap selama proses perubahan menjadi wujud massa padat atau menjadi batu. Batu apung juga merupakan material yang tahan api dengan titik leleh yang tinggi.

Murdock dan Brook (1999) menjelaskan batu apung dapat digunakan untuk menghasilkan beton ringan dengan berat jenis berkisar antara 720 kg/m³ dan 1440 kg/m³. Berat jenis batu apung yang rendah disebabkan oleh banyaknya rongga atau pori pada seluruh bagian permukaannya sehingga tingkat penyerapan terhadap air cukup tinggi mencapai 55% (Muralitharan dan Ramasamy, 2015).

2.3 Serabut Ijuk Aren (*Arenga Pinnata*)

Jenis serat atau serabut yang dapat digunakan pada campuran beton yaitu dapat berupa serabut alami atau serabut sintetis (buatan). Jenis serabut alami umumnya berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti serabut ijuk pelepah pohon aren, serabut kelapa, serabut nanas, serabut goni dan serabut kenaf. Jumlah serabut alam di Indonesia cukup melimpah karena Indonesia memiliki iklim tropis.

Serabut ijuk dihasilkan dari pelepah pohon aren berupa helaian berwarna hitam dengan

diameter < 0,5 mm dan memiliki karakteristik kaku dan tidak mudah putus. Komposisi serabut ijuk terdiri dari selulosa, lignin, hemiselulosa, air dan abu berturut-turut sebesar 51,54%, 43,09%, 15,88%, 8,9%, dan 2,54%.

Dalam jurnal Ukarst mengenai pemanfaatan serabut ijuk untuk campuran beton dijelaskan beberapa penggunaan atau aplikasi serabut ijuk untuk ditambahkan kedalam campuran beton antara lain (Winarto, 2017).

a) Diperlukan redaman terhadap getaran, misalnya untuk pondasi dinamis untuk mesin.

b) Diperlukan ketahanan terhadap impact atau ledakan, misalnya tiang pancang pelabuhan, bantalan rel kereta api, perkerasan jalan raya dan terowongan.

c) Diperlukan untuk meredam hantaran panas atau suara, misalnya dinding beton ringan untuk partisi atau lantai (Fattuhi, 1996).

Dengan penambahan serat ke dalam campuran beton dapat mencegah beton mengalami patah seketika. Seperti yang dijelaskan oleh Saifudin, As'ad dan Sunarmasto (2015) dalam jurnal mengenai penggunaan dosis dan aspek rasio serat dimana keberadaan serat dalam campuran beton menyebabkan mekanisme penyerapan energi dilakukan secara bertahap mulai dari saat retakan matrik (*matrix cracking*), pelepasan ikatan pada permukaan serat/matrik (*fiber/matrix debonding*), aksi serat yang mengikat sekelilingnya (*fiber bridging*), proses cabut (*pull out*), dan keruntuhan serat (*fiber failure*).

Pada umumnya, penambahan serabut kedalam campuran beton dilakukan untuk mengontrol timbulnya retak susut plastis (*plastic shrinkage cracking*) dan retak susut kering (*drying shrinkage cracking*). Han Ay Lie (2017) menjelaskan bahwa retak susut plastis merupakan retak yang dihasilkan saat beton mengalami susut akibat penguapan air ke udara atau penyerapan air oleh bekisting ketika beton belum kering, sedangkan retak susut kering terjadi saat beton sudah kering.

2.4 Kusen Pintu Beton Ringan Berserabut

Kusen merupakan rangka yang memiliki fungsi penting yaitu tempat untuk menggantungkan daun pintu dan letaknya melekat pada tembok atau dinding bangunan. Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, material atau bahan pembuat kusen beragam jenisnya seperti kayu, logam, plastik, hingga beton bertulang. Setiap jenis material memiliki karakteristik, keunggulan dan kelemahan masing-masing.

Beberapa tahun belakangan, kusen mulai dikembangkan menggunakan material beton. Beberapa keunggulan kusen beton yang tidak dimiliki material kusen lain ditawarkan. Namun, jenis kusen beton yang telah dipasarkan masih menggunakan beton bertulang biasa dimana tidak ekonomis dari segi berat struktur dan kurang praktis dalam proses pemasangannya. Pada dasarnya pembuatan kusen beton sama seperti pada pembuatan kusen umumnya. Dibutuhkan bekisting atau cetakan dari papan kayu (triplek) atau bekisting dari bahan logam, kemudian bentuk dan ukuran disesuaikan dengan kebutuhan.

Metode pembuatan kusen beton ada dua yaitu, proses cetak atau cor langsung di tempat serta proses pra cetak, yaitu di cetak dan di cor lebih dahulu kemudian baru di pasang pada dinding atau tembok bangunan.

2.5 Penulangan dan Sistem Sambungan Kusen Beton

Pada pembuatan kusen beton ini, akan ditambahkan tulangan baja dengan diameter yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk memperkuat struktur kusen. Jenis tulangan baja yang digunakan untuk struktur beton berdasarkan bentuknya dibedakan menjadi dua yaitu tulangan baja polos yang disimbolkan sebagai Bj.TP dan tulangan baja ulir (deform) yang disimbolkan sebagai Bj.TD. Terdapat beberapa ukuran diameter tulangan yang umum digunakan di lapangan yaitu diameter 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 29, 32 hingga 50 dalam satuan mm.

Penempatan tulangan pada kusen beton diletakkan pada area yang berkaitan dengan kekuatan antara kusen dengan tembok atau dinding tempat melekatnya kusen beton nantinya. Umumnya besi yang ditanam pada kusen beton yaitu besi tulangan polos diameter 8 mm dengan tambahan tulangan diameter 6 mm untuk cincin begel yang berfungsi mengikat tulangan dalam kusen beton. Serta padabagian sambungan antara tiang dan ambang pintu dipasang besi angkur dengan bentuk L sebagai perkuatan.

Sistem sambungan yang digunakan pada kusen beton ringan ini yaitu sistem sambungan pen dan lubang (*tenon and mortise*). Sistem sambungan ini umumnya digunakan pada konstruksi kayu. Pada sistem sambungan pen dan lubang bagian ambang atas pintu diberi lubang yang ukurannya sama seperti pen yang ada pada bagian atas tiang kusen dengan pen berbentuk T. Gambar detail terlampir.

2.5 Bekisting Kusen Beton

Dalam setiap pekerjaan struktur beton dibutuhkan alat cetakan (*mold*) untuk memberi bentuk pada elemen struktur beton yang akan dibuat. Cetakan untuk beton ini dikenal dengan sebutan bekisting.

Secara umum bekisting beton dibagi menjadi tiga jenis yaitu bekisting konvensional, bekisting semi sistem, dan bekisting sistem (Pandu, Wiguna, Agung, Putera, & Dharmayanti, 2018). Bekisting konvensional merupakan bekisting yang mudah diubah bentuknya dan umumnya menggunakan papan kayu (*plywood*) dengan tebal tertentu sesuai kebutuhan dan jenis konstruksi, dan balok kayu atau besi digunakan untuk penopangnya. Bekisting semi sistem yaitu bekisting yang sudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan pengecoran dan umumnya terbuat dari pelat baja sedangkan untuk penopangnya digunakan besi baja atau gelagar kayu. Bekisting sistem yaitu jenis bekisting yang telah melalui proses pabrikasi untuk pembuatan elemen struktur tertentu dan umumnya komponen bekisting terbuat dari baja.

Dalam pembuatan kusen beton jenis bekisting yang digunakan yaitu bekisting konvensional menggunakan papan kayu (triplek) dengan alasan mudah untuk di rangkai dan dibongkar. Bekisting dari bahan kayu terlebih dahulu di cat agar tidak mudah menyerap air semen.

3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen. Eksperimen dalam penelitian ini yaitu dengan mengganti agregat kasar yang digunakan pada beton umumnya seperti kerikil dengan agregat kasar ringan yaitu batu apung serta menambahkan serabut ijuk hitam ke dalam campuran beton dengan tujuan diaplikasikan untuk pembuatan kusen pintu bermaterial beton ringan.

3.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data penelitian ini diambil dari hasil perhitungan *mix design* berdasarkan SNI 03-3449-2002 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton ringan dengan agregat ringan, serta data hasil pengujian kuattekan dan kuat tarik belah beton.

3.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yaitu hasil dari perhitungan *mix design* beton ringan berserabut yang dibuat dalam bentuk tabel. Setelah dilakukan pembuatan benda uji dan pengujian,

kemudian dilakukan analisis data hasil pengujian kuattekan dan kuat tarik belah beton.

4. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini adalah hasil uji pendahuluan bahan/material penyusun beton ringan berserabut dan desain rencana bekisting kusen beton ringan.

4.1 Hasil Uji Pendahuluan

Tabel 1. Hasil Pengujian Bahan

Jenis Pengujian	Hasil
Agregat Halus	
Kadar Lumpur	21,34%
Berat Jenis SSD	2,55 kg/m ³
Kadar Zat Organik	Indikator no.3
MHB	4,28
Kadar Air	9,17%
Penyerapan	1,09%
Agregat Kasar	
Kadar Air	0,2%
Penyerapan	41,24%
Berat Jenis SSD	1,04 kg/m ³
MHB	7,02
Semen	
Berat Jenis	3,005 gr/ml
Konsistensi Normal	0,27%
Serabut Ijuk Aren	
Berat Jenis	1,308 gr/cm ³

4.2 Rencana Campuran Beton (Mix Design)

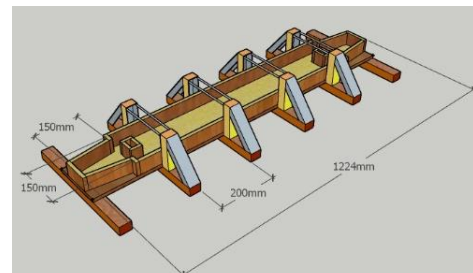
Hasil uji pendahuluan digunakan untuk melakukan perencanaan campuran beton ringan (*mix design*). Perencanaan beton ringan berserabut mengacu pada SNI 03-3449-2002 tentang Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan. Ditentukan penggunaan agregat ringan batu apung 100% sebagai pengganti kerikil/split dan penambahan serabut ijuk aren sebesar 3% dari berat semen dengan panjang serabut seragam yaitu 3 cm. Kusen merupakan elemen non struktural, maka kuat tekan yang direncanakan yaitu 6,89 MPa dimana dalam SNI 03-3449- 2002, nilai kuat tekan tersebut merupakan kuat tekan minimum untuk konstruksi struktural ringan. Faktor Air Semen (FAS) yang digunakan yaitu 0,45. Berikut proporsi setiap material dalam campuran beton ringan yang direncanakan.

Tabel 2. Proporsi Material Campuran Beton Ringan Benda Uji Silinder 15cm×30cm Masing-Masing 3 Benda Uji

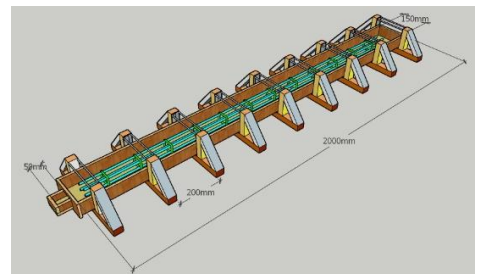
Material	Berat (kg)	
	100% Batu Apung; 3% Serabut Ijuk(Benda Uji Tekan)	100% Batu Apung; 3% Serabut Ijuk (Benda Uji Tarik)
Agregat Halus	4,1	4,1
Agregat Kasar (Batu Apung)	1,56	1,56
Semen	2,05	2,05
Serabut Ijuk	0,13	0,13
Air	0,93	0,93

4.3 Desain Rencana Bekisting Kusen Beton Ringan

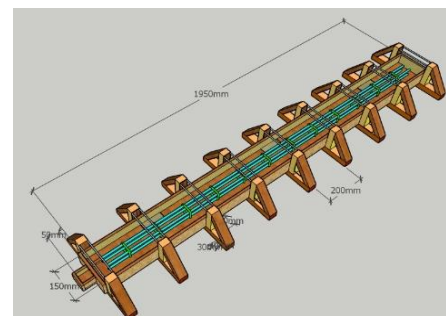
Berikut ini rencana bentuk kusen dan bekisting untuk pembuatan kusen beton ringan berserabut.



Gambar 1. Bekisting Ambang Atas Kusen



Gambar 2. Bekisting Tiang Kusen 1



Gambar 3. Bekisting Tiang Kusen 2



Gambar 4. Model Kusen Rencana

5. Simpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini berupa perencanaan *mix design* yang akan digunakan untuk menentukan proporsi bahan/material penyusun beton ringan berserat. Berdasarkan hasil perhitungan *mix design* yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan antara lain:

- Batu apung merupakan jenis agregat ringan yang dapat diaplikasikan sebagai pengganti kerikil/split dalam campuran beton karena memiliki sifat pozzolan dan memenuhi kriteria untuk digunakan sebagai agregat beton.
- Proporsi bahan pada tiap sampel adalah sama karena hanya menggunakan satu variasi yaitu 100% batu apung dan 3% serabut ijuk aren untuk masing-masing sampel uji kuat tekan dan uji kuat tarik belah.
- Jenis bekisting untuk kusen yaitu bekisting konvensional yaitu dari papan kayu (triplek) agar mudah dalam pembuatan dan mudah dibongkar.

5.2 Saran

- Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan agregat ringan selain batu apung serta serabut alam lain selain serabut ijuk aren untuk mengetahui perbedaan sifat mekanik beton ringan yang dihasilkan.
- Dipertimbangkan jenis sambungan yang lebih efektif untuk diaplikasikan pada kusen selain pen dan lubang.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 03-3449-2002, *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum (Yayasan LPMB).
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 03-2847-2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Daryanto. (2010). *Keterampilan Kejuruan Konstruksi Kayu*. Bandung: Satu Nusa.
- Kiliç, A., Atiş C.D., Teymen, A., Karahan, O., & Ari, K. (2009). The Effects of Scoria and Pumice Aggregates on The Strengths and Unit Weights of Lightweight Concrete. *Scientific Research and Essays*, 4(10), 961-965.
- Lie, Han Ay. (2017). *Pengantar Teknologi Beton*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Muralitharan, R.S., Ramasamy, V. (2015). Basic Properties of Pumice Aggregate. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*. Vol. 08. No.4
- Pandu, I.M., Wiguna, W., Agung, I.G., Putera, A., & Dharmayanti, G.A.P.C. (2018). Cost Saving Analysis of The Use of Conventional Model Panel Formwork Slabs in Typical Buildings (Case Study on Amarta Residence Development Project), 6(1), 59-64.
- Saifudin, A., & As'ad, S. (2015). Pengaruh Dosis, Aspek Rasio dan Distribusi Serat Terhadap Kuat Lentur dan Kuat Tarik Belah Beton Berserat Baja, 369.
- Winarto, S. (2017). Pemanfaatan Serat Ijuk Sebagai Material Campuran dalam Beton untuk Meningkatkan Kemampuan Beton Menahan Beban Tekan Studi Kasus: Pembangunan Homestay Singonegaran Kediri, 1(1), 1-38.