

# KAJIAN KUAT TEKAN, KUAT TARIK, KUAT LENTUR, DAN REDAMAN BUNYI PADA PANEL DINDING BETON DENGAN AGREGAT LIMBAH PLASTIK PET DAN LIMBAH KERTAS

Aditya Nugraha<sup>1)</sup>, Achmad Basuki<sup>2)</sup>, Sunarmasto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2),3)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: adit9292@gmail.com

## Abstract

Rapid development of the industry currently has a negative impacts on the environment, such as more waste that are generated by industries. Plastic waste and paper waste can be used as a substitute for coarse aggregate material to produce light weight concrete. Using this waste will also support to save the environment. Plastic waste is derived from PET (Polyethylene Terephthalate) plastic. Waste paper is derived from newspaper waste. Coarse aggregate used in this experiment produced from the combustion of PET bottles mixed with paper waste which will be cooled later, the results obtained are aggregates with irregular shapes and angled with an uneven surface texture. This study aims to determine the compressive strength, tensile strength, flexural strength, and sound absorption on wall panel concrete. This study uses an experimental method. Specimens used in this study consists of 4 different shapes with 3 samples of each test, cylinder with a diameter of 7.5 cm and a height of 15 cm for compressive strength testing, cylinder with a diameter of 10 cm and a height of 3 cm thick sound absorption testing, I-beams for tensile strength testing, and panel 50 x 30 x 3 cm for flexural strength testing. Compressive strength, tensile strength, flexural strength, and sound absorption are tested after 28 days. Specimens treatment is done by immersing the specimens in a water bath. Flexural strength testing with a two-point loading method and sound absorption testing procedures in accordance with ASTM E-1050-98. The test results indicate compressive strength is 5.66 MPa, tensile strength is 1.32 MPa, flexural strength of 1.76 MPa, and sound absorption is in class E. Flexural strength in this study has not met the required flexural strength of 10 MPa. Sound absorption class E showed that the ability of concrete with coarse aggregate from PET plastic and paper waste is very low, the absorption coefficient ranging from 0.1 to 0.3 in the frequency range of 250-2000 Hz. From these data, it can be indicated that the aggregate concrete with waste PET plastic and paper waste does not qualify as a wall panel, based on flexural strength requirement.

**Keywords:** compressive strength, tensile strength, flexural strength, sound absorption, coarse aggregate, PET plastic, paper waste, wall panel.

## Abstrak

Perkembangan industri yang sangat pesat saat ini menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan diantaranya semakin banyak limbah yang dihasilkan oleh industri-industri tersebut. Limbah plastik dan limbah kertas dapat digunakan sebagai pengganti material agregat kasar untuk menghasilkan beton dengan berat ringan. Pemakaian limbah ini juga akan mendukung upaya untuk penyelamatan lingkungan. Limbah plastik yang akan digunakan adalah plastik PET (Polyethylene Terephthalate). Limbah kertas yang digunakan didapat dari limbah koran bekas. Agregat kasar dihasilkan dari pembakaran botol PET dicampur dengan limbah kertas yang kemudian didinginkan, sebagai hasilnya diperoleh agregat dengan bentuk tidak beraturan dan bersudut dengan tekstur permukaan yang tidak rata. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan redaman bunyi untuk pengaplikasian panel dinding beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 4 bentuk dengan ukuran yang berbeda setiap pengujian sebanyak 3 sampel, yaitu silinder diameter 7,5 cm tinggi 15 cm untuk pengujian kuat tekan, silinder diameter 10 cm tebal 3 cm untuk pengujian redaman bunyi, balok I untuk pengujian kuat tarik, dan panel 50 x 30 x 3 cm untuk pengujian kuat lentur. Pengujian kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan redaman bunyi dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam benda uji dalam bak air. Pengujian kuat lentur dengan metode pembebanan dua titik dan pengujian redaman bunyi dengan prosedur sesuai ASTM E-1050-98. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan beton sebesar 5,66 MPa, kuat tarik sebesar 1,32 MPa, kuat lentur sebesar 1,76 MPa, dan redaman bunyi berada pada kelas E. Kuat lentur panel pada penelitian ini belum memenuhi standar kuat lentur yang disyaratkan sebesar 10 MPa. Redaman bunyi kelas E menunjukkan kemampuan beton dengan agregat kasar dari limbah plastik PET dan limbah kertas sangat rendah, dengan koefisien serapan berkisar antara 0,1 hingga 0,3 pada rentang frekuensi 250-2000 Hz. Dari data tersebut menunjukkan bahwa beton dengan agregat limbah plastik PET dan limbah kertas belum memenuhi syarat sebagai panel dinding, berdasarkan syarat kuat lentur.

**Kata kunci:** kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, redaman bunyi, agregat kasar, plastik PET, limbah kertas, panel dinding.

## PENDAHULUAN

Semakin pesatnya pembangunan menyebabkan kebutuhan agregat kasar dalam dunia konstruksi juga semakin meningkat, dimana agregat kasar sendiri merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan beton. Mengingat sumber daya agregat kasar yang terbatas maka perlu adanya alternatif untuk menggantikan agregat kasar dengan material lain. Perkembangan industri yang sangat pesat saat ini menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan diantaranya semakin banyak limbah yang akan dihasilkan oleh industri-industri tersebut. Limbah terdiri dari dua jenis, yaitu limbah organik dan non organik. Limbah non organik seperti plastik, besi, kaca, dan sebagainya.

Sedangkan limbah organik seperti kertas, serbuk gergaji, sekam padi, dan sebagainya. Limbah plastik dan limbah kertas dapat digunakan sebagai pengganti material agregat kasar untuk menghasilkan beton dengan berat ringan. Pemakaian limbah ini juga akan mendukung upaya untuk penyelamatan lingkungan. Pada penelitian ini, agregat ringan dibuat dari campuran limbah plastik dengan limbah kertas dalam pembuatan panel beton yang ringan, kuat dan aman. Pada penelitian ini akan ditinjau dari kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan redaman bunyi untuk mengetahui apakah beton layak digunakan sebagai panel dinding. PET (*Polyethylene Terephthalate*) merupakan resin polyester yang tahan lama, kuat, ringan dan mudah dibentuk ketika panas. PET didapatkan dari botol minuman air kemasan. Pada penelitian ini PET dijadikan sebagai pengganti agregat kasar pada beton ringan melalui proses pemanasan, pendinginan dan pemecahan. Bubur kertas dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi dan dicampur dengan semen sebagai perekat, maka serat kertas maupun kandungan lain pada kertas akan menjadi bahan bangunan yang sekaligus membantu mengurangi dampak kertas terhadap lingkungan apabila kertas hanya dijadikan sampah. Beton adalah pencampuran semen portland, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang homogen sehingga dapat dituang dalam cetakan. Beton ringan pada dasarnya memiliki campuran sama dengan beton normal pada umumnya, namun agregat kasar yang menempati 60% dari seluruh komponen, direduksi berat jenisnya. Reduksi ini dilakukan dengan menggantinya dengan *Artificial Light Weight coarse Aggregate* (ALWA) semisal bloated clay, crushed bricks, atau batu apung. Pada penelitian ini agregat kasar yang digunakan adalah agregat limbah plastik PET dan limbah kertas. Panel dinding beton adalah beton yang dibuat dengan bentuk sesuai cetakan, biasanya berbentuk seperti plat. Untuk mengurangi jumlah pori dalam suatu cetakan panel beton dapat dilakukan dengan cara mengisi ruang pori menggunakan material atau agregat yang lebih kecil. Oleh karena itu ukuran agregat yang akan dibuat adalah dengan ukuran maksimum 2 cm. Agregat kasar dihasilkan dari pencairan botol PET yang kemudian dicampur dengan limbah kertas, dan didinginkan. Kemudian dipecah sehingga diperoleh agregat dengan bentuk tidak beraturan dan bersudut dengan tekstur permukaan yang tidak rata dan berongga.

## METODE

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 4 bentuk dengan ukuran yang berbeda setiap pengujian sebanyak 3 sampel, yaitu silinder diameter 7,5 cm tinggi 15 cm untuk pengujian kuat tekan, silinder diameter 10 cm tebal 3 cm untuk pengujian redaman bunyi, balok I untuk pengujian kuat tarik, dan panel 50 x 30 x 3 cm untuk pengujian kuat lentur. Pengujian kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan redaman bunyi dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Penelitian ini menggunakan rancang campur beton ringan yang mengacu pada peraturan *Dreux-Corrive*. Dengan fungsi beton sebagai panel dinding, maka kuat tekan beton direncanakan ( $f_c'$ ) 15 MPa. Kuat tekan yang ditarget hanya sebesar 15 MPa dikarenakan panel dinding beton termasuk kategori beton yang nonstruktural. Sebelum melakukan penelitian dilaboratorium maka peneliti menyiapkan alat dan bahan. Melakukan uji pendahuluan terhadap agregat halus dan agregat kasar dari limbah plastik PET dan limbah kertas. Membuat adukan beton. Membuat benda uji kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan redaman bunyi. Perawatan benda uji. Melakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan redaman bunyi. Melakukan analisis data hasil pengujian. Pada tahap akhir peneliti melakukan pengambilan kesimpulan dan saran dari analisis pengujian yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

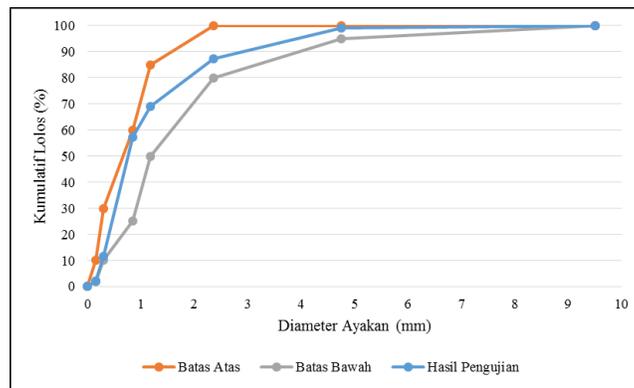
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Bahan Dasar

Bahan dasar yang di uji dalam penelitian ini adalah agregat halus dan agregat limbah plastik PET dan limbah kertas.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat kasar kerikil

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan Lumpur	4 %	Maksimum 5 %	Memenuhi syarat
<i>Bulk specific gravity</i>	2,61 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
<i>Bulk specific SSD</i>	2,63 gr/cm <sup>3</sup>	2,5-2,7	Memenuhi Syarat
<i>Apparent specific gravity</i>	2,67 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
<i>Absorbtion</i>	0,81 %	-	-
Modulus Halus	2,74	2,3-3,1	Memenuhi syarat



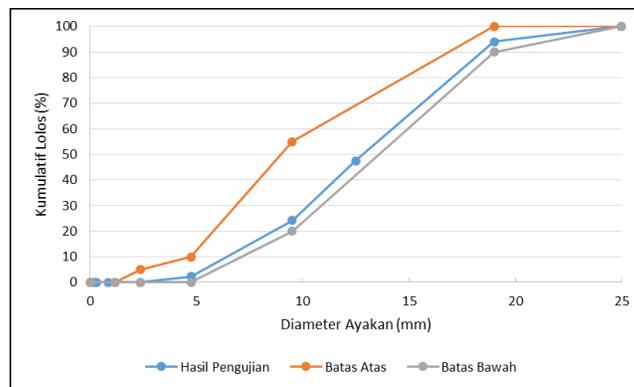
Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Kerikil

Gambar 1 menjelaskan hasil pengujian gradasi agregat halus yang digunakan masih memenuhi syarat batas dari ASTM C-33.

Pengujian terhadap agregat kasar buatan dari limbah plastik PET dengan limbah kertas yang dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis (*specific gravity*), keausan (abrasi) dan gradasi agregat kasar.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
<i>Bulk specific gravity</i>	1,14 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
<i>Bulk specific SSD</i>	1,16 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
<i>Apparent specific gravity</i>	1,17 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
<i>Absorbtion</i>	2 %	-	-
Abrasi	28,03 %	Maksimum 50 %	Memenuhi syarat
Modulus Halus	7,32	5-8	Memenuhi syarat



Gambar 2. Grafik Gradasi Agregat Gerabah

Dalam Gambar 2 menjelaskan bahwa hasil analisis saringan agregat kasar memenuhi syarat batas dari ASTM C-33.

### Analisa Data Hasil Perhitungan Rencana Campuran Adukan Beton

Dari perhitungan rencana campuran (*mix design*) beton ringan dengan mengacu pada metode *Dreux Corrise*. Total material yang dibutuhkan untuk membuat 12 benda uji pada percobaan ini adalah sebagai berikut :

- a. Air = 3,126 liter
- b. Semen = 4,689 kg
- c. Pasir = 11,220 kg
- d. Agregat Buatan = 9,163 kg

### Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* untuk mendapatkan beban maksimum yaitu beban saat beton hancur ketika menerima beban tersebut (Pmax). Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 hari

Nama Benda Uji	P max (kN)	fc'(Mpa)	fc' rata-rata(Mpa)
TK-1	25	5,66	
TK-2	20	4,53	5,66
TK-3	30	6,79	

Kuat tekan beton dengan agregat limbah plastik PET dan limbah kertas didapat rata-rata sebesar 5,66 MPa. Hasil ini didapat setelah dilakukan *curing* dengan perendaman dalam air selama 28 hari. Sedangkan kuat tekan yang direncanakan sebesar 15 MPa. Hasil nilai kuat tekan beton yang didapat tidak setinggi nilai kuat tekan yang disyaratkan, hal ini kemungkinan terjadi karena kekerasan agregat kasar buatan limbah plastik PET dan limbah kertas yang tidak sekeras kerikil. Beton mengalami kerusakan pada bagian ikatan antara agregat kasar dari limbah plastik PET dan limbah kertas dengan mortar. Hal ini dimungkinkan karena permukaan agregat yang cenderung halus. Hasil pengujian kuat tekan disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan

### Hasil Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada saat beton berumur 28 hari. Dengan menggunakan *Universal Testing Machine* untuk mendapatkan gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh beton sebelum beton tersebut putus. Hasil pengujian kuat tarik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Umur 28 hari

Nama Benda Uji	P max (kN)	fs' (Mpa)	fs' rata-rata(Mpa)
TR-1	0,38	1,27	
TR-2	0,26	0,87	1,32
TR-3	0,55	1,83	

Kuat tarik beton dengan agregat limbah plastik PET dan limbah kertas didapat rata-rata 1,32 MPa. Hasil ini didapat setelah dilakukan *curing* dengan perendaman dalam air. Hasil pengujian kuat tarik disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengujian Kuat Tarik

### Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pada pengujian kuat lentur ini adalah dengan meletakkan benda uji diatas 2 tumpuan yang sejajar, kemudian membebaninya dengan beban merata yang terletak ditengah bentang, serta dilakukan penambahan beban secara bertahap hingga mencapai benda uji patah untuk mendapat nilai beban maksimum ( $P_{maks}$ ). Hasil pengujian kuat tarik dapat dilihat Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 28 hari

Nama Benda Uji	$P_{max}$ (kN)	$\sigma_l$ (Mpa)	$\sigma_l$ rata-rata (Mpa)
L-1	1451,88	1,68	
L-2	1599,03	1,85	1,76
L-3	1520,55	1,76	

Pengujian kuat lentur panel dilakukan pada umur beton 28 hari. Kuat lentur panel dengan agregat kasar dari limbah plastik PET dan limbah kertas mempunyai kuat lentur rata-rata 1,76 MPa. Kuat lentur panel pada penelitian ini belum memenuhi standar kuat lentur panel berdasar SNI 03-6861.1-2002. Karena kuat lentur yang disyaratkan sebesar 10 MPa. Kerusakan panel diawali dengan renggangnya ikatan antara agregat kasar dari limbah plastik PET dan limbah kertas dengan pasta semen. Hal tersebut menjadi titik lemah beton dalam uji kuat lentur ini. Hasil pengujian kuat lentur disajikan dalam Gambar 5.

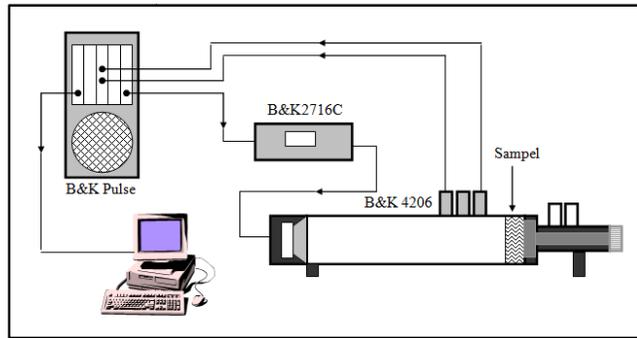


Gambar 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur

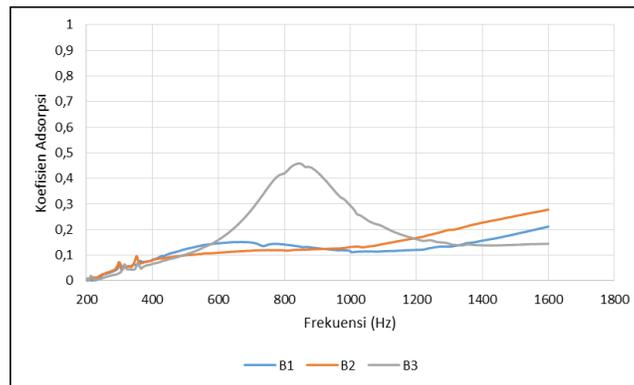
### Hasil Pengujian Redaman Bunyi

Pada pengujian redaman bunyi menggunakan metode impedansi dua mikrofon yang berbasis analisis fungsi transfer terhadap sinyal yang terindra oleh kedua mikrofon. Bunyi berupa random noise dibangkitkan dengan Generator Modul B&K 3160-A-042 yang kemudian diperkuat dengan amplifier B&K 2716C. Gelombang bunyi tersebut kemudian akan merambat dan mengenai benda uji. Sebagian gelombang akan diserap dan sebagian lagi akan terpantulkan kembali. Gelombang datang dan gelombang pantul akan diindra dengan dua buah mikrofon B&K 4187 yang merupakan free field microphone dengan diameter  $\frac{1}{4}$  inci. Setelah diperkuat, sinyal yang

ditangkap oleh kedua mikrofon diteruskan ke 4-ch microphone modul. Skema pengujian koefisien redaman bunyi ditunjukkan dalam Gambar 6, dan hasil pengujian redaman bunyi disajikan dalam Gambar 7.

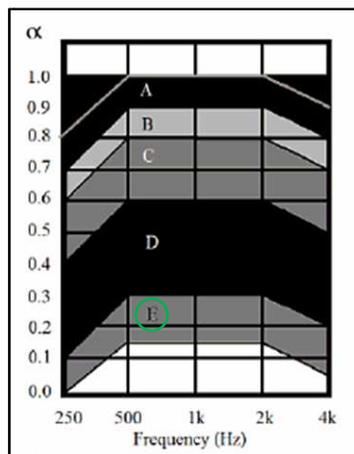


Gambar 6. Konfigurasi dalam Pengujian Koefisien Redaman Bunyi dengan ASTM E-1050-98



Gambar 7. Grafik Koefisien Serap Bunyi

Pengujian redaman bunyi dilakukan pada umur beton 28 hari. Hasil pengujian ditunjukkan dalam bentuk grafik hubungan antara koefisien penyerapan bunyi dengan frekuensi seperti pada Gambar 7. Jika dikaitkan dengan ISO 11654:1997 (Acoustical Sound Absorbers For Use In Buildings-Rating of Sound Absorption) sebagaimana tersaji dalam Gambar 8. Maka beton dengan agregat kasar dari limbah plastik PET dan limbah kertas berada pada kelas E, dimana koefisien serapan berkisar antara 0,1 hingga 0,3 pada rentang frekuensi 250-2000 Hz. Hal ini berarti kemampuan beton dengan agregat kasar dari limbah plastik PET dan limbah kertas untuk menyerap bunyi sangat rendah.



Gambar 8. Kinerja akustik *building sound absorber* mengacu ISO 11654-1997

## SIMPULAN

Dari seluruh pengujian, analisis data, dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan rata-rata beton dengan agregat limbah plastik PET dan limbah kertas sebesar 5,66 MPa.
2. Nilai kuat tarik rata-rata beton dengan agregat limbah plastik PET dan limbah kertas sebesar 1,32 MPa.
3. Nilai kuat lentur rata-rata beton dengan agregat limbah plastik PET dan limbah kertas sebesar 1,76 MPa.
4. Nilai redaman bunyi beton dengan agregat limbah plastik PET dan limbah kertas berada pada kelas E, dimana koefisien serapan berkisar antara 0,1 hingga 0,3 pada rentang frekuensi 250-2000 Hz.
5. Beton dengan agregat limbah plastik PET dan limbah kertas berdasarkan kuat lentur, tidak memenuhi syarat sebagai panel dinding. Berdasarkan redaman bunyi, kemampuan beton dengan agregat limbah plastik PET dan limbah kertas sangat rendah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Achmad Basuki, ST, MT dan Ir. Sunarmasto, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- American Society For Testing and Materials. 2006. *ASTM C136 Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. ASTM. Philadelphia.
- American Society For Testing and Materials. 1998. *Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube, Two Microphones, and a Digital Frequency Analysis System*. ASTM. Philadelphia.
- American Society For Testing and Materials. 1998. *ASTM C127 – 12 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate*. ASTM. Philadelphia.
- Ainie Khuriati, dkk. 2006. *Disain Peredam Suara Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Penyerapan Bunyinya*. Jurusan Fisika Universitas Diponegoro. Semarang.
- Arief Gunarto, dkk. 2008. *Pemanfaatan Limbah Kertas Koran Untuk Pembuatan Panel Papercrete*. Forum Teknik Sipil. Yogyakarta.
- Bagus Cahyono. 2011. *Kajian Kuat Lentur Beton Kertas (Papercrete) Dengan Baban Tambah Serat Nylon*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Bagus Soebandono. 2013. *Perilaku Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Arif : Yogyakarta.
- Muhammad Imron. 2010. *Kajian Ketahanan Kejut (Impact) Beton Kertas Pada Variasi Campuran*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Murdock, L.J & Brook, K.M, (alih bahasa: Stephanus Hendarko). 1991. *Bahan dan Praktek Beton*. Erlangga. Jakarta.
- Pratikto. 2010. *Beton Ringan ber-agregat Limbah botol plastik jenis PET (Poly Ethylene Terephthalate)*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta : Jakarta.
- Ratna Widjaja. 2008. *Limbah Bubur Kertas Untuk Papan Beton*. Jurusan Teknik Sipil FT UNESA. Surabaya.
- Ratna Widyawati. 2011. *Studi Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Metoda Rancang-Campur Dreux-Corrise*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Lampung.
- Shinta Dwisetyowati. 2008. *Studi Sifat-Sifat Mekanis Beton Yang Menggunakan Agregat Kasar Dari Plastik Jenis Polyethylen Terephthalate (PET)*. Skripsi. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- SNI 03-6861.1. 2002, *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*, Balitbang Departemen Kimpraswil, Jakarta.
- SNI 03-4431. 1997, *Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*, Balitbang Departemen Kimpraswil, Jakarta.
- Zulfa Kamila, dkk. 2013. *Pengaruh Fraksi Abu Onggok Aren Dan Konfigurasi Resonator Pada Kinerja Serapan Akustik Batako Ekspose*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret. Surakarta.