

KAJIAN PENGGUNAAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT BETON

Anung Suwarno, Sudarmono

*Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jalan Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang, 50275 Telp. (024) 7473417
Email : jwahana_tspolines@yahoo.com*

Abstract

This paper presents the study of the use of waste plastic bags as a mixture of fine aggregate in concrete production 1 pc: 2 Psr: 3 Split, variations in the mix of plastic is added the mortar 0, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, and 5 %. Any variation tested mixture compressive strength and tensile strength. With this method can further determined that the most optimum addition of plastic to be used as concrete mix. From the test results showed that the addition of plastics 5% increases the tensile strength of concrete approximately 50% compared with no addition of plastic, in contrast with the addition of the same plastic reduces the compressive strength of 47 %. From these results it can be stated that the addition of plastics will increase its tensile strength so that the inner structure of the fiber tensile cracks will not occur, with the addition of waste plastic bags reduces the density of concrete, so the construction is lighter.

Kata kunci : limbah plastik, campuran, kuat tekan, kuat tarik, berat jenis

PENDAHULUAN

Beton Bertulang hingga saat ini masih menjadi pilihan untuk pembuatan konstruksi gedung maupun sipil yang umumnya merupakan gelagar, lantai, kolom, dan lain. Penggunaan beton bertulang sebagai elemen struktur khususnya gelagar/ balok baik pada lantai gedung maupun gelagar jembatan masih sering digunakan karena kemudahan proses pembuatannya. Harga-harga material pada saat ini semakin mahal karena semakin terbatasnya jumlah yang tersedia dibanding pengguna, sementara itu disatu sisi limbah akibat kegiatan manusia yang tidak dapat diurai oleh organisme tanah sehingga akan semakin menambah pencemaran.

Oleh karena itu perlu dikaji agar limbah-limbah khususnya plastik dapat digunakan kembali.

Pembangunan di bidang konstruksi saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap infrastruktur yang semakin maju, seperti jembatan dengan bentang yang panjang, gedung bertingkat tinggi dan fasilitas lainnya. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan dasar struktur dalam konstruksi bangunan, dimana dapat kita lihat telah berdirikokoh seperti gedung-gedung bertingkat, jalan, jembatan, bandar udara, bangunan lepas pantai, stadion, terowongan, dan lain-lain termasuk pembuatan patung.

Dewasa ini beton sering kita jumpai sebagai elemen konstruksi bangunan yang sangat penting dan sangat luas penggunaannya. Pemakaian beton sudah populer, pada perkembangannya beton dicampuri dengan beberapa bahan tambahan baik berupa bahan kimia maupun non kimia di antaranya, Abu Ampas Tebu (AAT), abu sekam padi, styrofoam dan polimer. Polimer sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton merupakan suatu zat kimia yang terdiri dari molekul-molekul yang besar dengan karbon dan hidrogen sebagai molekul utamanya (Mujiarto, 2005). Bahan polimer dapat diperoleh dari limbah plastik yang didaur ulang, Penggunaan bahan tersebut sekaligus bertujuan memanfaatkan limbah plastik, di samping mencari alternatif pengganti semen.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Suraatmadja (2000) tentang pembuatan beton polimer, telah diketahui kelebihan dan kekurangan beton polimer. Dan dalam penelitian yang dilakukan Henry Miller (2009) tentang penggunaan limbah plastik sebagai pengganti bahan baku beton, dapat diketahui bahwa limbah plastik dapat digunakan sebagai bahan alternatif campuran beton tanpa efek yang merugikan, maka dalam penelitian ini dilakukan pembuatan beton dengan penambahan bahan limbah plastik yaitu limbah kantong plastik berwarna.

Dengan penelitian ini diharapkan diperoleh beton dengan sifat mekanik yang lebih baik dari beton yang tanpa menggunakan bahan

tambah lainnya dan dapat memperbaiki sifat beton tanpa mengurangi mutunya serta membantu mengurangi limbah plastik yang selama ini mencemari lingkungan serta bermanfaat bagi pembangunan konstruksi yang menggunakan bahan beton.

Pratikto (2010) melakukan penelitian beton ringan menggunakan agregat limbah botol plastik jenis PET (Polyethylene Terephthalate). PET dapat dijadikan sebagai pengganti agregat kasar pada beton ringan melalui proses pemanasan, pendinginan dan pemecahan. Proses pengadukan berbeda dengan cara pengadukan pada beton normal. Pengadukan dimulai dengan memasukkan agregat pasir, semen dan 50% air ke dalam mixer, kemudian diikuti oleh additive 50% dan diaduk selama 5 menit. Sisa air dan additive dimasukkan ke dalam mixer dan diaduk selama 5 menit berikutnya. Agregat PET dimasukkan terakhir sedikit demi sedikit. Dari penelitian ini didapatkan rasio perbandingan untuk campuran setiap m³ beton ringan struktural adalah semen sebanyak 263 kg, pasir sebanyak 420 kg, air sebanyak 279 kg dan agregat PET sebanyak 559 kg pada pemakaian additive sebanyak 50 ml. Kekuatan tekan yang dihasilkan adalah 17,49 MPa dengan kuat tarik belah 1,15 MPa. Sehingga beton ringan ini dapat dikategorikan sebagai beton struktural. Kekuatan tarik belah yang dihasilkan tidak lebih dari 10% kekuatan tekan, yaitu 1,15 MPa.

Lestario dan Mahendya (2008) meneliti tentang penggunaan

limbah botol plastik (PET) sebagai campuran beton untuk meningkatkan kapasitas tarik belah dan geser. Dari hasil penelitian terhadap beton segar dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya kadar cacahan botol plastik PET yang dicampur dalam campuran beton, maka akan cenderung terjadi penurunan pada nilai slump. Dari hasil pengujian terhadap beton yang telah mengeras didapatkan hasil dengan penambahan cacahan botol plastik PET optimum sebesar 0,5% terjadi peningkatan kuat tarik belah sebesar 25,44% pada umur 7 hari, sedangkan pada umur 28 hari peningkatan optimum pada 0,7% yaitu sebesar 19,39%. Pada kuat geser peningkatan kekuatan optimum terjadi pada 0,5% yaitu sebesar 37,19%.

Soebandono B. dan kawan-kawan (2013) meneliti Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE (High Density Polyethylene). Nilai kuat tekan beton menurun seiring dengan penambahan kadar limbah plastik HDPE. Kuat tekan rata-rata untuk variasi campuran agregat kasar limbah plastik HDPE 0% (normal), 10%, 15% dan 20% berturut-turut sebesar : 27,88 MPa; 15,67 MPa; 14,96MPa; 11,08 MPa. Nilai kuat tarik beton menurun seiring dengan penambahan kadar limbah plastik HDPE. Kuat tarik rata-rata untuk variasi campuran agregat kasar limbah plastik HDPE 0% (normal), 10%, 15% dan 20% berturut-turut sebesar : 2,71 MPa; 2,34 MPa; 2,01 MPa; 1,72 MPa. Pada penelitian tersebut limbah plastik

dibentuk dengan mencacah menjadi seperti agregat kasar.

Berdasarkan tinjauan pustaka tersebut menunjukkan bahwa perhatian penanganan limbah plastik sangat bermanfaat dalam pembuatan elemen konstruksi beton dan pada sisi lain dapat mengatasi menumpuknya limbah di perkotaan akibat perilaku manusia yang tidak peduli dengan lingkungan.

METODE PENELITIAN

Plastic reinforced concrete didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sejumlah limbah plastik yang disebar secara random dalam adukan. Penambahan limbah kantong plastik warna adalah untuk memberikan perkuatan pada beton yang disebar merata ke dalam adukan beton dengan orientasi random dimana dapat mencegah terjadinya retakan pada beton di daerah tarik akibat pengaruh pembebanan, pengaruh susut pada beton atau pengaruh panas hidrasi.

Kuat tarik beton dipengaruhi oleh bentuk potongan plastik dan jumlah yang digunakan. Setiap jenis plastik mempunyai kelebihan dan kekurangan, masing-masing tergantung dari tujuan pemakaiannya. Perilaku fisik beton dengan campuran limbah plastik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain sifat-sifat fisik plastik dan perlekatan. Pengamatan mengenai kedua hal ini sangat diperlukan untuk memperkirakan kontribusi limbah plastik sehingga sifat-sifat beton komposit dapat

diperkirakan. Perbaikan terhadap sifat-sifat struktur beton dengan menggunakan limbah plastik dapat meningkatkan beban kejut, kemampuan untuk menyerap energi, daktilitas, ketahanan terhadap kelelahan, susut, kekuatan lentur, geser, dan sebagainya.

Beberapa sifat fisik limbah plastik antara lain, rata-rata mempunyai panjang ulur dua sampai tiga kali lebih besar dari regangan runtuhnya, hal ini akan menyebabkan matrik akan retak sebelum kuat tarik maksimum plastik tercapai. Plastik umumnya mempunyai modulus elastisitas yang lebih besar dari modulus elastisitas matrik tetapi karena perbandingan serat yang

digunakan jauh lebih kecil dari volume matrik, modulus elastisitas beton campuran limbah plastik tidak banyak terpengaruh oleh sifat ini dan lebih mendekati modulus elastisitas matrik.

Untuk mengetahui sifat-sifat beton campuran limbah plastik akan dilakukan pengujian antara lain :

Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan digunakan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik terhadap kekuatan beton yang dikomparasi dengan beratnya. Komposisi campuran limbah plastik akan divariasikan terhadap agregat halus dengan detail contoh uji sebagai berikut :

Tabel 1 Contoh Uji Penelitian

No.	Campuran	Limbah Plastik (%)	Uji Kuat Tarik	Uji Kuat tekan
1.	1:3:3	0	3	3
2.	1:3:3	1	3	3
3.	1:3:3	1,5	3	3
4.	1:3:3	2	3	3
5.	1:3:3	2,5	3	3
6.	1:3:3	3	3	3
7.	1:3:3	4	3	3
8.	1:3:3	5	3	3

Dari variasi campuran limbah plastik tersebut selanjutnya dapat dicari campuran paling ideal untuk bahan beton.

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004). Kuat tekan beton adalah perbandingan

antara beban dan luas penampang beton. Kuat tekan beton (f'_c) dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut :

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

f'_c : kuat tekan beton (MPa)

P : beban tekan (N)

A : luas penampang benda uji (mm²)

Uji Kuat Tarik

Uji kuat tarik dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Spesimen silinder direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Uji ini disebut juga Splitting test atau Brazillian test karena metode ini diciptakan di Brasil. Tegangan tarik tidak langsung dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi.L.D}$$

T : kuat tarik beton (MPa)

P : beban hancur (N)

L : panjang spesimen (mm)

D : diameter spesimen (mm)

Bahan

Bahan-bahan penyusun campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen portland normal (Type I) merk Tiga Roda kapasitas 40 kg.
2. Agregat kasar berupa batu pecah (split) dengan ukuran 10-15 mm.
3. Agregat halus (pasir) dari Muntilan.
4. Limbah kantong plastik yang telah dicacah atau dihancurkan.
5. Air dari tower Polines.

Pelaksanaan Penelitian :

1. Pengumpulan plastik limbah yang telah dibersihkan dari lumpur/kotoran.
2. Pemeriksaan agregat
3. Pencampuran dengan perbandingan volume yang umum digunakan dimasyarakat yaitu 1:2:3 dengan berbagai variasi tambahan limbah kantong plastik.

4. Pengadukan dan pencetakan beton campuran limbah kedalam cetakan uji
 - a. Uji kekuatan dengan model silinder
 - b. Uji kuat tarik
5. Perawatan beton sampai umur 28 hari.
6. Pengujian kuat tekan, kuat lentur dan kuat tarik.
7. Analisis hasil pengujian dan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan Material

Sebelum material dicampur masing-masing dibersihkan dari sampah kotoran. Karena pasir masih bercampur kerikil besar maka dilakukan penyaringan agar didapat gradasi agregat halus dengan diameter maksimum 5 mm. Sedangkan kecil dicuci untuk membersihkan dari lumpur dan kotoran. Pemotongan lembaran plastik menjadi keci-kecil berukuran 1x10 cm, dalam penelitian ini belum divariasikan, sedangkan pada penelitian lanjutan akan ditinjau pengaruh besar ukuran lembaran plastik hitam yang digunakan.

Pembuatan Benda Uji Tarik dan Tekan

Benda uji untuk mengetahui pengaruh penambahan plastik hitam dibuat dalam bentuk silinder baik untuk uji tekan maupun uji tarik sebagaimana rumusan yang diberikan dalam metodologi di atas. Secara umum proses dilakukan sebagai berikut :

1. Penentuan ukuran benda uji silinder dengan skala ukuran standar

2. Penentuan ukuran potongan plastik hitam
3. Penentuan pesentasi volume plastik hitam terhadap agragat halus
4. Pencampuran adukan sesuai persentase campuran
5. Pengecoran sesuai dengan proporsi campuran yang telah ditentukan dalam metodologi dan pengecoran benda uji silinder untuk menentukan mutu beton.

Cetakan untuk benda uji pada penelitian ini dibuat dari pipa PVC 4 inch atau kurang lebih 102 mm, maka dengan skala ukuran standar silinder didapat ukuran tinggi silinder cetakan pvc menjadi 205 mm. Dengan menggunakan cetakan yang lebih kecil dan terbuat dari pipa pvc ini diharapkan agar lebih mudah melepaskan dank arena keterbatasan jumlah cetakan silinder yang ada di Polines. Dengan ukuran yang diskalakan ini diharapkan tidak terjadi perbedaan yang signifikan dengan cetakan standar, dikarenakan pembanding dalam menentukan kekuatan mempunyai ukuran yang sama.

Takaran untuk menentukan perbandingan dan persentasi jumlah plastik hitam yang digunakan terbuat dari kaleng dengan tinggi 10 cm, sedangkan takaran untuk menentukan jumlah persentasi plastik digunakan pipa PVC 2 inch yang digaris-garis sejumlah sepuluh bagian setiap bagian garis menggambarkan besaran 5%, maka untuk menentukan persentasi yang lebih kecil antar garis dibagi lagi menjadi 5 bagian. Cara ini dipilih untuk memudahkan ukuran persentasi

campuran plastik bila dibandingkan dengan perbandingan dalam ukuran berat, karena plastik hitam mempunyai berat yang jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan berat pasir maupun split.

Setelah persentase campuran plastik dan perbandingan semen, pasir dan kerikil/ split ditakar langkah selanjutnya adalah pengadukan campuran dengan alat bantu cetok, pencampuran dimulai dengan menuangkan pasir, kerikil, semen, dan plastik kemudian diikuti dengan memasukkan pencampur air dengan ukuran 2,5 kaleng ukur. Nilai air ini merupakan nilai yang diperkirakan untuk workability yang sedang dalam pengecoran dan tidak terlalu encer untuk semua komposisi benda uji yang akan dibuat, dengan demikian perlakuan dan slump yang dihasilkan akan relative sama.

Ada baiknya apabila pengadukan menggunakan mesin aduk/ molen sehingga plastik yang digunakan sebagai bahan tambah dapat membentuk gulungan-gulungan plastik terpilin yang akan berfungsi sebagai serat dalam campuran beton. Campuran yang telah merata selanjutnya dicorkan pada cetakan dalam tiga lapis, dimana setiap lapis dipadatkan dengan tongkat baja diameter 12 mm sebanyak 25 tusukan setiap lapisnya. Setelah lapis tiga/ terakhir selanjutnya pada permukaan ditutup dengan campuran yang lebih halus berupa pasir dan semen setebal kurang lebih 5 mm agar diperoleh permukaan yang rata dan halus pada kedua ujung silinder.

Perawatan Benda Uji Silinder

Perawatan beton diperlukan untuk menjaga agar proses hidrasi dari semen dan pengikatan berjalan dengan baik. Perawatan diperlukan sekurang-kurangnya selama 7 hari dengan cara pembasahan. Dalam penelitian ini perawatan dilakukan dengan penyiraman air selama cetakan belum dibongkar yaitu 3x24 jam. Kemudian perawatan dilanjutkan dengan perendaman dalam air dengan panas natural selama umur beton yaitu 28 hari.

Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik

Pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Pengujian setelah umur beton 28 hari merupakan standar beton telah mencapai puncak kekuatannya yang secara umum juga menjadi rekomendasi dalam pelaksanaan konstruksi. Hasil pengujian diberikan dalam tabel 2 dan 3. Selanjutnya kuat tekan silinder dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

$f'c$: kuat tekan beton (MPa)

P : beban tekan (N)

Sedangkan rumusan untuk menentukan kuat tarik adalah :

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi.L.D}$$

Keterangan :

σ_t : kuat tarik beton (MPa)

P : beban hancur (N)

L : panjang spesimen (mm)

D : diameter spesimen (mm)

Pengujian kuat tarik dilakukan dengan menggunakan alat yang sama namun dengan posisi benda uji tidur sesuai prosedur pengujian yang diberikan oleh ASTM. Agar dipenuhi umur beton standar pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Walau sebenarnya untuk pengujian kuat tekan dapat dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari atau 21 hari, namun untuk pengujian yang terkait dengan kekuatan ini dilakukan setelah beton mencapai umur minimal 28 hari. Karena pada umur ini beton telah mencapai kekuatan maksimumnya, sehingga keadaan waktu pengujian dengan keadaan konstruksi ketika mulai menahan beban adalah sama. Dari pengujian kuat tekan dan tarik variasi campuran didapatkan hasil seperti dalam tabel 2 dan 3 di bawah.

Pembahasan

Kuat tekan beton uji silinder dari variasi campuran yang direncanakan di atas diperoleh mutu kuat tekan yang ditunjukkan dalam gambar 1. Grafik menunjukkan bahwa dengan menggunakan variasi campuran plastik dari 0%en sampai 5% menunjukkan bahwa kekuatan tekan yang diperoleh pada campuran sedikit mengalami penurunan, artinya dengan penambahan campuran plastik akan mengurangi kuat tekan, namun disisi lain berat sendiri beton lebih ringan. Dari grafik kuat tarik dengan adanya penambahan plastik menunjukkan peningkatan yang lebih baik. Disini

dapat dikatakan bahwa penambahan plastik akan menambah kuat tarik beton sehingga kalau diterapkan pada struktur akan mengurangi retak-retak

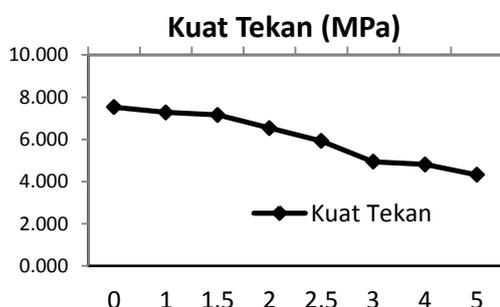
rambut. Hasil pengujian kuat tarik ditunjukkan dalam gambar 2 di bawah.

Tabel 2. Kuat Tekan Campuran

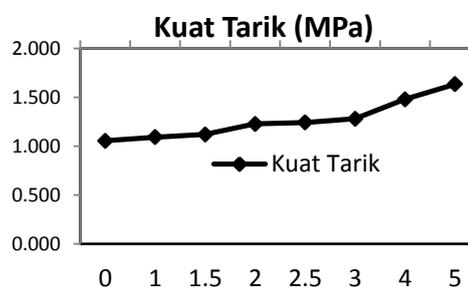
No.	% Campuran Plastik	Berat (kg)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	% Penurunan
1.	0	4,50	61	7,524	0,000
2.	1	4,40	59	7,277	3,279
3.	1,5	4,50	58	7,154	4,918
4.	2	4,45	53	6,537	13,115
5.	2,5	4,45	48	5,921	21,311
6.	3	4,50	40	4,934	34,426
7.	4	4,40	39	4,810	36,066
8.	5	4,35	35	4,317	42,623

Tabel 3. Kuat Tarik

No.	% Campuran Plastik	Berat (kg)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tarik (Mpa)	% Peningkatan
1.	0,0	4,50	34,2	1,055	0,000
2.	1,0	4,50	35,4	1,092	3,509
3.	1,5	4,45	36,3	1,119	6,140
4.	2,0	4,40	39,8	1,227	16,374
5.	2,5	4,45	40,3	1,243	17,836
6.	3,0	4,40	41,5	1,280	21,345
7.	4,0	4,50	48,0	1,480	40,351
8.	5,0	4.20	53,0	1,634	54,971



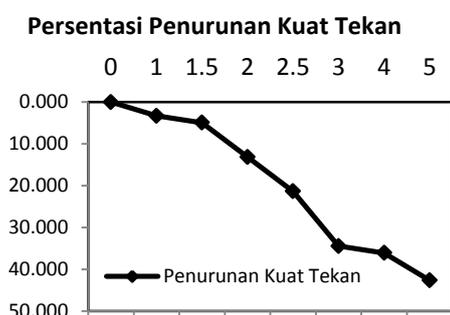
Gambar 1. Grafik Kuat Tekan Beton dg Variasi Campuran Plastik



Gambar 2. Grafik Kuat Tarik Variasi Campuran Plastik

Dari tabel 2 dan 3 menyatakan bahwa terjadi penurunan kekuatan tekan

kurang lebih 40% dengan penambahan campuran plastik sebesar 5%, sedangkan kekuatan tariknya meningkat kurang lebih 50% bila dibandingkan tanpa penambahan campuran plastik. Grafik berikut menunjukkan penurunan kuat tekan dan peningkatan kuat tarik akibat penambahan campuran plastik pada beton dengan kadar semen yang sama.



Gambar 3. Grafik Penurunan Kuat Tekan Variasi Campuran Plastik



Gambar 4. Grafik Peningkatan Kuat Tarik Variasi Campuran Plastik

SIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan di atas dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa kekuatan tekan beton akan sedikit mengalami penurunan dengan semakin besarnya persentase plastik hitam yang ditambahkan; kekuatan tarik beton bertambah seiring dengan

penambahan plastik hitam pada campuran yang sama perbandingan semen, pasir dan splitnya; serta penambahan plastik akan mengurangi berat elemen konstruksi sehingga akan berdampak semakin ringannya bangunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam Pengabdian ini atas nama tim peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah mendukung pelaksanaan Penelitian ini, antara lain Polines yang telah membiayai Penelitian ini, UP2M Polines yang telah membantu terselenggaranya Penelitian, dan para anggota tim peneliti yang telah bekerja untuk proses Penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Pratikto, 2011, *Beton Ringan Ber-agregat Limbah Botol Plastik jenis PET (Polyethylene Terephthalate)*, Politeknik Negeri Jakarta
- Ramadhani S, 2011, *Pemanfaatan Beton Styrofoam Ringan Untuk Fondasi Sumuran*, Jurnal SMARTek, Universitas Tadulako Palu
- Renilaili, 2013, *Pemanfaatan Kemasan Plastik Bekas Dalam Campuran Beton Polimer*, Jurnal Ilmiah TEKNO, Universitas Bina Darma Palembang
- Rismayasari, Y., Utari, Santosa, U., 2012, *Pembuatan Beton dengan Campuran Limbah Plastik dan Karakterisasinya*,

- Indonesian Journal of Applied Physics, Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta
- SOEBANDONO, B., PUJIANTO, A., KURNIAWAN, D., 2013, *Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE*, JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Tjokrodimuljo, K. 2007, *Teknologi Beton*, KMTS FT UGM Yogyakarta
- Wibowo, 2005, *Kapasitas Lentur, Toughness, dan Stiffness balok beton berserat polyethylene*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Zuraidah, S, Sudjatmiko, B., Salaudin, E., 2009, *Peningkatan Kuat Lentur Pada Beton Dengan Penambahan Fiber Polypropylene Dan Copper Slag (Terak Tembaga)*, Universitas Dr. Sutomo Surabaya