

Pengaruh Abu Cangkang Telur Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Terhadap Sifat Mekanik Beton

Khaerul¹, Muhammad Adriansyah², Abd. Karim Hadi³, Arsyad Fadhil⁴, Mukti Maruddin⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM 05 Makassar, Sulawesi Selatan
Email: ¹chaerulusman017@gmail.com; ²mhmmdrnr@gmail.com; ³abdkarim.hadi@umi.ac.id;
⁴arsyad.fadhil@umi.ac.id; ⁵mukti.mukti@umi.ac.id

ABSTRAK

Semakin tingginya kebutuhan akan pembangunan di Indonesia, menekan biaya infrastruktur dengan inovasi pemanfaatan material alternatif harus menjadi solusi jangka panjang. Menjadi nilai tambahan jika material konstruksi alternatif yang dimanfaatkan adalah limbah buangan. Salah satu limbah yang potensial dimanfaatkan yaitu limbah cangkang telur yang potensial dicobakan sebagai material substitusi semen pada campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton yang berisi abu cangkang telur sebagai material substitusi parsial semen sehingga dapat diketahui kadar abu cangkang telur yang optimum. Pada penelitian ini dibuat beton dengan bahan baku abu cangkang telur yang dikombinasikan dengan material penyusun beton pada umumnya. Secara parsial, abu cangkang telur menggantikan berat semen dengan kadar 0%, 4%, 8%, dan 12% dari total berat semen. Dari hasil pengujian umur 28 hari kuat tekan yang dihasilkan nilai kuat beton setiap kadar abu cangkang secara berurutan yaitu 30.48 MPa; 33.69 MPa; 35.59 MPa; dan 29.44 MPa. Kuat tarik belah yang dihasilkan pada umur 28 hari untuk setiap kadar abu cangkang secara berurutan yaitu sebesar 3.26 MPa; 3.82 MPa, 4.10 MPa, dan 3.40 MPa. Artinya penggunaan abu cangkang telur sebanyak 8% dari berat total semen yang menghasilkan kuat tekan 35.116 MPa dan tarik belah maksimum 4.043 MPa yang menjadikan variasi abu 8% sebagai kadar optimum.

Kata Kunci: Beton abu cangkang telur, sifat mekanik beton, teknologi beton

ABSTRACT

With the increasing need for development in Indonesia, and reducing infrastructure costs with innovative use of alternative materials must be a long-term solution. It becomes an added value if the alternative construction material used is waste disposal. One of the potentially utilized wastes is eggshell waste which has the conceivable characteristic to be tried as a cement substitution in concrete mixes. This research aims to test the compressive strength and split tensile strength of concrete containing eggshell ash as a partial cement substitution material so that the optimum shell ash content can be determined. In this study, concrete was prepared using eggshell ash as a raw material combined with general concrete constituent materials. Partially, egg shell ash replaces the weight of cement with levels of 0%, 4%, 8%, and 12% of the cement total weight. The test of the 28-day compressive strength test resulted the concrete strength values for each shell ash content sequentially were 30.48 MPa; 33.69 MPa; 35.59 MPa; and 29.44 MPa. The resulting split tensile strength at 28 days for each shell ash content respectively was 3.26 MPa; 3.82 MPa, 4.10 MPa and 3.40 MPa. This means that the use of eggshell ash as much as 8% of the total weight of cement produces a compressive strength of 35,116 MPa and a maximum splitting tensile strength of 4,043 MPa which makes the variation of 8% ash the optimum content.

Keywords: Concrete eggshell ash, concrete mechanical properties, concrete technology

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan dan proses daur ulang sampah yang tidak mampu mengimbangi jumlah produksi sampah harian menjadi problematika di negara berkembang seperti di Indonesia (Dewi, 2018). Sampah dengan produksi besar berasal dari pabrik dan rumah tangga yang berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan dan aktivitas di setiap sektor (Suryani, 2015). Cangkang telur adalah salah satu buangan yang banyak dihasilkan dari rumah tangga (Agustini et al., 2011).

Seiringan dengan itu, kemajuan pesat dalam bidang konstruksi mengakibatkan kebutuhan material konstruksi semakin tinggi begitu pula dengan pemanfaatan energi yang semakin meningkat (Tanubrata, 2019). Pembangunan infrastruktur pada negara seperti Indonesia dapat menggelontorkan biaya logistik yang sangat mahal sebagai dampak tingginya biaya produksi dan pengangkutan material ke lokasi pembangunan (Wirabrata & Silalahi, 2012). Dengan semakin tingginya kebutuhan akan pembangunan di Indonesia, menekan biaya infrastruktur dengan inovasi pemanfaatan material alternatif harus menjadi solusi jangka panjang. Menjadi nilai tambahan jika material konstruksi alternatif yang dimanfaatkan adalah limbah buangan (Kurniaty & Rizal, 2011). Salah satu limbah yang potensial dimanfaatkan yaitu limbah cangkang telur dalam hal ini untuk berperan sebagai material substitusi semen pada campuran beton (Hibur, 2017).

Pemanfaatan material alternatif untuk substitusi material konvensional menjadi sub topik penelitian yang sering dipilih dalam bidang ilmu teknik sipil. Dengan karakteristik yang ada pada abu cangkang telur, material ini dianggap potensial untuk

meningkatkan kinerja beton. Agar bisa berbaur dengan komponen beton, limbah cangkang telur terlebih dahulu diproses menjadi abu yaitu dihancurkan sampai berbentuk serbuk.

Pemanfaatan abu cangkang telur dalam penelitian ini perlu dicoba secara parsial yaitu dengan substitusi semen dengan persentase berat tertentu. Dari percobaan tersebut kemudian akan dicoba mengamati sifat – sifat mekanik beton untuk setiap variasi kadar abu cangkang telur sehingga dapat diketahui kadar terbaik yang cocok diterapkan pada produksi beton untuk keperluan konstruksi dalam skala besar.

Beton memiliki beberapa kekurangan seperti retak susut tinggi dan kerapuhan. Salah satunya adalah beton normal yang diperkuat dengan abu cangkang telur terdistribusi secara seragam sehingga akan meningkatkan sifat – sifat mekanik beton seperti kekuatan lentur, kuat tekan dan ketahanan terhadap kelelahan, serta mengurangi retak pada beton normal.

Peneliti berupaya untuk meningkatkan sifat – sifat mekanik beton dengan menggunakan abu cangkang telur sebagai kontribusi pengubah / memberikan sifat tertentu pada beton. Penelitian ini mencoba memanfaatkan abu cangkang telur dengan substitusi parsial bahwa campuran beton menggunakan abu cangkang telur yang diharapkan mampu mengurangi kebutuhan akan material konvensional. Proporsi abu cangkang yang digunakan diatur agar dapat dihasilkan beton dengan kinerja yang menyamai atau bahkan melebihi campuran konvensional.

1.2 Tujuan Penelitian

- 1) Untuk menganalisis kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton dengan abu cangkang telur sebagai material substitusi parsial

semen.

- 2) Untuk mengetahui besar persentase maksimum penggunaan abu cangkang telur sebagai material substitusi parsial semen pada campuran beton.

2. Metode Penelitian

Tahapan awal penelitian yaitu pengujian dasar agregat kasar dan halus. Dari material yang sudah memenuhi standar,

dilakukan *job mix design*. Selanjutnya dibuat benda uji silinder yang mengandung abu cangkang telur dengan berat 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen masing-masing 3 sampel sehingga total sampel yaitu 12. Di umur ke 28 hari, pada setiap sampel diuji kuat tekan dan kuat tarik belah. Data pembacaan pada alat selanjutnya diolah pada *Microsoft Excel*.

Tabel 1. Jumlah dan kode benda uji kuat tekan dan kuat tarik belah

No.	Variasi serat fiber	Kode benda uji	Umur beton (28 hari)	Jumlah (buah)
Pengujian Kuat Tekan				
1	0%	ESP-1	3	12
2	4%	ESP-2	3	
3	8%	ESP-3	3	
4	12%	ESP-4	3	
Pengujian Kuat Tarik Belah				
1	0%	TB-1	3	12
2	4%	TB-2	3	
3	8%	TB-3	3	
4	12%	TB-4	3	

Tabel 1 menunjukkan penamaan sampel dan jumlah untuk setiap kadar abu cangkang yang akan diuji pada tahapan selanjutnya. Untuk sampel yang akan diuji kuat tekannya diberi kode ESP, semnetara untuk sampel yang akan diuji untuk kuat tarik belah diberi kode TB. Setiap pengujian memerlukan 12 buah sampel sehingga total disiapkan 24 sampel beton silinder.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan agregat kasar

No.	Karakteristik pemeriksaan agregat kasar	Hasil	Spesifikasi
1.	Modulus Kehalusan	6.955	6.0 – 7.1
2.	Kadar Air	0.960 %	-
3.	Berat Volume	1.429 Kg/ltr	1.2-1.75Kg/ltr
4.	Spesific Gravity	2.650	2.4 - 2.9
5.	Absorbsi	1.720 %	≤ 3 %
6.	Kadar Lumpur	0.402 %	≤ 1 %
7.	Keausan	28.810 %	≤ 40 %

Agregat kasar diperoleh dari Malino Sulawesi Selatan. Waktu perjalanan yang di tempuh ke lokasi penambangan tersebut dari kota Makassar kurang lebih sekitar 1 jam. Agregat kasar tersebut

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pemeriksaan

Berikut hasil pemeriksaan dasar material agregat kasar dan halus agar dapat dipastikan bahwa setiap material memenuhi standar guna untuk mencapai kualitas mutu beton yang direncanakan.

merupakan agregat kasar dari hasil pemecahan batu sungai Bili-Bili. Hasil pengujian properti agregat halus tetera pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan agregat halus

No.	Karakteristik pemeriksaan agregat halus	Hasil	Spesifikasi
1.	Modulus Kehalusan	2.763	2.3 – 3.1
2.	Kadar Air	1.575 %	-
3.	Berat Volume	1.580 Kg/ltr	1.2–1.75Kg/ltr
4.	Specific Gravity	2.680	2.4 - 2.9
5.	Absorpsi	0.806 %	≤ 3 %
6.	Kadar Lumpur	3 %	≤ 5 %
7.	Kadar Organik	Warna Bening Kekuningan	Standar Warna

Agregat halus juga diperoleh dari PT. ARBA TRITAMA, Malino Sulawesi Selatan. Tabel di atas membuktikan bahwa agregat halus yang digunakan

memenuhi setiap standar pengujian agregat halus sehingga layak dijadikan komponen penyusun beton.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan semen

No.	Karakteristik semen	Hasil	Spesifikasi
1.	Berat Jenis	3.1	3.05 – 3.25
2.	Kehalusan # No.100	7 %	10 %
3.	Kehalusan # No.200	9 %	10 %
4.	Berat Volume	1.236	1.1 - 1.4 Kg/ltr
5.	Konsistensi Normal	25.6	10 ± 1%
6.	Waktu Ikat Awal	24 mm	25 ± 1 mm
7.	Waktu Ikat Akhir	0 mm	25 ± 1 mm

Semen tonasa tipe PCC (*Portland Composite Cement*) dipilih sebagai bahan penyusun beton yang akan diuji. Semen Tonasa merupakan semen milik BUMN yang pembuatannya berada di wilayah Kab. Pangkep, Sulawesi Selatan. Untuk menempuh ke lokasi pabrik semen tersebut dari kota Makassar, waktu yang dibutuhkan kurang lebih sekitar 1 jam perjalanan. Tabel 4 menjadi bukti bahwa semen

yang digunakan memenuhi spesifikasi pengujian.

3.2. Hasil Mix Design SNI (Standar Nasional Indonesia)

Perencanaan campuran dalam pembuatan beton dengan bahan substitusi parsial semen menggunakan abu cangkang telur dilakukan dengan formulasi seperti tersaji di tabel 5.

Pengaruh Abu Cangkang Telur Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Terhadap Sifat Mekanik Beton

Tabel 5. Komposisi campuran beton untuk setiap 1 m³ beton berdasarkan variasi abu cangkang telur

Variasi abu cangkang telur (%)	Agregat kasar (Kg)	Agregat halus (Kg)	Semen (Kg)	Abu Cangkang Telur (Kg)	Air (Kg)
0	900.270	731.637	469.108	0	205
4	900.270	731.637	450.344	18.764	205
8	900.270	731.637	431.580	37.528	205
12	900.270	731.637	412.816	56.292	205

Pada tabel 5 menunjukkan komposisi bahan material penyusun beton normal hingga beton abu cangkang telur untuk setiap 1 m³.

Tabel 6. Kebutuhan material beton untuk *trial mix* faktor kehilangan 10 % pada benda uji silinder

Variasi serat (%)	Jumlah benda uji	Agregat kasar (Kg)	Agregat halus (Kg)	Semen (Kg)	Abu Cangkang Telur (Kg)	Air (Kg)
0	3	15.893	12.995	8.203	0	3.553
4	3	15.893	12.995	7.875	0.328	3.553
8	3	15.893	12.995	7.547	0.656	3.553
12	3	15.893	12.995	7.218	0.984	3.553

Tabel 6 menunjukkan berat setiap komponen penyusun beton untuk setiap variasi kadar abu cangkang telur yang akan diuji. Dan dilihat bahwa penambahan berat abu cangkang telur bermakna pengurangan berat semen.

3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan

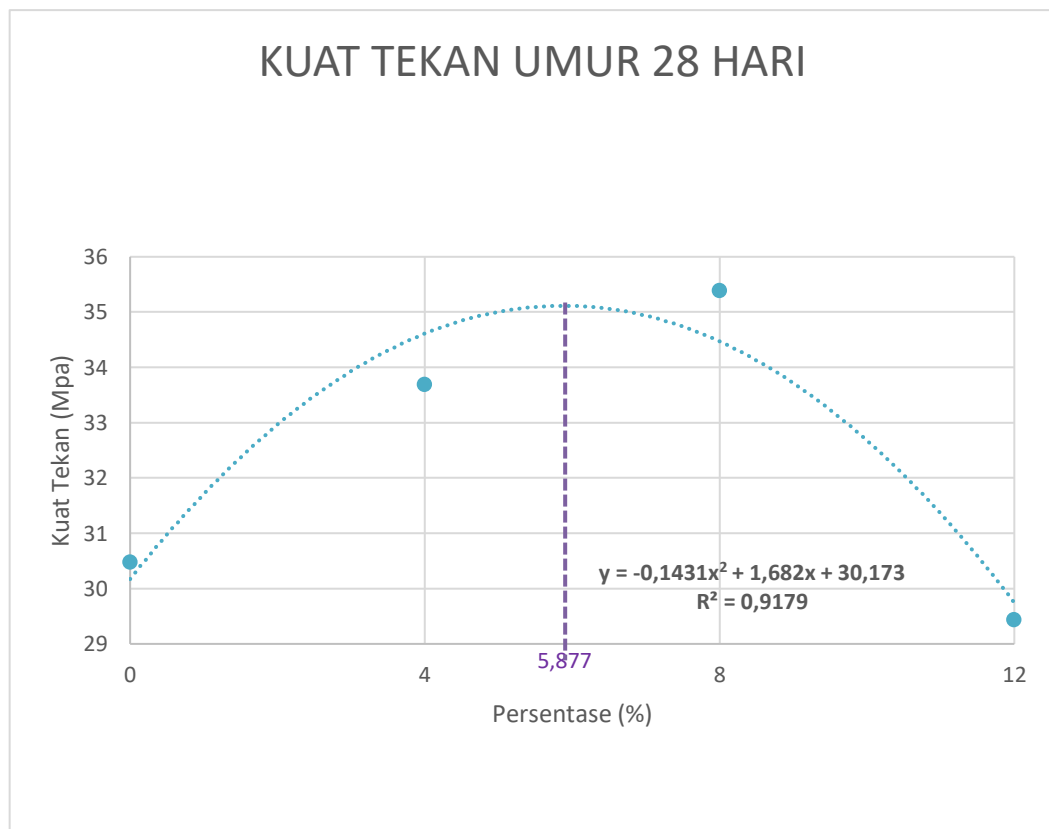
Berikut adalah nilai kuat tekan dari pengujian pada alat *compressive machine* pada setiap sampel yang telah disiapkan.

Tabel. 7 Hasil kuat tekan beton umur 28 Hari

Kode benda uji	Hasil pengujian		
	Slump (mm)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1.ESP- 0%	75-100	30.29	30.48
1.ESP- 0%	75-100	29.72	
1.ESP- 0%	75-100	31.42	
1.ESP- 4%	75-100	32.84	33.69
1.ESP- 4%	75-100	33.69	
1.ESP- 4%	75-100	33.54	
1.ESP- 8%	75-100	36.32	35.59
1.ESP- 8%	75-100	34.25	
1.ESP- 8%	75-100	35.67	
1.ESP- 12%	75-100	30.01	29.44
1.ESP- 12%	75-100	29.44	
1.ESP- 12%	75-100	28.87	

Tabel 7 menunjukkan hubungan kuat rata-rata beton dan pengaruh abu cangkang telur. Berdasarkan tabel tersebut, nilai kuat tekan rata-rata beton mengandung abu cangkang telur sebagai bahan substitusi parsial semen 0% adalah 30.48 Mpa, 4% sebesar 33.69 Mpa, 8% sebesar 35.69 Mpa, dan 12% sebesar 29.44 Mpa. Persentase kenaikan kuat tekan dari 0% penambahan abu cangkang telur sebagai bahan substitusi parsial semen adalah 4% sebesar

10.53%, 8% sebesar 17.09%, sedangkan 12% mengalami penurunan sebesar 3.41%. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa sampel dengan persentase 4% dan 8% penambahan abu cangkang telur, terus mengalami peningkatan kuat tekan, sedangkan pada persentase 12% sudah mengalami penurunan kuat tekan, hal ini disebabkan karena persentase penambahan abu cangkang telur sebanyak 12% sudah terlalu banyak dalam campuran beton.



Gambar 1. Grafik hubungan kuat tekan dengan variasi abu cangkang telur

Hubungan antara kuat tekan dan persentase abu cangkang telur ditunjukkan pada gambar 1. Dari grafik diketahui bahwa pengaruh abu cangkang telur dalam penggunaan beton terhadap nilai kuat tekan bersifat polinomial berderajat 2 atau dengan istilah lain parabolik. Puncak kurva adalah nilai kuat tekan optimum sebesar 35.116 MPa yang terjadi pada kadar abu cangkang telur sebesar 5,877%.

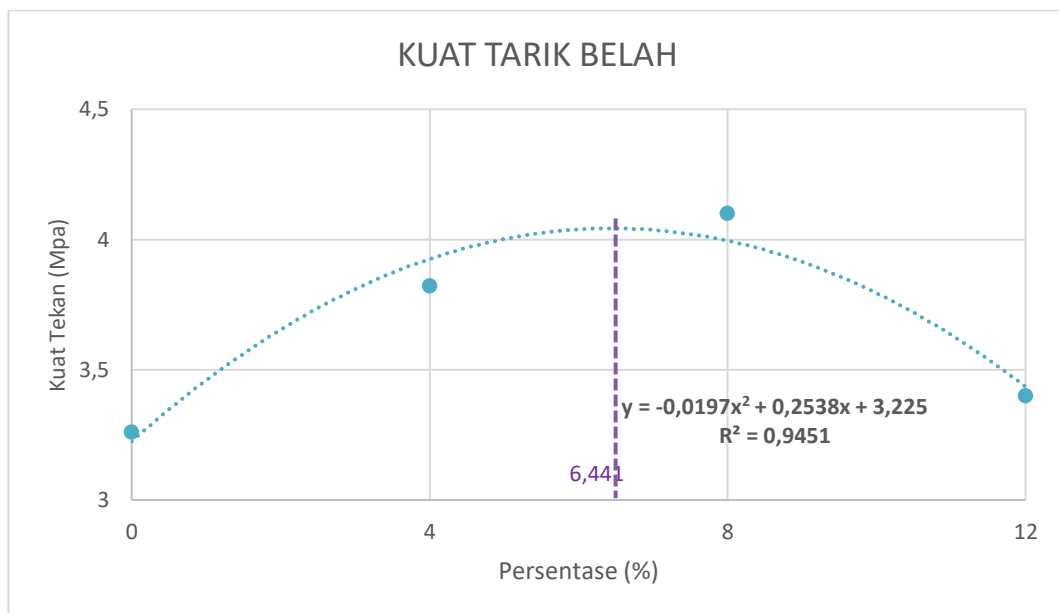
3.4. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Perencanaan slump beton ini 75 – 100 mm dan menggunakan benda uji berbentuk silinder. Dari penelitian terdahulu diketahui bahwa kecendrungan nilai kuat tarik belah beton ada pada interval 8% - 15% kuat tekan beton.

Tabel. 8 Hasil kuat tarik belah beton umur 28 hari

Kode benda uji	Hasil pengujian		
	Slump (mm)	Kuat tarik lentur (MPa)	Kuat tarik lentur rata-rata (MPa)
1.TB-0 %	75-100	3.11	
2.TB-0%	75-100	3.26	3.26
3.TB-0%	75-100	3.40	
4.TB-4%	75-100	3.82	
5.TB-4%	75-100	3.68	3.82
6.TB-4%	75-100	3.96	
7.TB-8%	75-100	4.10	
8.TB-8%	75-100	4.25	4.10
9.TB-8%	75-100	3.96	
10.TB-12%	75-100	3.54	
11.TB-12%	75-100	3.26	3.40
12.TB-12%	75-100	3.40	

Tabel 8 menyatakan bahwa kuat tarik belah cenderung meningkat mulai dari variasi abu cangkang telur 0% hingga 8%, lalu menurun setelahnya.



Gambar 2. Grafik hubungan kuat tarik belah dengan variasi abu cangkang telur

Gambar 2 menyatakan bahwa penambahan abu cangkang berpengaruh secara polinomial atau parabolik terhadap kuat tarik belah beton. Kuat tarik belah optimum sebesar 4.043 MPa yang terjadi pada persentase 6,441% (persentase berat abu cangkang telur dari total berat semen).

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

- 1) Hasil pengujian beton dengan penambahan abu cangkang telur sebagai bahan substitusi parsial semen menghasilkan kuat tekan pada 0% sebesar 30,48 Mpa, 4% sebesar 33,69 Mpa, 8% sebesar 35,69 Mpa, dan 12% sebesar 29,44 Mpa, dan pada pengujian kuat tarik belah pada 0%

sebesar 3,26 Mpa, 4% sebesar 3,82 Mpa, 8% sebesar 4,10 Mpa, dan 12% sebesar 3,40 Mpa.

- 2) Hasil pengujian beton mendapatkan persentase optimum penambahan abu cangkang telur sebagai bahan substitusi parsial semen yaitu sebesar 5,877% di pengujian kuat tekan dengan kuat tekan maksimum 35,116 Mpa dan 6,441% di pengujian kuat tarik belah dengan kuat tarik belah maksimum 4,043 Mpa.

4.2. Saran

- 1) Pencampuran abu cangkang telur sebagai bahan substitusi parsial semen kedalam campuran beton harus merata, sehingga tidak terjadinya penggumpalan abu cangkang telur pada campuran.
- 2) Penggunaan abu cangkang telur sebaiknya tidak berlebihan karena dapat mengurangi mutu beton.
- 3) Jumlah abu cangkang telur yang tidak berlebihan mampu meningkatkan kinerja campuran beton, sehingga perlu pengkajian lebih lanjut untuk sampel dengan skala yang lebih besar.
- 4) Disarankan untuk membuat beton mutu tinggi sebaiknya di tambahkan abu cangkang telur yang lolos saringan no. 400.

Daftar Pustaka

- Agustini, T. W., Fahmi, A. S., Widowati, I., & Sarwono, A. (2011). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang *Simping (Amusium pleuronectes)* Dalam Pembuatan Cookies Kaya Kalsium. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 14(1), 8–13.
- Dewi, I. G. A. A. Y. (2018). Peran Generasi Milenial dalam Pengelolaan Sampah Plastik di Desa Penatih Dangin Puri Kecamatan Denpasar Timur Kota Denpasar. *Public Inspiration : Jurnal Administrasi Publik*, 3(2), 84–92.
- Hibur, Y. B. (2017). *Pengaruh Serbuk Cangkang Telur Substitusi Semen Terhadap Karakteristik Beton*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Kurniaty, D. R., & Rizal, M. (2011). Pemanfaatan Hasil Pengelolaan Sampah sebagai Alternatif Bahan Bangunan Konstruksi. *Jurnal Smartek*, 9(1), 47–60.
- Suryani, A. S. (2015). Jalan Terjal Bersihkan Negeri. *Aspirasi - Pusat Pengkajian, Pengolahan Data Dan Informasi (P3DI) Sekretariat Jenderal DPR RI*, 6(1), 93–103. <https://jurnal.dpr.go.id/index.php/aspirasi/article/view/462/359>
- Tanubrata, M. (2019). Bahan-Bahan Konstruksi dalam Konteks Teknik Sipil. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 132–154. <https://doi.org/10.28932/jts.v11i2.1407>
- Wirabrata, A., & Silalahi, S. A. F. (2012). Hubungan Infrastruktur Transportasi dan Biaya Logistik. *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 3(1), 79–90.