

PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* DAN BUBUK KULIT KERANG PADA KEKUATAN TEKAN PASTA SEMEN

Wahyuning Dyah Puspitasari¹, Ferdy Setyono², Gogot Setyo Budi³

ABSTRAK : Pembuatan semen menggunakan bahan-bahan yang tidak tergantikan dan proses pengolahannya menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Di sisi lain keberadaan limbah kulit kerang sangat melimpah. Kulit kerang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) yang apabila dipanaskan dengan suhu lebih dari 800°C akan menghasilkan kalsium oksida (CaO) reaktif. Pada penelitian ini telah dipelajari pengaruh penambahan bubuk kulit kerang yang sudah dipanaskan sampai 900°C dan *fly ash* pada kekuatan tekan pasta semen. Penelitian dilakukan dengan mengganti jumlah semen dengan bubuk kulit kerang sebesar 5%, 10%, dan 15%. Sedangkan *fly ash* yang ditambahkan sebesar 10%, 20%, 30%, dan 40%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggantian semen dengan bubuk kulit kerang menurunkan kekuatan tekan pasta semen. Namun, penambahan *fly ash* dapat meningkatkan kekuatan tekan pasta semen. Pada penambahan *fly ash* sebesar 40%, dapat meningkatkan kekuatan tekan pasta sebesar 190%.

KATA KUNCI: kulit kerang, *fly ash*, kuat tekan

1. PENDAHULUAN

Bahan yang paling penting dalam beton adalah semen yang terbuat dari batu kapur, pasir silika, tanah liat dan pasir besi, yang merupakan bahan dari alam yang terbatas. Di sisi lain keberadaan kerang laut (*Anadara grandis*) banyak ditemukan dengan mudah di perairan Indonesia. Kulit dari kerang tersebut banyak menjadi sampah dan ditinggalkan atau dibuang begitu saja. Pada kulit kerang sendiri terdapat kandungan senyawa kimia kalsium karbonat (CaCO_3) lebih dari 90%, setara dengan kalsium karbonat pada batu kapur yang digunakan pada semen portland yang akan menjadi kalsium oksida (CaO) yang juga merupakan salah satu kandungan terbesar dari semen portland.

Penelitian – penelitian penggunaan kulit kerang sebagai pengganti semen sudah pernah dilakukan, namun substitusi tersebut mengakibatkan penurunan kuat tekannya. Hal ini dikarenakan kandungan CaO yang besar yang mengakibatkan bertambahnya senyawa kalsium hidroksida ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$) yang menurunkan daya rekat campuran. Dengan adanya kelebihan kalsium oksida, maka terjadi ketidakseimbangan antara kalsium oksida dan silikat. Salah satu material yang mengandung silika adalah abu terbang (*fly ash*). *Fly ash* sendiri merupakan bahan sisa yang mudah ditemukan di Indonesia. Pada penelitian ini dilakukan analisa pengaruh penggantian semen dengan kulit kerang dan penambahan *fly ash* pada pasta semen terhadap kekuatan tekannya.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, m21414195@john.petra.ac.id.

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, m21414197@john.petra.ac.id.

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, gogot@petra.ac.id.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian sebelumnya kulit kerang dimanfaatkan sebagai pengganti agregat kasar. Substitusi limbah cangkang kerang pada beton berdampak penurunan pada kuat tekannya secara signifikan seiring dengan penambahan komposisi limbah cangkang kerang (Adi, 2015). Pada penelitian berikutnya limbah kulit kerang yang dihaluskan digunakan sebagai pengganti agregat halus. Limbah kulit kerang yang dihaluskan digunakan pada campuran beton dengan presentase : 15%, 30%, 45%, 75%, dan 100%. Campuran beton dengan kandungan kulit kerang sebagai pengganti agregat halus sebanyak 15% mengalami peningkatan kekuatan dibandingkan campuran beton normal pada beton umur 28 hari sedangkan pada kandungan 30%, 45%, 75%, dan 100% mengalami penurunan kekuatan dibandingkan campuran beton normal pada umur 28 hari (Annur, 2013).

Limbah kulit kerang selain digunakan sebagai pengganti agregat kasar dan agregat halus dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen seperti penelitian yang sudah pernah dilakukan. Abu kulit kerang hasil pembakaran 700°C menghasilkan kandungan CaO 55,10% (Syafpoetri, 2013). Hasil ini menunjukkan bahwa abu kulit kerang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti kapur pada proses pembuatan semen.

Berangkat dari penelitian kulit kerang sebagai pengganti semen, dilakukan penelitian tentang substitusi sebagian semen dengan limbah kulit kerang yang dihaluskan dan dibakar dengan suhu 500°C selama 3 hari sebanyak 2%, 4%, 6%, dan 8% untuk campuran beton. Hasilnya terjadi penurunan kekuatan tekan pada beton yang mengandung kerang pada umur 28 hari dibandingkan dengan kontrol yang hanya mengandung *ordinary portland cement* (OPC) saja, kekuatan tekan pada campuran OPC dan 4% kulit kerang sebesar 35 Mpa dan untuk kontrol 37 Mpa (Mifshella, 2015).

Kulit kerang mengandung 90% CaCO₃ yang akan menjadi CaO jika dipanaskan pada suhu 800°C (Indarti, 2016). Kulit kerang yang dipanaskan pada suhu 850-950°C menghasilkan kandungan CaO yang lebih banyak dari pada kulit kerang yang dipanaskan pada suhu 105°C. Kandungan CaO-nya adalah 87,2% dibanding dengan penelitian lain yang suhunya lebih rendah menghasilkan 53% CaO dari pembakaran kerang (Alengaram, 2017). Hal ini menunjukkan jika semakin tinggi suhu pembakaran kulit kerang, kadar CaO akan semakin meningkat. Kulit kerang yang dipanaskan diatas suhu 840°C akan menghasilkan atau membentuk CaO yang kadarnya besar (Ibrahim, 2017).

Dari beberapa penelitian tentang penambahan kapur sebagai bahan tambahan pada campuran beton, kualitas beton semakin berkurang yang ditunjukkan dengan penurunan kuat tekan yang terjadi. Penambahan CaO pada semen dengan jumlah yang lebih tinggi mengakibatkan kandungan senyawa 3CaO.SiO₂.3H₂O di dalam semen meningkat sehingga kalsium hidroksida yang dilepaskan oleh semen ketika semen bereaksi dengan air bertambah pula. Semakin banyaknya kalsium hidroksida yang terbentuk, maka daya rekat semen akan berkurang sehingga struktur di dalamnya akan lemah dan mengakibatkan kuat tekannya rendah (Darmawan, 2008). Kandungan silika pada semen lebih besar dari pada kandungan silika pada bubuk kulit kerang aktif, walau memiliki kadar CaO yang tidak jauh berbeda, kurangnya senyawa silikat pada bubuk kulit kerang (aktif) ini menyebabkan ketidakseimbangan yang terjadi pada campuran beton.

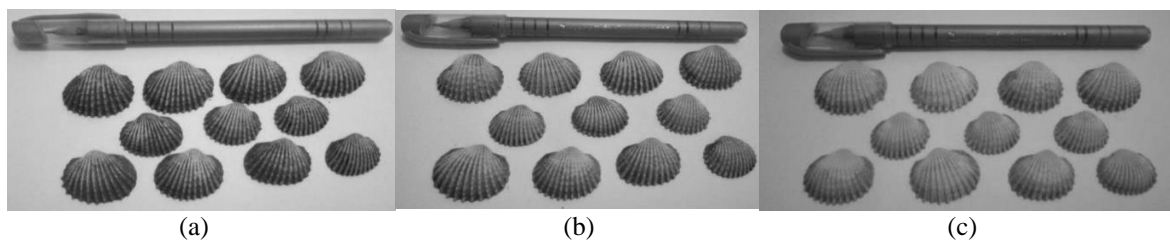
CaO dan Si dapat membentuk CSH yang merupakan senyawa penyusun beton yang berfungsi sebagai perekat. Semakin banyak jumlah perekat ini semakin tinggi juga kekuatan beton yang dihasilkan (Kartini, 2009). Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan penambahan *fly ash* yang mengandung Si (silika) pada campuran pasta yang sebagian semennya telah diganti dengan bubuk kulit kerang yang telah dipanaskan dan dihaluskan sebagai CaO (kalsium oksida) untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang lebih baik.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan sampel berukuran 5x5x5 cm³. Sampel yang digunakan berupa pasta semen. Pemilihan penggunaan pasta semen untuk meminimalkan pengaruh dari banyaknya variabel – variabel lainnya, sehingga pengaruh dari kulit kerang dapat terlihat. Pada penelitian ini digunakan ratio semen dan air sebesar 0.5, untuk semua sampel. Semen yang digunakan merupakan semen tipe I, air

menggunakan yang ada di Laboratorium Beton Universitas Kristen Petra Surabaya, *fly ash* menggunakan tipe C yang diambil dari PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia, dan untuk kerang menggunakan limbah kulit kerang laut (*Anadara grandis*) yang diambil dari Tempat Pelelangan Ikan Kalanganyar, Sedati, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia.

Dilakukan pengujian untuk mengetahui tingkat “kotoran” dari kulit kerang. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan berat kulit kerang dalam 3 kondisi. Kondisi pertama yaitu kulit kerang dalam kondisi “asli” (tidak dilakukan pembersihan), kondisi kedua yaitu dilakukan pembersihan pada kulit kerang dengan metode direndam selama sehari lalu dijemur di bawah sinar matahari, dan kondisi ketiga yaitu pembersihan pada kulit kerang dengan proses perendaman selama sehari dan disikat hingga bersih lalu dijemur di bawah sinar matahari. Dari ketiga kondisi tersebut masing – masing dilakukan penimbangan sehingga didapatkan tingkat “kotoran” dari kulit kerang yang digunakan. Dalam penelitian ini kulit kerang yang digunakan adalah kulit kerang pada kondisi kedua. Perbedaan warna yang tampak dari ketiga kondisi pembersihan kulit kerang disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Perbedaan Warna Kulit Kerang (a) Kondisi “Asli” (Tidak Dibersihkan) (b) Setelah Direndam (c) Setelah Direndam dan Disikat

Kulit kerang yang sudah dilakukan pembersihan, dalam kondisi kering dibakar pada suhu 900°C selama 2 jam di dalam oven pemanas seperti pada **Gambar 2**. Oven pemanas akan mulai dinyalakan setelah kulit kerang dimasukkan ke dalam oven. Suhu akan dinaikkan hingga mencapai suhu 900°C, lalu ditahan selama 2 jam.



Gambar 2. Oven yang Digunakan untuk Pembakaran Kulit Kerang

Kulit kerang yang sudah mengalami proses pembakaran, selanjutnya dihaluskan dengan cara ditumbuk menggunakan bantuan alat *proctor*. Kulit kerang yang sudah halus diayak pada ayakan No. 200 (diameter lubang ayakan 0.075 mm). Kulit kerang yang lolos ayakan digunakan sebagai bahan campuran pasta semen pada penelitian ini.

Benda uji dibuat dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm³ dengan *water cement ratio* (w/c) 0.5. Rasio tersebut merupakan perbandingan antara berat air dengan berat semen dan kulit kerang, sehingga dengan adanya penambahan *fly ash*, rasio tersebut tidak mengalami perubahan. Berat total semen dan kulit kerang yang digunakan pada penelitian ini adalah 2000 gram, sehingga berat air yang digunakan untuk campuran sebesar 1000 gram. Dalam pencampuran bahan dilakukan dengan mencampurkan semen, bubuk kulit kerang, dan *fly ash* dalam satu wadah terlebih dahulu, lalu diaduk hingga tercampur merata, selanjutnya menambahkan air dan diaduk kembali hingga benar-benar tercampur merata. Kemudian campuran tersebut dituangkan ke dalam cetakan. Setelah kering, benda uji dilepaskan dari cetakan dan *dicuring* dengan cara direndam dalam air. Benda uji yang telah dibuat akan diuji kekuatan tekannya pada umur 7, 14, dan 28 hari. Komposisi pembuatan benda uji tersajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Pembuatan Benda Uji

Kode	Berat (gram)				
	Semen	Kulit Kerang	Total Semen + Kulit Kerang	<i>Fly ash</i>	Air
FA00S00	2000	0	2000	0	1000
FA00S05	1900	100	2000	0	1000
FA10S05	1900	100	2000	200	1000
FA20S05	1900	100	2000	400	1000
FA30S05	1900	100	2000	600	1000
FA40S05	1900	100	2000	800	1000
FA00S10	1800	200	2000	0	1000
FA10S10	1800	200	2000	200	1000
FA20S10	1800	200	2000	400	1000
FA30S10	1800	200	2000	600	1000
FA40S10	1800	200	2000	800	1000
FA00S15	1700	300	2000	0	1000
FA10S15	1700	300	2000	200	1000
FA20S15	1700	300	2000	400	1000
FA30S15	1700	300	2000	600	1000
FA40S15	1700	300	2000	800	1000

Contoh pembacaan pada **Tabel 1** adalah untuk benda uji yang memiliki kode FA00S05, kandungan *fly ash* 0% dan kandungan kulit kerang (*Shell*) 5%, sehingga berat kulit kerang yang digunakan adalah 5% dari total berat semen dan kulit kerang yaitu 100 gram. Sama halnya dengan benda uji yang memiliki kode FA10S05, memiliki kandungan *fly ash* 10% dan kandungan kulit kerang 5%, sehingga berat penambahan *fly ash* yang digunakan dalam campuran yaitu 200 gram, yang didapatkan dari 10% berat total semen dan kulit kerang. Sedangkan berat kulit kerang yaitu 100 gram, 5% dari berat total semen dan kulit kerang.

4. HASIL DAN ANALISIS

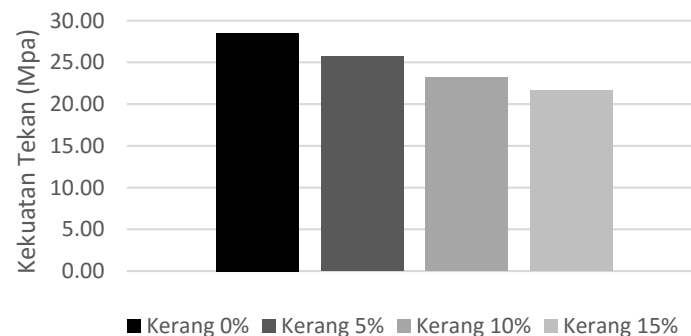
Perbandingan berat kotoran sampel limbah kulit kerang dengan 3 metode pembersihan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Perbandingan Berat Kotoran Sampel Limbah Kulit Kerang

Berat (gram)		
Kondisi Asli	Setelah Proses Perendaman	Setelah Direndam & Disikat
28.10	28.00	27.96

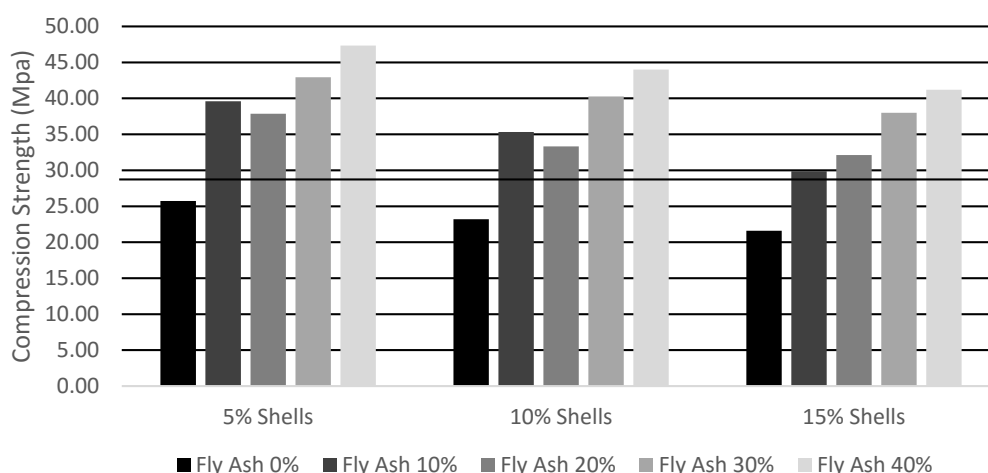
Dari **Tabel 2** hasil perbandingan berat sampel menunjukkan bahwa kotoran atau *impurities* pada kulit kerang tidak begitu besar. Berdasarkan berat kerang, kondisi direndam dan disikat dibandingkan kondisi asli menunjukkan tingkat *impurities* sebesar 0,49% yang didapatkan dari $\left(\frac{(28.10-27.96)}{28.10} \times 100\%\right)$

sedangkan pada kondisi direndam saja adalah 0,35% yang didapatkan dari $\left(\frac{(28.10-28.00)}{28.10} \times 100\%\right)$. Karena tingkat *impurities* tidak terlalu besar, maka pada penelitian ini digunakan kulit kerang yang direndam dengan air saja untuk memudahkan dan mempercepat proses pengolahan limbah kulit kerang. Hasil pengujian pada usia 7, 14, dan 28 hari menunjukkan hasil yang linear atau mirip. Hasil pengujian pada sampel umur 28 hari dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Perbandingan Kekuatan Tekan Sampel Umur 28 Hari

Perbandingan kekuatan tekan sampel dengan kandungan masing-masing kerang 5%, 10%, 15% pada umur 28 hari dapat dilihat pada **Gambar 4**.



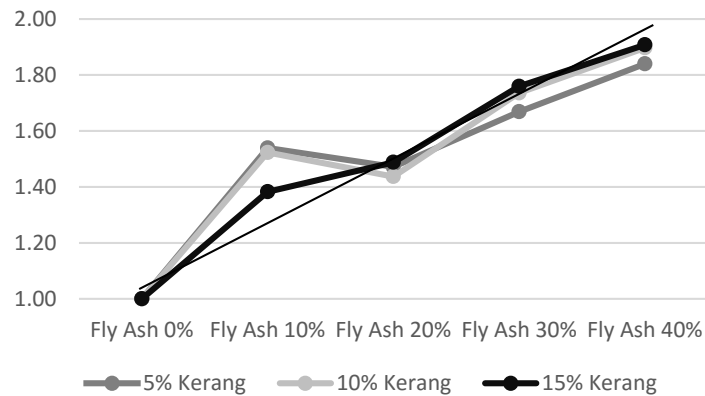
Gambar 4. Diagram Perbandingan Kekuatan Tekan Sampel Umur 28 Hari

sampel mengalami penurunan kekuatan seiring bertambahnya kandungan bubuk kulit kerang dalam campuran sampel. Dapat dilihat pada kandungan kerang 0% dengan *fly ash* 0% sampel mencapai kekuatan 28,53 MPa, pada kandungan kerang 5% dengan *fly ash* 0% sampel mencapai kekuatan 25,73 MPa, sampel dengan kandungan kerang 10% dengan *fly ash* 0% mencapai kekuatan 23,20 MPa dan sampel dengan kandungan kerang 15% dengan *fly ash* 0% mencapai kekuatan 21,60 MPa. Sampel yang lain juga mengalami penurunan kekuatan seiring bertambahnya kandungan kulit kerang. Hasil uji kekuatan sampel pada dua macam kandungan kerang 5% dan 10% menggambarkan kondisi yang sama yaitu penurunan kekuatan dari sampel dengan kandungan *fly ash* 10% ke sampel dengan kandungan *fly ash* 20%. Ketiga macam kandungan kerang mengalami peningkatan kuat tekan dari sampel dengan kandungan *fly ash* 20% ke sampel dengan kandungan *fly ash* 30% dan mengalami peningkatan kekuatan lagi dari sampel dengan kandungan *fly ash* 30% ke sampel dengan kandungan *fly ash* 40%. Selain akibat dari penambahan *fly ash*, peningkatan kekuatan tekan sampel juga dapat diakibatkan oleh *water cementitious ratio* yang berubah saat penambahan *fly ash* seperti pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Water Cementitious Ratio Setelah Penambahan Fly Ash pada Kerang 5%

Berat (gram)				W/C
Semen	Kerang	Fly Ash	Air	
2000	0	0	1000	0,5
1900	100	200	1000	0,45
1900	100	400	1000	0,42
1900	100	600	1000	0,38
1900	100	800	1000	0,36

Grafik perbandingan kekuatan tekan sampel terhadap pengaruh penambahan *fly ash* pada masing-masing kandungan kerang dibandingkan dengan sampel tanpa *fly ash* dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Perbandingan Kekuatan Tekan Sampel Umur 28 Hari

Sampel dengan kerang 15% memiliki peningkatan kekuatan tekan yang paling tinggi pada penambahan *fly ash* 20%, 30%, dan 40% pada umur 7, 14, dan 28 hari.

Pada kandungan kulit kerang 15% dan *fly ash* 10%, peningkatan kekuatan lebih kecil daripada kulit kerang 5% dan 10% pada umur sampel 7, 14, dan 28 hari. Pada pemberian *fly ash* sebanyak 20%, 30%, dan 40% pada umur 7, 14, dan 28 hari, sampel dengan kulit kerang 15% mengalami peningkatan kekuatan yang paling besar dibandingkan dengan sampel dengan kandungan kulit kerang 5% dan 10% yaitu 1,9 kali.

Pengujian *setting time* dilakukan untuk mengetahui perubahan *setting* dari sampel yang terdiri dari 85% *portland cemen* (PC) + 15% kulit kerang, 85% PC + 15% kulit kerang + 20% *fly ash*, dan 100% PC + 20% *fly ash*. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4**

Tabel 4. Hasil Analisa Initial dan Final Setting Time

	85% PC + 15% Kulit Kerang	85% PC + 15% Kulit Kerang + 20% Fly Ash	100% PC + 20% Fly Ash
<i>Initial Setting Time</i> (menit)	282	330	370
<i>Final Setting Time</i> (menit)	497	498	552

Berdasarkan **Tabel 4** terlihat bahwa penambahan *fly ash* pada campuran 85% PC + 15% kulit kerang dapat meningkatkan *initial setting time*. Namun *final setting time* kedua campuran tersebut tidak berubah, yaitu sebesar 497 menit. Apabila 15% kulit kerang pada campuran diganti dengan PC maka *initial setting time* meningkat dari 330 menit menjadi 370 menit, sedangkan *final setting time*nya meningkat dari 498 menit menjadi 552 menit. Dengan kata lain, penggantian semen dengan kulit kerang mengurangi *setting time*, sedangkan penambahan *fly ash* meningkatkan *setting time*.

5. KESIMPULAN

1. Penggunaan kulit kerang yang dipanaskan sebagai pengganti semen mengalami penurunan pada kuat tekannya.
2. Penggunaan kulit kerang yang dipanaskan dan penambahan *fly ash* kekuatan tekannya jauh diatas kuat tekan pasta murni semen.
3. Dengan pendekatan fungsi linear kenaikan kuat tekan mencapai 190% dari sampel normal.
4. Penggantian semen dengan kulit kerang mengurangi *setting time*, sedangkan penambahan *fly ash* meningkatkan *setting time*.

6. DAFTAR REFERENSI

- Adi, L., Hastono, B., Soemantoro,., Zuraidah, S. (2015). "*Limbah Cangkang Kerang sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton*".
<http://ejournal.unitomo.ac.id/index.php/sipil/article/view/269> (March, 2018).
- Alengaram, U.J., Goh, W.I., Jumaat, M.Z., Lee, S.C., Mo, K.H., Yuen, C.W. (2017). *Recycling of Seashell Waste in Concrete: A Review*. Department of Civil Engineering, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Annur, H., (2013). *Studi Penggunaan Cangkang Kerang Laut sebagai Bahan Penambah Agregat Kasar pada Campuran Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Khairun Ternate, Ternate.
- Darmawan, A., Hastuti, R., Reni, Y. (2008). *Kajian Pengaruh Penambahan Kalsium Oksida (CaO) Terhadap Suhu Reaksi dan Kuat Tekan Semen Portland*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ibrahim, A.W., Mohammad, W.A., Othman, N.H., Rahim, M.A., Rahman, R.A., Shahidan, S. (2017). *A Review on Seashells Ash as Partial Cement Replacement*. University Tun Hussein Onn, Malaysia.
- Indarti, E., Marwan. (2016). *Hydrated Calcined Cyrtopleura costata Seashells as an Effective Solid Catalyst for Microwave-assisted Preparation of Palm Oil Biodiesel*, Chemical Engineering of Syiah Kuala University, Banda Aceh.
- Kartini, W. (2009) *Pengaruh Copper Slag sebagai Cementitious Terhadap Kuat Tekan Beton*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Surabaya.
- Mifshella, A., Darmayanti, L., Olivia, M. (2015). *Mechanical Properties of Seashell Concrete*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Syafpoetri, N., Olivia, M., Darmayanti, L. (2013). *Pemanfaatan Abu Kulit Kerang (Anadara grandis) Untuk Pembuatan Ekosemen*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.