

PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR SEBAGAI BAHAN STABILISASI PADA TANAH LEMPUNG

Reza Pahlevi Munirwan^{1,*}, Munirwansyah¹, Marwan¹

¹) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111

*Corresponding email: r.munirwan@unsyiah.ac.id

Abstract: Clay behavior is often become a problem for building construction. One of the most often occur problem is the shrink-swell behaviour of clay soil when affected by water content which often also affects bearing capacity of soil in supporting loads from buildings abovet. Eggshell Powder, often abbreviated as ESP is one of industrial food waste results which is rich in calcium and rarely used for recycling. This study aims were to determine the effect of ESP addition as a stabilization material to physical properties and compaction on clay. Soil samples were taken carried out in the Cot Bagie area, Blang Bintang District, Aceh Besar District, Aceh Province. According to AASHTO, soil can be classified in the category A-7-5 (21), moreover, according to USCS the clay samples is OH (Organic High). The percentage of ESP increment is 0%, 3%, 6% and 9% of the dry weight of soil for laboratory testing. The Atterberg Limit test values generally increase with the addition of ESP. Results of testing for natural soil standard proctor obtained OMC (Optimum Moisture Content) and maximum dry unit weight (γ_{dmax}) were 19.8% and 1.367 gr/cm³ respectively. In general, soils with a mixture of ESP are able increase compaction parameter of natural soil if compared with the compaction parameters of natural soil. Moreover, the use of ESP for soil stabilization based on this research is able improve soil bearing capacity so that it can be useful for construction in the site.

Keywords : Stabilization, clay, compaction, eggshell powder

Abstrak: Perilaku tanah lempung sering menjadi masalah untuk konstruksi suatu bangunan. Salah satunya adalah perilaku kembang susut tanah lempung ketika dipengaruhi oleh kadar air yang sering juga mempengaruhi daya dukung tanah dalam menerima beban dari bangunan diatasnya. Serbuk cangkang telur (*Egg Shell Powder*) atau sering disingkat dengan ESP merupakan salah satu hasil limbah industri makanan yang kaya akan kalsium dan masih jarang untuk dipergunakan kembali (daur ulang). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek dari penambahan ESP sebagai bahan stabilisasi terhadap nilai sifat-sifat fisis dan pemadatan pada tanah lempung. Pengambilan sampel tanah untuk uji laboratorium dilakukan di daerah Cot Bagie, Kecamatan Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Menurut AASHTO tanah termasuk kedalam kategori A-7-5 (21) dan menurut USCS tanah adalah jenis OH (Organic High). Persentase pertambahan ESP yaitu sebesar 0%, 3%, 6% dan 9% terhadap berat kering tanah untuk pengujian laboratorium. Nilai pengujian *Atterberg Limit* secara umum mengalami peningkatan seiring dengan penambahan ESP. Sedangkan hasil pengujian *proctor standard* tanah asli didapat nilai OMC (*Optimum Moisture Content*) dan berat isi kering tanah (γ_{dmax}) adalah 19.8% dan 1.367 gr/cm³. Secara umum tanah dengan campuran ESP dapat meningkatkan nilai kepadatan tanah jika dibandingkan dengan parameter pemadatan tanah asli tanpa campuran. Dengan demikian penggunaan ESP untuk stabilisasi tanah berdasarkan penelitian ini dapat meningkatkan daya dukung tanah menjadi lebih baik sehingga bermanfaat untuk konstruksi di lapangan.

Kata kunci : stabilisasi, lempung, pemadatan *eggshell powder*

1. PENDAHULUAN

Dalam pekerjaan teknik sipil tanah harus memiliki daya dukung yang cukup kuat baik sebagai tempat berdirinya konstruksi maupun sebagai bahan konstruksi. Sebagai bahan konstruksi pada umumnya tanah yang digunakan sebagai bahan timbunan diambil dari lokasi pengambilan (*borrow area*) yang umumnya berupa tanah

kohesif seperti tanah lempung. Tanah lempung memiliki sifat yang sangat peka terhadap pengaruh kadar air serta memiliki sifat kembang susut (*shrink-swell*) yang tinggi seperti dikutip dari Munirwansyah, dkk (2019). Kondisi tanah yang mengalami kembang susut juga bisa mempengaruhi daya dukung tanah tersebut (Marwan, dkk 2013). Usaha perbaikan tanah untuk meningkatkan daya

dukung tanah dengan menambahkan bahan kimia, limbah industri dan bahan serat sudah banyak dilakukan selama ini. Munirwansyah dan Munirwan (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan kapur pada tanah lempung untuk mengurangi pengaruh kembang susut tanah. Yadav dkk, (2017) mempelajari pengaruh penambahan fiber karet terhadap tanah lempung yang distabilisasi dengan semen. Lebih lanjut Munirwansyah dan Munirwan (2017) juga melakukan stabilisasi tanah ekspansif pada *sub-grade* jalan dengan menggunakan kapur. Muntohar, dkk (2013) melakukan penelitian pengaruh kapur, abu sekam padi dan fiber plastik pada parameter tanah lanau.

Penambahan serbuk cangkang telur (*eggshell powder*) atau disingkat dengan ESP dan juga merupakan salah satu limbah industri makanan juga sudah mulai dipertimbangkan sebagai salah satu bahan campuran tanah lempung untuk meningkatkan daya dukung dan kekuatan tanah lempung tersebut (Gambar 1). Penggunaan kapur yang mahal mengharuskan penelitian lebih lanjut untuk mencari pengganti bahan yang lebih ekonomis dengan karakteristik yang mirip yaitu cangkang telur. Secara umum dari penelitian terdahulu terhadap ESP mampu meningkatkan kekuatan tanah. Dengan metode pencampuran yang tepat dan karakteristik serbuk ESP yang baik diharapkan dapat memaksimalkan penggunaan ESP dalam stabilisasi tanah lempung.



Gambar 1. Cangkang Telur (a) dan Serbuk Cangkang Telur/ Eggshell Powder (b) untuk Bahan Stabilisasi Tanah

Penelitian tentang aplikasi dari hasil sisa industri pertanian dan rumah tangga untuk geoteknik pernah dilakukan oleh Narashima Rao dan Chittaranjan (2011). Menurut artikel tersebut, penggunaan ESP pada stabilisasi tanah dapat menggantikan peran dari kapur yang selama ini lebih lazim digunakan dikarenakan kemiripan komposisi dari keduanya. Amu, dkk (2005) mencoba membandingkan pengaruh substitusi ESP dan kapur terhadap tanah. Namun hasil yang diperoleh bahwa dengan persentase penambahan yang sama, nilai kuat geser tanah dengan penambahan kapur masih lebih baik dibandingkan ESP.

Jasim (2012) mencoba membandingkan pengaruh *fly ash* dan ESP terhadap tanah CL untuk klasifikasi USCS. Lebih lanjut, Okonkwo, dkk (2012) meneliti penambahan ESP pada tanah laterik yang sudah distabilisasi dengan semen. Hasil yang diperoleh yaitu parameter kuat geser tanah laterik mampu meningkat sehingga 35% dibandingkan tanah asli. Olarewaju, dkk (2011) juga meneliti kemungkinan penggunaan ESP sebagai bahan stabilisasi untuk tanah laterik sebagai *sub-grade* dari pembangunan jalan.

2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

Tanah lempung yang digunakan pada penelitian ini berasal dari daerah Cot Bagie, Kecamatan Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Alasan pengambilan sampel tanah karena dilokasi tersebut sering digunakan untuk tanah timbunan pada konstruksi bangunan dan jalan pada Kabupaten Aceh Besar, dan Kota Banda Aceh. Secara visual tanah jenis kohesif tersebut pada dasarnya tidak baik untuk digunakan pada timbunan jalan ataupun bangunan karena secara umum tanah kohesif mempunyai kembang susut yang tinggi dan daya dukung yang lemah. Kondisi Provinsi Aceh yang merupakan daerah yang rawan gempa serta bencana-bencana yang diakibatkan oleh gempa seperti disebutkan dalam Muzli, dkk (2018), Munirwan dan Gunawan (2012), dan Munirwansyah, dkk (2018) mengharuskan penggunaan

material konstruksi yang baik sehingga dapat mengurangi kemungkinan gagal konstruksi dan dapat tercapainya usia konstruksi sesuai dengan perencanaan. Lebih lanjut, perencanaan dengan berdasarkan analisa resiko keamanan harus diterapkan pada daerah yang berada di lokasi rawan gempa (Munirwansyah, dkk 2018) dan (Munirwan, 2013).

Tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan tanah A-7-5 dengan *Group Index* (21) yaitu tanah berlempung dengan plastisitas tinggi menurut klasifikasi AASHTO dan OH (*Organic High*) yaitu lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi menurut klasifikasi USCS dengan *specific gravity* (SG) 2.54. Secara visual tanah ini berwarna merah kecoklatan, memiliki sifat liat dan lengket bila dipegang. Namun pada kondisi kering air tanah terasa sangat keras dan kuat sedangkan dalam keadaan basah tanah akan melemah dan mengembang.

Detail komposisi kimiawi dari serbuk cangkang telur dapat dilihat pada Tabel 1 yang terlihat bagaimana banyaknya kandungan kalsium yang lebih dari 50%. Cangkang telur, dikutip dari Laca, dkk (2017) mengandung sekitar 96% kalsium karbonat, 1% magnesium karbonat, 1% kalsium fosfat, dan material organik lainnya juga air. Lebih lanjut, Bootklad dan Kaewtatip (2013) menjelaskan bahwa cangkang telur adalah material yang ramah lingkungan, murah dan tersedia cukup banyak. Cangkang telur selanjutnya dibersihkan dan dijemur hingga kering (Gambar 1 (a)). Lalu cangkang telur dihaluskan dengan cara penumbukan menjadi serbuk cangkang telur (ESP) yang lolos saringan nomor 200 seperti diperlihatkan pada Gambar 1 (b).

Tabel 1. Komposisi Kimiawi Eggshell Powder (ESP)

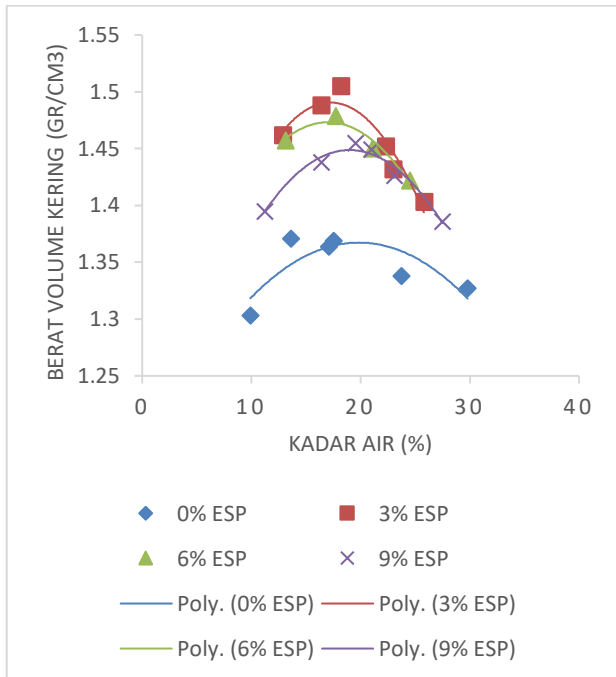
Komposisi Kimiawi	Jumlah (%)
-------------------	------------

Real Density, (gr/cm ³)	2.47
Hygroscopic Moisture, (%)	1.1
pH (H ₂ O)	8.3
Cation exchange capacity, meq/100g	9.52
Content of soluble salts, ppm	
K	12.0
Ca	50.2
Mg	12.0
Al	0.0
H + Al	0.0
Na	21.0
Organic Matter, (%)	5.36
Organic Carbon, (%)	3.11
S-SO ₄ Content, (ppm)	39.0

Metode penelitian ini dimulai dengan melakukan pencampuran tanah dengan serbuk cangkang telur (ESP) secara merata dan ditambahkan dengan air yang sesuai dengan *mix design*. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisis tanah untuk semua persentase campuran yaitu pengukuran berat jenis /*specific gravity* (GS), pengukuran kadar air tanah (w), batas cair (LL), batas plastis (PL), dan distribusi analisa saringan serta hidrometer. Dari hasil pengujian sifat fisis tanah diperoleh nilai batas cair dan batas plastis tanah asli tersebut adalah 65.28% dan 34.83%. Dari hasil pengujian analisa saringan lolos #200 diperoleh sebesar 96.97%. Hasil pengujian sifat fisis secara lengkap tersajikan di Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Pematatan Tanah

Parameter Pengujian	Persentase Campuran			
	0%	3%	6%	9%
Berat Jenis	2.46	2.79	2.21	2.32
Batas Cair (%)	65.28	64.99	57.8	63.15
Batas Plastis (%)	34.83	36.11	36.02	32.13
Indeks Plastisitas (%)	30.45	28.88	21.78	31.03
Persen Lolos #200 (%)	96.97	96.33	95.13	97.23
Group Index	37	35	31	37
Berat Vol Kering (gr/cm ³)	1.367	1.502	1.485	1.445
Kadar Air (%)	19.8	17.7	17.7	18.8

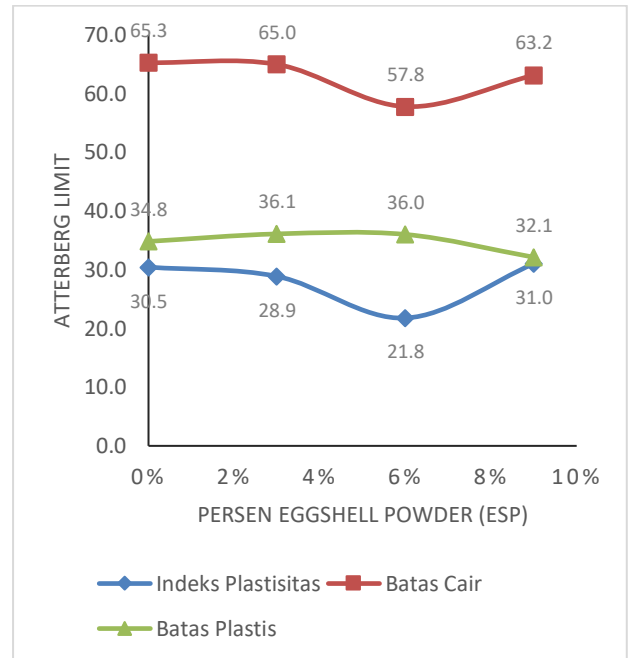


Gambar 2. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah + ESP

Pengujian pemadatan menggunakan metode *Standard Proctor* sesuai dengan ASTM D-698. Tanah dipersiapkan sebanyak 6 buah per persentase dengan berat masing-masing 2 kg sebelum dicampur dengan ESP untuk pembuatan sampel uji pemadatan. Total sampel untuk pengujian pemadatan berjumlah 24 sampel. Hasil pengujian pemadatan pada semua persentase campuran tanah dengan ESP dapat dilihat pada Gambar 2.

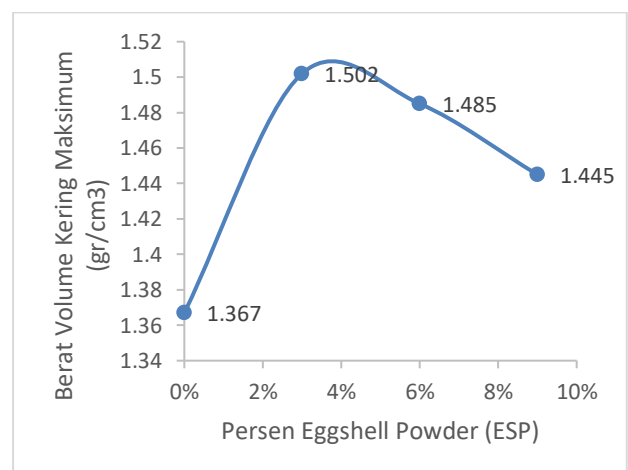
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan campuran variasi persentase serbuk cangkang telur pada tanah lempung desa Cot Bagie Kecamatan Blang Bintang berpengaruh terhadap nilai sifat fisis dan pemadatan tanah. Nilai sifat fisis tanah Desa Cot Bagie ditinjau berdasarkan Tabel 2 menghasilkan berat jenis yang meningkat pada persentase 3% dibandingkan tanah asli namun kemudian terjadi penurunan dibawah tanah asli untuk persentase 6% dan 9% dengan nilai grup index tanah untuk semua campuran yaitu diatas 30.



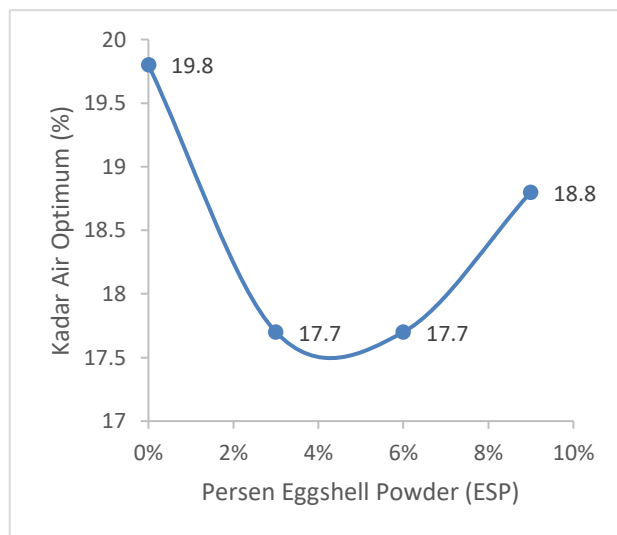
Gambar 3. Hubungan Pertambahan ESP dengan Atterberg Limit (%)

Dari nilai Atterberg Limit dapat dilihat bahwa nilai batas cair (LL) pada 0% sebesar 65.28% dan mengalami penurunan untuk semua campuran ESP. Nilai batas plastis (PL) terjadi peningkatan pada tanah campuran 3% dan lalu mengalami penurunan untuk persen 6% dan 9%. Begitu juga dengan nilai indeks plastisitas yang mengalami penurunan dibandingkan tanah asli pada campuran 3% dan 6% namun meningkat sedikit diatas tanah asli pada campuran ESP 9%.



Gambar 4. Hubungan Pertambahan ESP dengan Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmaks})

Gambar 4 dan Gambar 5 memperlihatkan hubungan berat volume tanah maksimum dengan kadar air optimum (OMC) dengan variasi penambahan serbuk cangkang telur (ESP). Hasil menunjukkan bahwa pada campuran ESP 3% menghasilkan nilai pemadatan yang lebih baik dibandingkan tanah asli. Selanjutnya nilai pemadatan tanah mulai mengalami penurunan pada persentase 6% dan 9% walaupun masih diatas nilai pemadatan tanah asli.



Gambar 5. Hubungan Pertambahan ESP dengan Kadar Air Optimum (%)

4. KESIMPULAN

Tanah lempung yang distabilisasikan dengan serbuk cangkang telur (ESP) berdasarkan berat jenisnya mengalami kenaikan untuk persentase ESP yang rendah lalu mengalami penurunan untuk persentase yang lebih tinggi. Hasil pengujian batas cair juga menunjukkan penurunan seiring bertambahnya campuran ESP. Parameter Atterberg Limit secara umum mengalami penurunan seiring dengan pertambahan ESP. Secara umum nilai kepadatan tanah lempung Desa Cot Bagie Kecamatan Blang Bintang mengalami penurunan terhadap nilai OMC dan sebaliknya nilai berat volume kering maksimum mengalami kenaikan pada persentase ESP yang rendah (3%) lalu terjadi penurunan untuk persentase ESP 6% dan 9%. Namun secara umum dengan bertambahnya nilai persen ESP

maka nilai berat volume kering maksimum tanah mengalami kenaikan disbanding tanah tanpa campuran. Dengan demikian penggunaan ESP untuk stabilisasi tanah berdasarkan penelitian eksperimen laboratorium ini dapat meningkatkan daya dukung tanah menjadi lebih baik sehingga bermanfaat untuk konstruksi di lapangan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munirwansyah, Munirwan R P, Sungkar M, Fachrurrazi F, (2019) *Predicting Red Clay Swelling Behaviour of Jangka Buya-Pidie Jaya Earthquake Zone in Aceh*, AIP Conference Proceedings 2059 (1)
- [2] Marwan M, Munirwan R P, Sundry D, (2013) *Hubungan Parameter Kuat Geser Langsung Dengan Indeks Plastisitas Tanah Desa Neuheun Aceh Besar*, Jurnal Teknik Sipil Unsyiah, Vol.3 (1) pp. 47-56
- [3] Munirwansyah, Munirwan R P, (2016) *Lime-Clay Stabilization to Modified the Characteristic of Mechanical Properties and Reduce the Swelling Sub Grade*, The International Conference of Engineering and Science for Research and Development, Vol.1 (1)
- [4] Yadav J S, Tiwari S K, (2017) *Effect of Waste rubber Fibres on the Geotechnical Properties of Clay Stabilized with Cement*, Applied Clay Science, 149 pp. 97-110
- [5] Munirwansyah, Munirwan R P, (2017) *Stabilization on Expansive Soil for Road Subgrade for Geotechnic Disaster Approach*, International Journal of Disaster Management, Vol.1 (1) pp. 8-19
- [6] Muntohar A S, Widiarti A, Hartono E, Diana W, (2013) *Engineering Properties of Silty Soil Stabilized with Lime and Rice Husk Ash and Reinforced with Waste Plastic Fiber*, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 25 pp. 1260-1270
- [7] Narasimha Rao A V, Chittaranjan M, (2011) *Applications of Agricultural and Domestic Wastes in Geotechnical Applications: An Overview*, Journal of Environmental Research and Development, Vol. 5

- (3) pp. 673-678
- [8] Amu O O, Fajobi A B, Oke B O, (2005) *Effect of Eggshell Powder on the Stabilizing Potential of Lime on an Expansive Clay Soil*, Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, Vol. 1 (1) pp. 80-84
- [9] Jassim W, (2012) *Influences of Fly-ash and Eggshell Powder on Some of Engineering Properties of Al-Umara Soil*. Journal of Engineering and Development, Vol. 6 (2) pp. 211-219
- [10] Okonkwo U N, Odiong I C, Akpabio E E, (2012) *The Effects of Eggshell Ash on Strength Properties of Cement-stabilized Lateric*, Vol. 3 (1) pp. 18-25
- [11] Olarewaju A J, Balogun M O, Akinlolu S O, (2011) *Suitability of Eggshell Stabilized Lateric Soil as Subgrade Material for Road Construction*, Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 16, Bund. H pp. 899-908
- [12] Munirwan R P, Gunawan H, (2012) *Evaluasi Potensi Likuifaksi Pesisir Pantai Krueng Raya Aceh Besar Provinsi Aceh*, Jurnal Teknik Sipil Unsyiah, Vol.1 (2) pp. 131-142
- [13] Munirwansyah M, Munirwan R P, Yunita H, (2018) *Geotechnical Engineering Aspect Related to Pidie Jaya – Aceh Earthquake Disaster and Mitigation* International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology Vol. 8 No. 3 pp 870-875
- [14] Munirwansyah, Irsyam M, Munirwan R P, Yunita H, and Usrina M Z, (2018) *Geotechnical Approach for Occupational Safety Risk Analysis of Critical Slope in Open Pit Mining as Implication for Earthquake Hazard*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 352 Conference 1
- [15] Munirwan R P, (2013) *Pre Construction and Post Failure of Slope Dam Stability on Safety Factor Analysis (A Review)*, Jurnal Teknik Sipil Unsyiah, Vol. 2 (3) pp. 281-288
- [16] Muzli M, Umar M, Nugraha A D, Bradley K E, Widiyantoro S, Erbas K, Jousset P, Rohadi S, Nurdin I, Wei S, (2018) *The 2016 Mw 6.5 Pidie Jaya, Aceh, North Sumatra, Earthquake: Reactivation of an Unidentified Sinistral Fault in Region of Distributed Deformation*, Seismological Research Letters, Vol. 89 (5), pp. 1761-1772
- [17] Laca A, Laca A, Diaz M, (2017) *Eggshell Waste as Catalyst: A Review*, Journal of Environmental Management, Vol. 197 pp. 351-359
- [18] Bootklad M, Kaewtatip K, (2013) *Biodegradation of Thermoplastic Starch/ Eggshell Powder Composites*, Carbohydrate Polymers, Vol. 97 (2) pp. 315-320