

# PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL LATERITE SIMPANG PASIR KECAMATAN PALARAN KOTA SAMARINDA SEBAGAI AGREGAT KASAR DALAM CAMPURAN BETON NORMAL

**Addie Currie Siregar, Santi Yatnikasari, Fitriyati Agustina, Vebrian, Subandi**  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur  
Jl. Ir. H. Juanda No. 15 Samarinda 75124  
Email: acs150@umkt.ac.id

## Abstrak

Beton ringan banyak digunakan untuk bangunan gedung bertingkat yang hanya mempunyai berat isi antara 400 sampai 1900 kg/m<sup>3</sup>. Komposisi penggunaan jenis material penyusun beton sangat mempengaruhi berat total dari suatu bangunan, oleh karena itu pada penelitian ini akan di gunakan laterite sebagai pengganti agregat kasar untuk mengurangi berat bangunan. Batu laterite adalah batuan merah yang banyak ditemui di berbagai daerah di Kalimantan Timur dan daerah-daerah lainnya di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh penggunaan batu laterit dari kecamatan Palaran yang diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti agregat kasar dan bahan penyusun beton ringan struktural. Batu laterite yang digunakan berasal dari jalan Simpang Pasir, Kecamatan Palaran kota Samarinda, dimana laterite disini sangat berlimpah. Pada penelitian ini dibuat sampel beton sebanyak 18 sampel dengan variasi umur 7, 14 dan 28 hari menggunakan bentuk benda uji silinder dimensi 150 x 300 mm. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan berat benda uji rata-rata pada beton normal (BN) umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari berturut-turut sebesar 2334,52 kg/m<sup>3</sup>, 2338,11 kg/m<sup>3</sup> dan 2323,21 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan berat benda uji rata-rata pada beton laterit (BL) umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari sebesar 2028,30 kg/m<sup>3</sup>, 1979,81 kg/m<sup>3</sup> dan 1948,30 kg/m<sup>3</sup>. Dan kuat tekan rata-rata pada beton normal (BN) umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari sebesar 13,31 MPa, 16,93 MPa dan 20,05 MPa. Sedangkan kuat tekan rata-rata pada beton laterit (BL) umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebesar 6,62 MPa, 9,73 MPa dan 11,83 MPa. Penggunaan laterit sebagai bahan pengganti agregat kasar dapat mengurangi berat beton sehingga menjadi lebih ringan, namun penggunaan laterit sebanyak 100% belum bisa dimasukkan ke dalam jenis beton ringan karena berat isi masih 1948,30 lebih dari 1900 kg/m<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** agregat kasar, batu laterit, campuran beton, material lokal

## Pendahuluan

Penggunaan beton sudah menjadi kebutuhan yang sangat vital dimasa pembangunan infrastruktur yang semakin maju. Pada pembuatan Beton Romawi biasa dibuat dari campuran abu vulkanik (*pozzolan*), dengan kapur terhidrasi. Mutu beton Romawi lebih tinggi dari campuran beton lainnya yang hanya memakai campuran pasir dan kapur. Selain abu vulkanik untuk membuat beton Romawi biasa, debu batu bata juga dapat digunakan. Selain beton Romawi biasa, Romawi juga menemukan beton hidrolik, yang mereka buat dari abu vulkanik dan tanah liat. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 (Badan Standardisasi Nasional, 2002), beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m<sup>3</sup>. Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara ke dalam campuran betonnya. Beton ringan struktural menurut *American Concrete Institute (ACI)* adalah beton berbobot 1.850 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan beton minimal 17,2 MPa. Beton agregat ringan dapat digunakan untuk aplikasi struktural, dengan kekuatan yang setara dengan beton berbobot normal. Manfaat menggunakan beton agregat ringan termasuk: Pengurangan beban mati membuat penghematan dalam fondasi dan penguatan, peningkatan sifat termal, peningkatan ketahanan api, penghematan dalam pengangkutan dan penanganan unit pracetak di lokasi dan pengurangan bekisting dan penyangga.

Modulus elastis beton ringan lebih rendah dari beton kekuatan normal dengan berat yang setara, tetapi ketika mempertimbangkan defleksi slab atau balok, ini diimbangi dengan penurunan bobot sendiri. Desain dasar untuk beton ringan dicakup dalam *Eurocode 2* Bagian 1-1, dengan bagian 11 memiliki aturan khusus yang diperlukan untuk beton agregat ringan. Beton dianggap ringan adalah kerapatan tidak lebih dari 2200 kg/m<sup>3</sup> (kerapatan beton berat normal diasumsikan antara 2300 kg/m<sup>3</sup> dan 2400 kg/m<sup>3</sup>) dan proporsi agregat harus memiliki kerapatan kurang dari 2000 kg/m<sup>3</sup>. Beton ringan dapat ditentukan menggunakan notasi *LC* untuk kelas kekuatan, mis. LC30 / 33, yang

menunjukkan beton ringan dengan kekuatan silinder 30 MPa dan kekuatan kubus 33 MPa (Lightweight concrete, 2015).

Pembuatan beton ringan yang menggunakan limbah kayu ulin dan arang sekam padi telah pernah dilakukan oleh Subandi et al, dan dari hasil penelitian ini, kedua bahan tersebut mampu menggantikan agregat kasar dan halus untuk menghasilkan beton ringan struktural (Subandi et al., 2019a), tetapi untuk pembuatan agregat yang berasal dari limbah kayu ulin sangat susah untuk dibuat, dikarenakan belum tersedianya peralatan yang membuat limbah kayu ulin untuk di jadikan agregat kasar, selain itu limbah kayu ulin hanya ada di daerah tertentu di Indonesia.

Bahan beton ringan yang berasal dari alam di Indonesia hanyalah Batu Apung, batu apung sendiri hanya ada di beberapa tempat dan deposit materialnya pun sangat sedikit, selama ini penelitian hanya menggunakan bahan-bahan buatan maupun menambahkan kadar udara ke dalam beton. Bahan yang banyak digunakan dalam penelitian untuk membuat beton ringan adalah mengganti agregat kasar dengan agregat buatan seperti plastik, styrafoam, dan berbagai macam bahan. Harga plastik sendiri tergolong tinggi salah satu contoh plastic dengan jenis PET dijual dengan harga Rp.5.500,- (Wirawan, 2018), itu baru harga plastik belum lagi harga pengolahan, dan pengolahan tersebut melalui pembakaran yang tentu saja menimbulkan polusi. Sedangkan beton ringan yang menggunakan agrgeta kasar *styrafoam* kekuatannya hanya mencapai 12,02 MPa (Asnan et al., 2019). Hal ini menyebabkan di Indonesia penggunaan beton ringan struktural dibilang sangat langka karena terbatasnya material yang ada, untuk di Kalimantan Timur sendiri belum ada penggunaan beton ringan struktural.

Pembangunan Infrastruktur di Kalimantan Timur berkembang pesat seiring mulai dibangunnya Ibukota Negara Indonesia di Kabupaten Panajam Paser Utara, sehingga dibutuhkan penggunaan material yang semakin meningkat. Ketersediaan bahan material yang selama ini banyak di datangan dari luar pulau, dari khususnya dari pulau Sulawesi, propinsi Palu menjadikan harga material menjadi tinggi, oleh karena ini pada penelitian ini akan dikembangkan material lokal sebagai komponen agregat kasar untuk menekan biaya produksi dan meningkatkan pendapatan warga masyarakat khususnya di wilayah samarinda.

Penelitian bertujuan untuk menemukan terobosan baru di dalam bahan penyusun beton ringan struktural dengan menggunakan agregat dari batu laterite merah, berasal dari jalan Simpang Pasir, Kecamatan Palaran kota Samarinda, dimana laterite disini sangat berlimpah. Selain itu batu laterite sendiri sangat banyak ditemui di berbagai daerah di Kalimantan Timur juga bisa ditemukan di daerah dengan struktur tanah serupa. Selain laterite merah ini banyak di daerah Kalimantan Timur harganyapun sangat murah dan banyak sekali laterit merah yang tidak di manfaatkan sehingga harganyapun tidak jauh beda dengan harga tanah urug pilihan.



Gambar 1. Batu Laterite Simpang Pasir Palaran

Tanah yang mengeras selama proses fisika dan kimia selama ribuan tahun akan membentuk endapan zat – zat kimia seperti besi dan nikel. Tanah yang mengalami proses ini akan mengeras sehingga menyerupai batuan yang kemudian di sebut laterite. Penggunaan laterite sudah sejak dahulu dipakai sebagai bahan batu bata karena saat lembab maka akan mudah di potong di sesuaikan dengan kebutuhan., dan akan mengeras setelah terkena udara dalam waktu yang lama menjadi seperti batu (Muthusamy, 2015). Wilayah Indonesia yang sebagian besar beriklim tropis panas dan lembab sehingga banyak mengandung zat kimia seperti besi (Fe) dan nikel (Ni) sehingga dengan proses kimia yang terus berjalan akan menjadikan tanah laterite mengeras menyerupai batu (Amu, 2011). Komposisi mineral dan kimia dalam suatu proses sangat berpengaruh terhadap sifat batuan induknya. Batuan laterite pada umumnya terdiri dari kandungan beberapa jenis mineral, diantaranya sebagian besar batuan dan oksida titanium, zirkon, besi, timah, mangan dan aluminium, yang tertinggal dari dari proses pengausan selama ratusan atau ribuan tahun. (Triwidiyanto dan Setijadji, 2016). Pelapukan yang terdiri dari pelapukan mekanis juga kimiawi terhadap batuan induk yang mengandung unsur-unsur Ca, Mg, Fe, Na, Si, Cr, Mn, Ni, Co akan mengakibatkan terjadinya desintegrasi dan dekomposisi terhadap lapisan tanah dimana unsur-unsur ini larut dan kemudian diendapkan lagi sebagai mineral-mineral tertentu yang akan menghasilkan suatu lapisan tanah laterit. Batuan yang mengandung banyak mineral Olivin akan menjadikan batuan mudah lapuk dibandingkan dengan batuan yang banyak

mengandung silika. Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa batuan yang terdapat urat silika dalam jumlah banyak akan tahan terhadap pelapukan, sehingga pada waktu penambangan batuan ini akan menjadi fragmen yang (*boulder*) dan keras (Dipatunggoro, 2010). Fisik batu laterite simpang pasir lihat Gambar 1.

Penggunaan batu laterite juga pernah di jadikan sebagai substitusi perkerasan jalan aspal (Putrawirawan et al., 2018). Pemanfaatan coal ash dan laterite sebagai pengganti agregat halus terhadap kekuatan beton, kekuatan yang direncanakan  $f_c$  25 MPa mampu menghasilkan kuat tekan sebesar 25, 80 MPa (Putrawirawan et al., 2018).

Beton ringan struktural yang di tetapkan  $ACI$  kuat tekan sebesar  $f_c$  17, 2 MPa, dan berat 1.900 kg/m<sup>3</sup>. Penelitian dengan judul *Artificial Aggregate Lightweight Structural* yang memanfaatkan limbah kayu ulin yang dijadikan pengganti agregat kasar yang dilapisi cat nodrop menghasilkan berat beton rata-rata 1.780 Kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan mencapai 17,8 MPa pada umur 28 hari (Subandi et al., 2019b), agregat buatan ini mencapai berat dan kuat tekan beton ringan struktural, tetapi limbah kayu ulin susah untuk diproduksi secara masal. Dikarenakan pengolahannya sendiri sangat sulit dan belum adanya alat yang bisa untuk memproduksi limbah kayu ulin menjadi agregat ringan buatan.

Penelitian terdahulu dengan judul *Characteristics of Lightweight Concrete Using The Aggregate Rough Laterite Grading Continuous And Size 10 mm* penelitian tersebut menggunakan laterite dari tanah merah mampu menghasilkan kuat tekan beton sebesar  $f_c$  146 kg/cm<sup>2</sup>, kuat tekan yang direncanakan pada penelitian terdahulu sebesar  $f_c$  125 kg/cm<sup>2</sup>, penggunaan tersebut mampu menghasilkan kekuatan yang lebih baik dari design yang direncanakan (Herman et al., 2016). Tetapi penelitian tersebut belum mencoba penggunaannya sebagai material pengganti agregat kasar untuk beton ringan struktural. Sedangkan kebaruan dari penelitian kami ini adalah merancang penggunaan batu laterite simpang pasir sebagai material pengganti dari agregat kasar. Beton ringan struktural dari laterite tanah merah ini dibuat dengan mutu yaitu 20 MPa.

### Metodelogi Penelitian

Batu laterite diambil dari batu laterite yang berasal dari jalan Simpang Pasir Palaran, Kecamatan Palaran Kota Samarinda. Benda uji pada penelitian ini berbentuk silinder dengan dimensi ukuran 150 x 300 mm. Mix design menggunakan SNI Tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan (SNI 03-3449, 2002) masing-masing variasi akan dilakukan uji slump test serta uji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari, masing-masing sebanyak 3 buah. Total jumlah benda uji yang akan dibuat sebanyak 18 buah (9 beton normal dan 9 beton agregat batu laterit). Pengujian kuat tekan menggunakan *ASTM Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens* (ASTM-C39/C39M-18, 2018)

### Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian bahan material meliputi: gradasi agregat halus dan kasar, keausan agregat kasar dan agregat laterit, berat isi gembur dan padar agregat kasar/halus, berat jenis dan penyerapan agregat kasar/halus, kadar lumpur agregat kasar dan halus yang dijelaskan berikut ini :

#### Analisa pengujian agregat kasar

Hasil pengujian dari agregat kasar ditampilkan pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Analisa Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Hasil
Finesse Modulus	6,91
Berat Isi Gembur	1503
Berat Isi Padat	1561
Berat Jenis	2,53
Kadar Lumpur	0,98 %

#### Analisa pengujian agregat halus

Hasil pengujian dari agregat halus ditampilkan pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Analisa Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Hasil
Finesse Modulus	3,21
Berat Isi Gembur	1467
Berat Isi Padat	1631
Berat Jenis	2,473
Penyerapan Air	0,012

### Analisa pengujian batu laterit

Hasil pengujian batu laterit dapat di lihat pada tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Analisa Pengujian Batu Laterit

Pengujian	Hasil
Berat Jenis	1,82
Berat Isi	0,633
Penyerapan	0,5
Kadar Air	0,15

### Perencanaan mix design dan komposisi campuran beton

Beton dirancang dengan kuat tekan rencana 20 MPa. Campuran material beton terdiri semen, pasir, batu pecah, laterit dan air. Dilaksanakan pengujian sifat fisik material tersebut untuk membuat rencana campuran. Variasi sampel beton normal dan beton laterit. Sampel benda uji menggunakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji dirawat dalam air dengan suhu  $28 \pm 3$  °C. Kemudian uji kuat tekan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari. Kebutuhan material dalam setiap pengadukan dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Kebutuhan Material untuk 1 m<sup>3</sup>

Material	Kebutuhan 1 m <sup>3</sup> (Kg)
Air	190
Semen	296,9
Agregat Halus	725,25
Agregat Kasar	1087,88

### Hasil slump test

Dalam pembuatan beton didapatkan nilai *slump test* sebesar 70 mm dengan cara mengukur tinggi runtuhan adukan sampai ujung kerucut *Abrams* menggunakan tongkat baja perojok.

### Hasil berat benda uji

Tabel 5. Hasil Berat Benda Uji

No. Benda Uji	Berat (Kg)	
	Beton Normal	Beton Laterit
<b>7 Hari</b>		
1	12,460	10,750
2	12,395	10,735
3	12,265	10,765
<b>Rata-rata</b>	<b>12,373</b>	<b>10,750</b>
<b>14 Hari</b>		
1	12,375	10,435
2	12,455	10,500
3	12,345	10,545
<b>Rata-rata</b>	<b>12,392</b>	<b>10,493</b>
<b>28 Hari</b>		
1	12,330	10,360
2	12,315	10,225
3	12,295	10,395
<b>Rata-rata</b>	<b>12,313</b>	<b>10,326</b>

Berdasarkan tabel 5 berat benda uji rata-rata pada beton normal (BN) umur 7 hari sebesar 12,373 kg atau 2334,52 kg/m<sup>3</sup>, umur 14 hari sebesar 12,392 kg atau 2338,11 kg/m<sup>3</sup> dan umur 28 hari sebesar 12,313 kg atau 2323,21 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan berat benda uji rata-rata pada beton laterit (BL) umur 7 hari sebesar 10,750 kg atau 2028,30 kg/m<sup>3</sup>, umur 14 hari sebesar 10,493 kg atau 1979,81 kg/m<sup>3</sup> dan umur 28 hari sebesar 10,326 kg atau 1948,30 kg/m<sup>3</sup>.

## Hasil uji kuat tekan

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No. Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	
	Beton Normal	Beton Laterit
<b>7 Hari</b>		
1	12,75	7,17
2	13,89	6,47
3	13,30	6,22
Rata-rata	13,31	6,62
<b>14 Hari</b>		
1	17,26	9,79
2	16,68	10,13
3	16,85	9,26
Rata-rata	16,93	9,73
<b>28 Hari</b>		
1	20,13	11,88
2	20,08	11,70
3	19,93	11,91
Rata-rata	20,05	11,83

Berdasarkan tabel 6 di dapat hasil rata rata kuat tekan pada beton normal (BN) umur 7 hari adalah 13,31 MPa, umur 14 hari dengan nilai 16,93 MPa dan umur 28 hari dengan hasil 20,05 MPa. Sedangkan kuat tekan rata-rata pada beton laterit umur 7 hari sebesar 6,62 MPa, umur 14 hari dengan hasil 9,73 MPa dan umur 28 hari sebesar 11,83 MPa.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data kuat tekan beton, didapatkan kuat tekan beton memakai material agregat batu laterit pada umur 28 hari sebesar 11,83 MPa. Sehingga penggunaan batu laterit sebagai pengganti batu pecah pada agregat kasar dalam campuran beton belum dapat memenuhi dari kuat tekan rencana sebesar 20 MPa.

Penggunaan laterit sebagai bahan pengganti agregat kasar menghasilkan berat isi rata-rata saat umur beton 28 hari sebesar 1948,30 kg/m<sup>3</sup> sedangkan pada beton normal didapat hasil sebesar 2323,21 kg/m<sup>3</sup>. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan laterit sebagai agregat kasar dapat mengurangi berat beton sehingga menjadi lebih ringan, namun penggunaan laterit sebanyak 100% belum termasuk ketegori sebagai beton ringan karena berat isi lebih dari 1900 kg/m<sup>3</sup>.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait penggunaan batu laterit yang beraal dari daerah simpang pasir, kota Samarinda agar penggunaannya lebih maksimal dan dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti batu palu yang harganya relatif mahal. Dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan batu laterit dengan beberapa variasi dan membuat sampel beton umur 3, 7, 14, 28, 56 dan 91 hari agar terlihat lebih jelas perkembangan kekuatannya.

## Daftar Pustaka

- Amu, O. O., Owokade, O. S., & Shitan, O. I. (2011). Potentials of coconut shell and husk ash on the geotechnical properties of lateritic soil for road works. *International Journal of Engineering and Technology*, 3(2), 87-94.
- Asnan, M.N., Noor, R., Azzahra, R., (2019). Utilization of Styrofoam-Matrix for Coarse Aggregate to Produce Lightweight Concrete. *Int. J. Eng. Technol.* 8, 207–212.
- ASTM-C39/C39M-18, (2018). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens [WWW Document]. URL <https://www.astm.org/Standards/C39> (accessed 7.30.19).
- ASTM, S.N.I., (2012). Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 136-06 , IDT ).
- Badan Standardisasi Nasional, (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. Bandung Badan Stand. Nas. 251.
- Dipatunggoro, G., (2010). Pemetaan Geologi Nikel Laterit Daerah Sp Unit 25 Dan Sekitarnya Kecamatan Toili Barat, Kabupaten Banggai, Propinsi Sulawesi Tengah. *Bull. Sci. Contrib.* 8, 166–172.

- Herman, S. (2016). Characteristics Of Lightweight Concrete Using the Aggregate Rough Laterite Grading Continuous and Size 10 Mm. *Kurva Mahasiswa*, 1(1), 336-341.
- Wirawan, J., (2018). Ke mana perginya botol, gelas dan sedotan plastik yang Anda buang? - BBC News Indonesia [WWW Document]. URL <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-44220235> (accessed 12.13.19).
- Lightweight concrete [WWW Document], (2015). URL [https://www.concretecentre.com/Performance-Sustainability-\(1\)/Special-Concrete/lightweight-concrete.aspx](https://www.concretecentre.com/Performance-Sustainability-(1)/Special-Concrete/lightweight-concrete.aspx) (accessed 8.22.19).
- Muthusamy, K., Kamaruzaman, N. W., Ismail, M. A., & Budiea, A. M. A. (2015). Durability performance of concrete containing laterite aggregates. *KSCE journal of civil engineering*, 19(7), 2217-2224.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Transportasi Jalan, (1996). Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat. SNI 03-4142-1996 200, 1–6.
- Putrawirawan, A., Pranoto, Y., Palondongan, M.I., (2018). Alternatif Penambahan Batu Laterit sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Pada Perkerasan asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) The Addition Alternative of Laterit as Materials Substitution course Agregate to Pavement asphalt Concrete - Binder. SNITT- Politek. Negeri Balikpapan 212–218.
- SNI-ASTM-C136-2012, (2012). Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C 136-06, IDT).
- SNI 03-1970-1990, (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus. Bandung Badan Stand. Indones. 1–17.
- SNI 03-3449-2002, (2002). Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan, Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-4804-1998, (1998). Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat. Balitbang PU 1–6, Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-4810-1998, (1998). Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Lapangan, Departemen Pekerjaan Umum.
- Subandi, Arha, A.A., Kusuma, C., Asnan, M.N., (2019a). Utilization of Ironwood Waste and Husk Charcoal to Produce Lightweight Concrete. *Int. J. Civ. Eng.* 6, 17–22.
- Subandi, Cahyono, R., Kusuma, C., Asnan, M., (2019b). Artificial Aggregate Lightweight Structural. *Ann. Chim. - Sci. des Matériaux* 43, 213–216.
- Triwidianto, D.A., Setijadji, L. D., (2016). Studi Karakteristik Batuan Asal, Endapan Laterit, Dan Mineralisasi Bijih Besi di Daerah Sungai Bali, Kecamatan Pulau Sebuku, Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan, Skripsi, Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.