

## Kinerja struktural *Interlocking Compressed Earth Block (ICEB)* dengan serta ijuk sebagai stabilisator

*Structural performance of Interlocking Compressed Earth Block with ijuk (arenga pinnata) fiber as stabilises*

**Budianastas Prastyatama<sup>\*</sup>, Anastasia Maurina**

*Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan  
Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung, Indonesia*

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received August 23, 2018 Received in revised form Sept. 21, 2018 Accepted November 26, 2018 Available online December 01, 2018</p>	<p><i>Modular block building materials have been well-known in the design and construction of built-environment. In its simplest form, the modular block is known as brick, red brick, lime brick, conblock, etc. The modularity of its unit lends itself for easy of production, application and transport. The drawbacks, however, are the generally related to high energy consumption and pollution level in the production process (brick burning, high temp heating of cement and lime). In the perspective of sustainable and environmentally friendly built environment, the drawbacks need to be addressed in order to minimize its carbon footprint in human habitation. The challenge is how to obtain modular blocks with low energy consumption, while achieving stability and structural performance up to the standard. In this research, the earthen block test units were conducted without burning or use of cement and lime. Ijuk fibre (Arenga pinnata) was chosen as replacement of cement and lime was chosen as stabilizer in producing modular blocks. The main test units and their comparisons underwent a compression test in the compressive testing machine to evaluate the structural performance. The comparison test blocks were blocks with similar form, dimension and production method, while the differentiating factor was the mixture. The standards SNI 15-2094-2000 (Indonesia) and IS 1077: 1992 (India) were used as reference to compressive strength of common fired brick.</i></p>
<p><i>Keywords:</i> Earthen material Ecological material Modular block Ijuk fibre Structural performance</p>	
<p><b>*Corresponding author:</b> Budianastas Prastyatama Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia Email: <a href="mailto:mikail.budi@unpar.ac.id">mikail.budi@unpar.ac.id</a></p>	

### Pendahuluan

Pemadatan perkotaan di Asia Tenggara, khususnya Indonesia terjadi seiring diwujudkan aspirasi pertumbuhan ekonomi, kemakmuran, kemajuan, modernisasi. Pemadatan terjadi pada area urban yang lama dan baru. WHO & UN Habitat memperkirakan pada tahun 2050 tujuh dari sepuluh orang akan tinggal di perkotaan (World Health Organization 2010). Hal ini membawa konsekuensi fisik dan spasial yang sangat berpengaruh pada kelayakan ruang dan fasilitas hunian. Fenomena hunian padat dan/atau

kumuh di perkotaan adalah indikator kesulitan akses terhadap hunian yang layak dan terjangkau sebagai akibat dari pemadatan kota.

Pengadaan material untuk hunian secara konvensional menambah beban terhadap upaya pemenuhan kebutuhan hunian layak. Komersialisasi unit hunian dan bahan bangunan yang berbasis pada harga lokasi tapak menjadikan hunian yang terjangkau berada di pinggiran kota, yang akhirnya menambah beban sosial dan ekonomi dalam bentuk biaya dan waktu ekstra untuk transportasi, serta biaya-biaya sosial lainnya.

Beban lain yang timbul adalah beban lingkungan dari proses pengadaan bahan bangunan selama ini. Proses konvensional bahan bangunan yang secara luas dipakai bertumpu pada proses ekstraktif yang kurang ramah lingkungan. Lokasi yang jauh, transportasi bahan baku dan bahan jadi, serta proses pengolahan yang mengkonsumsi energi dalam jumlah besar menambah beban biaya inheren yang terkandung dalam bahan bangunan.

Dalam konteks ini, pemahaman arsitek tentang bahan bangunan yang tepat dan integrasinya dengan prinsip – prinsip rancangan arsitektur yang berkelanjutan menjadi kritis dalam situasi tersebut (Kim and Rigdon 1998). Kriteria kunci seperti bersifat lokal, terbarukan, hemat energi, relatif murah, dapat terurai dengan mudah di alam setelah usia pakai, mudah diadakan secara swadaya/mandiri, dengan tetap memenuhi persyaratan keandalan dan performa teknis bangunan hunian, diharapkan dapat mengarahkan penelitian bahan bangunan modern ke arah yang lebih positif.

Selain bambu, material dengan karakter yang mendekati kriteria di atas adalah tanah (*earthen material*). Secara historis bahan tanah sudah dikenal sejak 9000 tahun lalu, dan kembali dipertimbangkan kembali secara serius di awal Abad 21 (Golebiowski 2009), karena memenuhi kriteria hemat energi, murah, lokal, dan cukup mudah pengerjaannya, sehingga berpotensi diadakan secara swadaya.

Secara umum material tanah digunakan melalui metode konstruksi yang cukup sederhana. Pertama adalah menumpukkan langsung bahan tanah (Minke 2006), (Kennedy 2004) ke dalam bentuk dinding sampai ketinggian tertentu, baik tanpa pemadatan (Kennedy 2004) (contohnya *adobe, cob, wattle & daub*) maupun dengan pencetakan & pemadatan/penumbukan (Minke 2006), (Schroeder 2015), contohnya *rammed earth*. Metode kedua adalah mencetak bahan tanah ke dalam bentuk blok atau bata (Minke 2006), (Kennedy 2004). Bata merah bakar adalah salah satu bahan bangunan yang dihasilkan dengan cara ini sebelum dibakar.

Metode pertama mencapai efisiensi optimal melalui proses pembuatan bersifat padat karya. Walaupun demikian, Escobar (2013) menilai pola hidup di perkotaan kurang memungkinkan pelaksanaan metode padat karya. Metode pembuatan ke dalam bentuk blok akan lebih tepat menjawab kebutuhan di area perkotaan, terutama karena sementara ini pengadaan hunian masih

didominasi pendekatan transaksional (Escobar 2013).

Dalam bentuk modular dengan dimensi dan bobot tipikalnya sekarang, bata merah (dan jenis bata berbahan selain tanah) banyak menjadi pilihan sebagai bahan bangunan utama dalam pengadaan hunian karena kemudahan pembuatan, transportasi, kemudahan penguasaan teknik pengerjaan, dan aplikasi di lapangan. Keunggulan bentuk blok ini menjadi titik tolak dalam penelitian blok modular.

Masalah timbul dari kekurangan bahan blok konvensional di Indonesia, yaitu penggunaan energi dalam jumlah besar pada proses fabrikasinya. Proses pemanasan (pembakaran, oven) diperlukan untuk mencapai stabilitas bahan agar memiliki ketahanan relatif terhadap cuaca dan proses pengerjaan, serta pada fase penghunian. Sejumlah blok menggunakan stabilisator berupa semen dan/atau kapur. Kedua bahan tambahan tersebut dihasilkan melalui proses yang menggunakan panas tinggi serta tambahan komponen transportasi ekstra dari lokasi fabrikasi semen ke tempat fabrikasi blok modular yang menjadi kelemahan juga dari perspektif hemat energi dan ramah lingkungan. Bahan blok konvensional sudah teruji kapasitas kuat-tekannya sebagai bahan untuk dinding pengisi, tetapi cenderung memiliki jejak karbon yang tinggi, sehingga tidak ramah lingkungan.

Di sisi lain, pemanfaatan serat kaca sebagai bahan stabilisator pada material *glass fibre-reinforced-cement* (GRC), serat pada filter puntung rokok bekas pada bata merah (Kadir 2010) dan penambahan serat ijuk pada papan semen-gipsum (Mahyudin 2013) menjadi pencetus ide penggunaan serat sebagai stabilisator pada blok modular. Tetapi karena serat kaca dan *cigarette butts* juga melalui proses produksi yang enegry intensive, penelitian ini mencoba menggunakan serat alami ijuk yang memiliki kekuatan tarik sangat baik sebagai pengikat partikel (stabilisator).

Blok modular bertipe *interlocking block* yang memiliki kapasitas kunci antar unit bloknya dan menambah kapasitas sistem *interlocking block* ini terhadap gaya lateral menjadi acuan desain bentuk dasar untuk blok modular yang digunakan pada penelitian ini. Pertimbangannya adalah kemampuan saling mengunci tersebut yang diharapkan dapat menghemat penggunaan adukan semen dan/atau plester sebagai perekat antar blok untuk menghasilkan friksi penahan gaya lateral.

Melalui studi ini, diharapkan permasalahan pada blok modular konvensional untuk dinding non struktural yang cenderung boros energi dan tidak ramah lingkungan dapat dijawab melalui opsi yang ditawarkan oleh blok modular berbahan tanah dengan tipe desain *interlocking block* yang dapat mencapai stabilitas relatif baik dan kuat tekan yang setara (tanpa pembakaran) melalui pemakaian serat ijuk dalam campuran dasarnya. Secara teoritis, bahan ini akan dapat menjawab kebutuhan bahan bangunan yang murah, ramah lingkungan, dan dapat diandalkan.

## Metode penelitian

Metode penelitian yang ditempuh adalah penelitian kualitatif melalui percobaan (*experimental research*). Objek penelitian adalah:

- Benda uji utama berupa blok modular berbahan tanah dengan stabilisator alami (serat alami ijuk);
- Benda uji pembanding adalah dua tipe blok modular yang banyak beredar secara komersil, dengan stabilisator semen portland.

Tujuan pendekatan ini adalah mendapatkan perbandingan performa blok modular dengan stabilisator yang berbeda (serat alami & semen). Semua benda uji dibuat menggunakan mesin pres manual berbasis model *Chinva Press Machine* (Adam and Agib 2001), dengan bentuk yang dikategorikan sebagai *Interlocking Compressed Earth Block (ICEB)* oleh Rigassi (1985) (Rigassi 1985).

Data yang digunakan bersumber dari data hasil pengujian objek studi. Pengujian dilakukan pada benda uji utama dan pembanding. Setiap unit blok modular harus melalui uji tekan (*compressive test*). Teknik analisis yang dipakai pada penelitian ini adalah analisis komparatif – kualitatif.

Analisis yang dilakukan adalah membandingkan data hasil uji yang didapat. Perbandingan dilakukan antara data dari benda uji utama dengan benda uji pembanding, yang kemudian dibandingkan terhadap rujukan standard untuk objek penelitian metode yang serupa. Rujukan yang digunakan adalah standard bata merah dari SNI 15-2094-2000 (Indonesia) (Nasional 2000), IS 1077: 1992 (India), dan rujukan sekunder yaitu [www.theconstructioncivil.org/compressive-crushing-strength-of-bricks](http://www.theconstructioncivil.org/compressive-crushing-strength-of-bricks) tentang klasifikasi bata.



Gambar 1. Mesin press manual

## Temuan dan pembahasan

### Komposisi bahan dasar benda

Sebelum pembuatan benda uji utama, bahan dasar tanah yang akan digunakan diuji melalui sejumlah pengujian sederhana untuk mengetahui komposisi kandungan utamanya (tanah liat, *silt*, agregat). Informasi dasar tentang komposisi bahan tanah diperlukan karena ICEB memerlukan komposisi tanah liat – *silt* – agregat tertentu sebagai syarat pra pembuatannya (Minke 2006).



Gambar 2. Mesin uji tekan (*compressive test machine*)

Merujuk kepada Minke (2006) (Minke 2006), Adam & Agib (2001) (Adam and Agib 2001), pengujian sederhana tersebut berupa:

- a. *Rub test* (Minke 2006);
- b. *Sedimentation test* (Minke 2006); (Adam and Agib 2001);
- c. *Ball-drop test* (Minke 2006).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa bahan dasar tanah yang digunakan ternyata memiliki kandungan tanah liat yang terlalu tinggi. Untuk memperbaiki komposisi ini, Minke menyarankan penambahan pasir untuk memperbaiki rasio kandungan tanah tersebut karena sifatnya yang anorganik, seragam dan mudah didapat. Pada penelitian ini, rasio tanah : pasir yang digunakan adalah 5 kg : 7 kg, berdasarkan pengujian untuk mencapai komposisi yang diarahkan Minke (2006) (Minke 2006) dan Adam & Agib (2001) (Adam and Agib 2001).

Tabel 1. Rasio pasir – tanah – ijuk yang digunakan dalam pembuatan benda uji

	Berat (kg)	%
Tanah	5	41
Pasir	7	58
Ijuk	0.05	1

#### Serat alami

Ijuk, serat alami pada bagian tajuk pohon aren (*arenga pinnata*), dipilih sebagai serat alami dengan peran stabilisator karena kuat tarik yang cukup baik (Munadar, Savetlana, and Sugiyanto. 2013); (Mahyudin 2013); (Bachtiar et al. 2010) relatif lentur, dan tahan terhadap asam (Prahara et al. 2017). Serat ijuk dipotong ke dalam panjang 2cm, lalu diurai dan dicampurkan ke campuran tanah dan pasir melalui pengadukan merata.

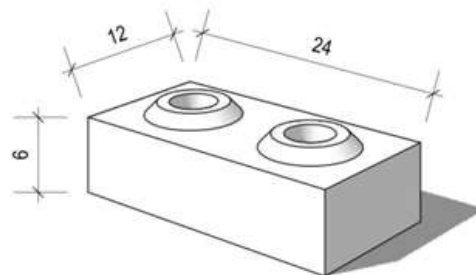
Peran ijuk sebagai stabilisator diharapkan dapat mengurangi sifat getas dan retakan pada blok ICEB ketika menyalurkan beban.



Gambar 3. Campuran tanah-pasir-ijuk dengan rasio sesuai tabel 1

#### Benda uji utama

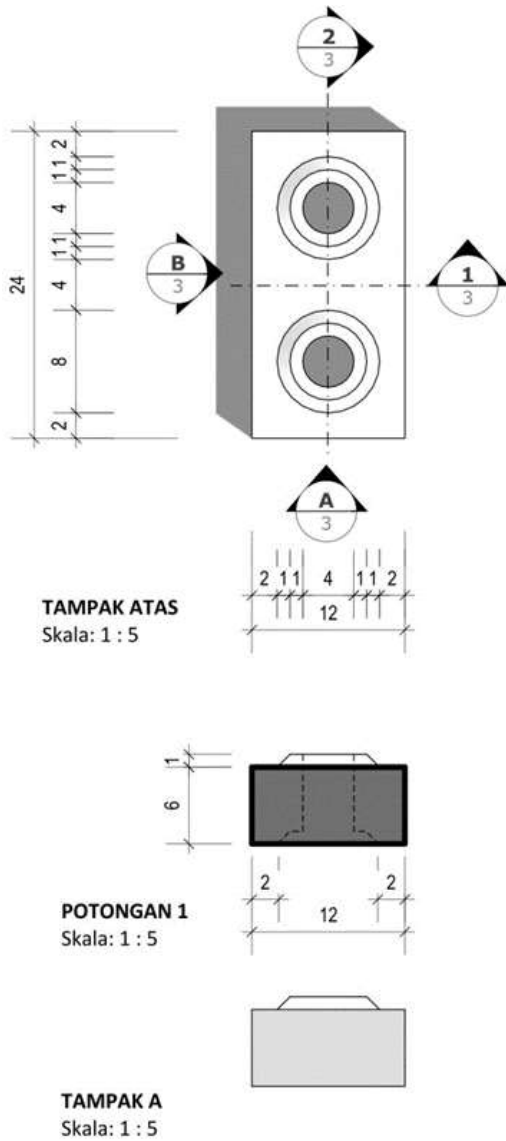
Benda uji utama berupa ICEB dibuat dengan ukuran  $P \times L \times T = 24 \times 12 \times 7$  cm, yaitu seukuran bata merah atau bata beton (*concrete block*) yang lazim di pasaran. Dua buah *interlocking nodes* pada bagian atas dan bawah unit dapat dilihat pada gambar rencana sebagai berikut:



SKETSA 3 DIMENSI

Skala: 1 : 5





**Gambar 4.** Rencana benda uji utama

**Benda uji pembanding**

Ada dua tipe benda uji pembanding. Tipe 1 adalah *interlocking compressed block* yang dibuat di pabrik di daerah Cicalengka, Jawa Barat. Komposisi bahannya semen dan campuran pasir-abu batu, dengan rasio 1 : 9.



**Gambar 5.** Benda uji pembanding tipe 1, sedang disesuaikan untuk uji tekan

Tipe 2 adalah *interlocking compressed block* yang dibuat di pabrik di daerah Karawang, Jawa Barat. Komposisi bahannya adalah tanah merah – semen – pasir. Informasi tentang rasio komposisi bahan tidak berhasil diperoleh dari produsen.



**Gambar 6.** Benda uji pembanding tipe 2, bentuk awal (kiri) dan yang sudah disesuaikan untuk uji tekan (kanan)

**Pengujian**

Benda uji utama & pembanding diuji kuat tekannya melalui *compressive/crushing test* menggunakan alat uji seperti pada Gambar 2. Pengujian menggunakan 3 (tiga) unit benda uji untuk setiap tipenya. Uji tekan dilakukan untuk mendapatkan beban puncak (*peak load*) yang mampu ditanggung oleh setiap tipe.



Gambar 7. Benda uji utama

### Hasil pengujian

Berikut ini adalah hasil uji tekan terhadap seluruh benda uji (utama dan pembanding) yang tersaji pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil *compressive test*

Benda uji	No.	Kuat tekan N/mm <sup>2</sup> (MPa)
<i>Utama</i>	1	3,3477
	2	4,2837
	3	4,9989
<i>Pembanding 1</i>	1	3,9243
	2	4,4836
	3	4,7943
<i>Pembanding 2</i>	1	2,9450
	2	2,1568
	3	2,8111

Dari hasil tersebut, dapat dilihat bahwa ICEB dengan tambahan serat ijuk mampu mencapai kuat tekan yang relatif setara dengan ICB berbahan abu batu – semen. Sementara itu, performa kuat tekan ICEB berbahan tanah merah – semen tidak sebaik benda uji utama dan pembanding tipe 1. Semua benda uji dibuat dengan menggunakan tipe mesin cetak *press* yang sejenis, yang berarti beban yang diberikan dalam proses pemadatan relatif setara.

Tabel berikut menunjukkan perbandingan benda uji terhadap rujukan standard bata sebagai berikut:

Rujukan	Kelas kuat tekan
SNI 15-2094-2000 (Indonesia)	Kelas 50 MPa (variasi 22%)
IS 1077 : 1992 (India)	<i>Class designation</i> antara 3.5 & 5 MPa
<a href="http://www.theconstructioncivil.org/compressive-crushing-strength-of-bricks">www.theconstructioncivil.org/compressive-crushing-strength-of-bricks</a>	Common brick (35 kg / sq. cm) MPa

Melalui perbandingan terhadap standard tersebut, benda uji ICEB dengan serat ijuk sebagai stabilisator dapat dikategorikan setara dengan bata merah bakar untuk pengisi dalam hal kuat tekan. Peran ijuk sebagai stabilisator menunjukkan peluang positif yang memungkinkan mencapai unit blok modular berbahan tanah yang dapat mencapai kuat tekan tertentu tanpa melalui proses pembakaran atau penggunaan bahan stabilisator lain (semen, kapur) yang boros energi.

### Kesimpulan

Pengujian ini menunjukkan performa campuran tanah-pasir-ijuk yang mampu menghasilkan blok modular yang memenuhi standard kuat tekan sebagai dinding non struktural. Penggunaan serat alami ijuk dan proses pembuatan blok yang sama sekali tanpa pembakaran dapat menjadi indikasi peluang pengurangan jejak karbon (dari konsumsi energi dan polusi udara) yang timbul dalam proses produksinya. Stabilitas bahan tanah dapat dicapai dengan penambahan serat alami sebagai penguat ikatan agregat terkandung. Keberadaan kandungan tanah liat dan air (dengan kadar yang tepat) dalam campuran bahan dasar berperan penting untuk pengikat partikel tanah, pasir dan juga serat alami.

Peluang penggunaan ijuk sebagai stabilisator juga membuka peluang penggunaan serat alami lainnya untuk digunakan dalam pembuatan blok modular sejenis ICEB ini. Variasi serat alami selain ijuk membuka peluang pemanfaatan serat alami berbasis lokalitas. Pilihan serat dapat disesuaikan dengan jenis tumbuhan penghasil serat yang banyak tersedia/mudah tumbuh di lokasi yang berbeda-beda.

Penelitian lebih lanjut terbuka terhadap eksplorasi kuat tarik berbagai jenis serat alami dan pemanfaatannya pada blok modular berbahan tanah. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat mengambil topik berupa perbandingan konsumsi energi dan emisi karbon antara blok modular konvensional dengan ICEB dengan serat alami.

Penelitian kali ini pun menyisakan pertanyaan penting tentang durabilitas blok modular tanpa pembakaran, khususnya durabilitas terhadap pengaruh air tanah, hujan dan angin, yang tentu saja merupakan peluang penelitian lanjutan.

Dalam bidang arsitektur, kepekaan, pengetahuan dan pemahaman material yang ramah lingkungan dari para arsitek dan pendidik arsitektur akan sangat berpengaruh pada tingkat ketahanan dan keberlanjutan lingkungan binaan yang dihasilkan, yang pada akhirnya akan menentukan kualitas kehidupan penggunanya. Hal ini secara langsung turut membangun kesadaran akan hakekat arsitektur yang multi-aspek (fungsi, bentuk, estetis, teknis, sosial, budaya). Penelitian arsitektural yang bersifat teknis dalam koridor keberlanjutan (sustainability) & ramah lingkungan perlu terus menerus dikembangkan. Kemungkinan penelitian teknis arsitektural yang bersifat lintas disiplin juga perlu dijajaki untuk mendapatkan pemahaman arsitektural yang lebih utuh.

## Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan dosen dan para staf di Fakultas Teknik Unpar, Laboratorium Struktur Prodi Teknik Sipil, serta Kelompok Penelitian Teknologi Bahan Bangunan dan Konstruksi Berkelanjutan (SUBMIT).

## Referensi

- Adam, EA, and Ara Agib. 2001. "Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan." *Printed by Graphoprint for the United Nations Educational Scientific and Cultural Organization*.
- Bachtiar, D, S M Sapuan, E S Zainudin, A Khalina, and K Z M Dahlan. 2010. "The Tensile Properties of Single Sugar Palm ( Arenga Pinnata ) Fibre ." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/11/1/012012>.
- Escobar, David M. 2013. "Earth Architecture. Building With Rammed Earth In A Cold Climate." Chalmers University of Technology, Gothenburg Sweden.
- Golebiowski, Jessica. 2009. "Rammed Earth Architecture's Journey To The High Hills Of The Santee And It's Role As An Early Concrete." Clemson University & The College of Charleston.
- Kadir, Aeslina Abdul. 2010. "Recycling Cigarette Butts In Fired Clay Bricks." RMIT University.
- Kennedy, Joseph. 2004. *Building without Borders*. Edited by Joseph Kennedy. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers.
- Kim, Jong-jin, and Brenda Rigdon. 1998. "Qualities , Use , and Examples of Sustainable Building Materials." *Building*.
- Mahyudin, Meri Darmawi; Alimin. 2013. "Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Papan Semen Gypsum." *Jurnal Fisika Unand 2* (1).
- Minke, Gernot. 2006. *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Basel, Berlin, Boston: Birkhauser-Publisher for Architecture. [https://archive.org/details/Gernot\\_Minke-Building\\_With\\_Earth/page/n1](https://archive.org/details/Gernot_Minke-Building_With_Earth/page/n1).
- Munadar, Imam, Shirley Savetlana, and Sugiyanto. 2013. "Kekuatan Tarik Serat Ijuk ( Arenga Pinnata Merr )." *Jurnal FEMA*.
- Nasional, Badan Standardisasi. 2000. SNI 15-2094-2000Bata Merah Pejal Untuk Pasangan Dinding, issued 2000.
- Prahara, Eduardi, Gouw Tjie Liong, Rachmansyah Rachmansyah, Universitas Sumatera Utara, Universitas Sumatera Utara, Universitas Sumatera Universitas Sumatera Utara, Tri Wahyudi, Bambang Edison, et al. 2017. "Penggunaan Ijuk Dan Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K-100." *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*. <https://doi.org/10.21512/comtech.v6i2.2265>.
- Rigassi, Vincent. 1985. *Compressed Earth Blocks : Manual of Production. Network*.
- Schroeder, Horst. 2015. *Sustainable Building with Earth. Sustainable Building with Earth*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19491-2>.
- World Health Organization. 2010. "Urban Health Inequity and Why It Matters." *Hidden Cities: Unmasking and Overcoming Health Inequities in Urban Settings*.

