

## Kajian Keselesaan Termal Dalam Antara Bata Tanah Liat Bakar dan Bata Tanah Liat Terstabil Termampat

Nor Sham Mariani Mohamad<sup>1</sup>, Mohd Baharudin Ridzuan<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina,  
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, 86400, MALAYSIA

\*Corresponding Author Designation

DOI: <https://doi.org/10.30880/rtcebe.2022.03.01.104>

Received 4 July 2021; Accepted 13 December 2021; Available online 15 July 2022

**Abstrak:** Keselesaan termal dalaman yang selesa bagi setiap rumah amatlah diperlukan bagi memberi kesan positif kepada penggunaanya. Ini kerana persekitaran yang selesa boleh memberikan kesan yang amat baik untuk tubuh badan manusia. Namun, terdapat beberapa faktor yang mampu mempengaruhi tahap keselesaan termal dalaman ini. Penggunaan bahan juga boleh mampu memberi kesan kepada keselesaan termal dalaman. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi mengenalpasti penebat nilai haba bagi setiap jenis batu bata dengan menggunakan bahan tanah liat yang berbeza melalui modelling analisis ECOTECT. Selain itu, tahap keselesaan termal bagi kedua-dua jenis bata tanah liat ini juga dapat ditentukan apabila mencatat perbezaan nilai U iaitu 0.500W/m<sup>2</sup>.K bagi bata tanah liat bakar dan bata tanah liat terstabil termampat. Di samping itu, kediaman ini juga diterapkan dengan sedikit bahan mesra alam dan elemen bangunan hijau untuk mendapatkan tahap keselesaan termal dalaman yang paling optimum dalam jangka masa yang panjang.

**Kata kunci:** Keselesaan Termal Dalam, Bata Tanah Liat, ECOTECT, Nilai-U

**Abstract:** Comfortable internal thermal comfort for each home is essential to have a positive impact on its users. This is because a comfortable environment can have a very good effect on the human body. However, there are several factors that can influence this level of internal thermal comfort. The use of materials can also be able to affect the internal thermal comfort. Therefore, this study was conducted to identify the thermal insulation value for each type of brick by using different clay materials through ECOTECT analysis modeling. In addition, the level of thermal comfort for these two types of clay bricks can also be determined when recording a difference of U value of 0.500W/m<sup>2</sup>.K for baked clay bricks and compressed stabilized clay bricks. In addition, the residence is also applied with a bit of eco - friendly materials and green building elements to get the most optimal level of indoor thermal comfort in the long run.

**Keywords:** Indoor Thermal Comfort, Clay Brick, ECOTECT, U-value

## 1. Pengenalan

Rumah merupakan perkara asas bagi setiap manusia untuk meneruskan kehidupan. Ketiadaan rumah boleh menjejaskan kehidupan manusia kerana sememangnya ia berfungsi sebagai tempat perlindungan daripada hujan dan panas serta tempat untuk berehat. Tambahan pula setiap rumah mestilah dibina dengan mempunyai tahap keselesaan termal yang optimum. Oleh itu tidak hairanlah jika keselesaan termal dalaman bagi sesuatu ruang amat besar peranannya memandangkan ia memberi kesan kepada keselesaan manusia atau pengguna.

Secara umumnya keselesaan termal mampu mempengaruhi beberapa elemen penting dalam kehidupan manusia iaitu emosi, kesihatan dan tenaga. Ini kerana apabila seseorang berada dalam ruang yang tidak memberikan keselesaan kepadanya, ia akan mengakibatkan seseorang itu menjadi gelisah serta tidak fokus dalam melakukan sesuatu pekerjaan. Di samping itu, keselesaan termal yang optimum juga mampu menjadi emosi seseorang itu semakin stabil dalam menjalankan aktiviti hariannya (Rahman, 2014). Umum mengetahui keselesaan termal ini dapat ditentukan melalui haba selesa. Haba selesa ini dipengaruhi oleh pergerakan angin, suhu udara, kelembapan bandingan dan sinaran cahaya matahari (Shafii, Keselesaan termal rumah kediaman dan pengaruhnya terhadap kualiti hidup penduduk, 2012). Tidak ketinggalan juga, kelembapan relatif dalam sesebuah bangunan (rumah atau pejabat) juga dapat menentukan keselesaan termal bagi sesebuah bangunan. Hal ini dibuktikan apabila ia merupakan faktor utama bagi menentukan tahap keselesaan termal bagi negara yang mempunyai iklim panas dan lembap sepanjang tahun seperti Malaysia (Rahman, 2014). Namun, zon keselesaan termal bagi setiap manusia tidak sama dan berbeza-beza mengikut keadaan cuaca setempat dan keperluan badan manusia hasil kajian Rahman (2014).

Keselesaan termal ini juga boleh dipengaruhi oleh penggunaan bahan pembinaan yang terdapat pada kediaman (rumah) atau bangunan. Sebagaimana kajian yang telah dilakukan oleh Alabi, Babalol, Nwankwo dan Olatunji (2014) penggunaan bata termo porotherm yang diinovasikan daripada bata tanah liat biasa memberi kesan yang berbeza berbanding bata tanah liat biasa dengan nilai U iaitu 0.6 W/m<sup>2</sup>k yang lebih rendah berbanding 1.8 W/m<sup>2</sup>k.

Perbezaan ini menunjukkan bahawa sifat sesuatu bahan juga mampu mempengaruhi keselesaan termal dalaman ini. Ini kerana kajian pernah dijalankan di Surabaya, Indonesia di mana bata konkrit dan bata merah sebagai dinding. Hasil kajian mendapati bahawa bahan-bahan binaan mempunyai sifat melawan rasa panas yang tersendiri walaupun Surabaya mempunyai kelembapan yang tertinggi pada siang hari. Walau bagaimanapun, bangunan yang menggunakan bahan daripada tanah liat mempunyai jangka hayat yang panjang, kuat dan tidak memerlukan baikpulih yang kerap serta mampu mengurangkan kos pemanasan dan penyejukan (Alabi, Babalol, Nwankwo dan Olatunji, 2014). Di samping itu, saiz bukaan (saiz rumah) dan kualiti bahan binaan juga mampu memberi kesan kepada keselesaan termal bagi seseorang penghuni bangunan (Shafii, 2018).

## 2. Keselesaan termal dalaman

Keselesaan termal dalaman ditakrifkan sebagai keadaan fikiran yang menyatakan kepuasan dengan persekitaran termal iaitu keadaan ketika seseorang itu tidak merasa samada terlalu panas atau terlalu sejuk di dalam sesebuah ruang atau bangunan seperti yang terdapat dalam artikel yang ditulis oleh Cosummit Construction (2018). Keselesaan termal ini juga mampu memberikan kesan kepada kehidupan seharian manusia seperti kemerosotan kualiti hidup penduduk setempat. Di samping itu, kualiti hidup masyarakat juga mampu memberikan kesan kepada kedamaian dan kesepakatan yang berbilang kaum di Malaysia (Shafii, Keselesaan termal rumah kediaman dan pengaruhnya terhadap kualiti hidup penduduk, 2012). Seperti diketahui oleh umum, keselesaan termal ini sememangnya dapat dicipta apabila suhu di dalam rumah atau kediaman ini menepati suhu yang nyaman yang berada dalam lingkungan 25.5°C sehingga 28.0°C terutamanya bagi orang Malaysia (Rahman, 2014).

Namun berbeza pula bagi bandar tropika yang memerlukan konsep keseimbangan haba persekitaran termal yang berbeza. Situasi ini berlaku apabila sesebuah kerana bangunan di kawasan ini selalunya akan menyerap dan memerangkap haba lebih banyak serta menjadikan persekitarannya

lebih panas daripada biasa. Kajian ini berdasarkan analisis bahan binaan dan orientasi di mana kawasan tropika ini memerlukan panel dinding yang lebih sesuai sebagai dinding bangunan (Alabi, Babalol, Nwankwo dan Olatunji, 2014).

Batu bata merupakan elemen penting dalam bahan pembinaan. Hal ini kerana bata ini boleh dikatakan sebagai bahan binaan yang cekap tenaga, murah serta mesra alam. Penggunaan batu bata ini juga boleh dikatakan apabila lebih 30 negara seluruh dunia yang menggunakannya sebagai bahan pembinaan sebagai contoh Mexico, USA, Afrika Selatan, India dan Thailand (Kuma, et al, 2020). Walau bagaimanapun, batu bata juga mempunyai ketahanannya yang tersendiri berdasarkan penggunaan jenis tanah liat dan cara pembuatan batu bata tersebut (Holanda, 2015). Kitaran panas dan sejuk juga menjadi antara faktor utama dalam ketahanan batu bata terhadap suhu persekitarannya (Holanda, 2015).

Produk yang terdiri daripada tanah liat mempunyai kitaran hidup yang lama iaitu boleh melebihi 100 tahun tanpa perlu membuat perubahan atau kerja penyelenggaraan yang banyak (Kidger, 2013d). Bata tanah liat juga mempunyai ciri keistimewaan yang unik dengan mempunyai fungsi yang luar biasa seperti bateri termal. Berdasarkan kajian yang dilakukan Alabi, Babalol, Nwankwo, & Olatunji (2014) bangunan yang menggunakan produk daripada tanah liat cenderung mempunyai jumlah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang sangat positif sepanjang hayatnya. Penggunaan ini juga dapat memberikan kesejahteraan hidup yang baik disebabkan struktur permukaannya, jisim serta daya tahan yang tinggi terhadap api dan kelembapan (Alabi, Babalol, Nwankwo, & Olatunji, 2014).

Nilai-U pula yang dikenali secara rasmi sebagai pemancar haba atau penebat haba. Ini lebih merupakan istilah kejuruteraan yang digunakan untuk menunjukkan prestasi terma sistem berbanding dengan bahan homogen. W/m<sup>2</sup>. K didefinisikan daripada ASTM C168 pula menerangkan bahawa transmisi merupakan penghantaran haba dalam satuan masa melalui kawasan unit pembinaan bahan dan udara sempadan, disebabkan oleh perbezaan suhu unit antara persekitaran di setiap sisi (Hart, 2009). Ini dapat dikonklusikan apabila jika nilai U mempunyai nilai yang rendah, maka kadar aliran haba juga akan menjadi rendah. Sistem dinding bangunan yang bertejabat dengan baik akan mempunyai nilai U, atau transmisi termal yang jauh lebih rendah daripada sistem yang tidak berisolasi atau kurang bertejabat. Bagi menentukan nilai U sistem penebat mekanikal dengan tepat, perhitungkan pemindahan haba melalui penebat homogen serta melalui sebarang pelanggaran dan jurang pengembangan dengan bahan penebat yang berbeza mestilah diambilkira. Oleh itu, terdapat juga udara luar dan kadang-kadang udara dalam yang akan mengganggu bacaan pengukuran.

### 3. Bahan dan Metod

Setelah lakaran model dibuat, model dipindahkan ke dalam perisian ECOTECH. Bagi proses modelling analisis, lakaran yang dibuat tadi disimulasikan dengan menetapkan rekabentuk rumah sebagai pemboleh ubah yang dimalarkan manakala jenis bata tanah liat iaitu bata tanah liat bakar dan bata tanah liat terstabil termampat ditetapkan sebagai pemboleh ubah yang dimanipulasi. Ibu negara Malaysia iaitu Kuala Lumpur (GMT +8.00) diambil sebagai rujukan utama cuaca dalam Malaysia bermula 1 Januari sehingga 31 Disember dalam tempoh satu tahun. Ini kerana bacaan yang diambil bergantung kepada purata keadaan cuaca semasa sepanjang satu tahun. Seterusnya modelling analisis diteruskan dengan mengawal pemboleh ubah yang dimanipulasi.

### 3.1 Bahan

Batu bata api merupakan sejenis batu bata khas yang dibuat menggunakan tanah liat bakar dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap suhu tinggi yang digunakan di tanur, tungku lapisan, tempat bakar dan kotak bakar. Batu bata ini dihasilkan dengan cara yang serupa dengan batu bata biasa, kecuali semasa proses pembakaran. Batu bata api ini lebih terdedah kepada suhu yang sangat tinggi. Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Charai, Sghiouri, Mezrhab, Karkri, & Hammouti (2020), bata tanah liat bakar mempunyai kestabilan termal yang tinggi berbanding bata tanah liat biasa. Ini menunjukkan bahawa bata tanah liat bakar mampu menahan rintangan haba yang tinggi serta tidak menyerap haba dalam kuantiti yang banyak apabila diuji dengan melakukan pembakaran di antara suhu 50°C sehingga 900°C dengan kadar pembakaran 20°C/min.

Cara pembuatan batu bata ini secara tidak langsung dapat mengurangkan kesan kepada alam sekitar bukan sahaja dapat mengurangkan pencemaran malah bata jenis ini juga mampu mengelakkan daripada kawasan sekitar menjadi pulau haba dalam jangka masa yang panjang. Ini terjadi kerana batu bata ini diproses dengan merendamkan tanah liat ke dalam lubang tanah yang berisi air selama 15 jam atau lebih. Ini bagi menghasilkan sebatian yang baik di antara air dan tanah liat tadi. Seterusnya, proses pembentukan dimulakan dengan menggunakan papan kayu yang disusun mengikut bentuk yang dikehendaki. 20cm x 10 cm x 5cm merupakan bentuk yang ideal bagi penghasilan bata tanah liat bakar ini. Namun, terdapat juga sesetengah syarikat yang menggunakan saiz standard dalam penghasilan bata ini.

Seterusnya, tanah liat yang dimasukkan ke dalam acuannya dan ditekan sedikit demi sedikit sehingga penuh. Setelah itu, bata tersebut dikeluarkan daripada kotak acuan secara perlahan-lahan. Bata tanah liat yang belum dibakar dipindahkan ke tempat pengeringan yang terhindar dari terik matahari selama 2-3 hari sebelum proses pembakaran dimulakan. Proses pembakaran dilakukan dengan menggunakan suhu 50°C hingga 1250°C bagi mendapatkan struktur yang rata dan menghasilkan warna merah gelap di mana menjadikan ia batu bata tanah liat kelas pertama.

Bata tanah liat mampat sememangnya boleh melestarikan sesebuah bangunan. Sepertimana di Nigeria, penggunaan bata tanah liat mampat atau nama lain baginya bata tanah liat termampat terstabil tidak menjejaskan persekitaran (Joshua, Kandar, & Aminu, 2017) memandangkan ia hanya diperbuat daripada tanah liat. Selain itu, bata ini boleh memberikan kehangatannya kepada penghuni di samping mewujudkan persekitaran yang mesra (Joshua, Kandar, & Aminu, 2017). Bata tanah liat terstabil termampat juga selalunya mewujudkan daya tarikan yang asli yang kebanyakan bahan lain tidak ada (Joshua, Kandar, & Aminu, 2017). Tidak dapat dinafikan apabila bata tanah liat terstabil termampat ini mampu menyerap tenaga haba daripada sinaran cahaya matahari yang banyak.

Oleh itu, ia menyerap haba dengan pantas pada waktu siang dan melepaskannya secara perlahan-lahan pada waktu malam ke ruang dalaman. Manakala, pada waktu malam pula haba yang diserap pada waktu siang tadi dilepaskan semula kembali ke persekitaran (Joshua, Kandar, & Aminu, 2017). Menurut Sahu dan Singh (2017), bata batu ini juga mudah didapati berikutan tanahnya yang mudah dijumpai serta mempunyai harga yang berpatutan. Dengan sifatnya yang tahan api menjadikan ia sangat bagus kerana tidak mudah terbakar. Di samping itu, prestasi iklim yang mempunyai haba yang tinggi, rendah kekonduksian termal dan keliangan membuatkan ia bagus berbanding bata yang lain kerana mampu mengekalkan suhu dalaman yang memuaskan. Bata tanah liat terstabil termampat diperbuat daripada tanah yang lembap yang dimampatkan pada tekanan yang tinggi untuk membentuk sebuah blok. Bata ini juga dimampatkan dengan menggunakan penekan mekanikal dari campuran yang sesuai dari tanah bawah tanah anorganik yang cukup kering, tanah liat dan agregat. Sekiranya blok tersebut distabilkan dengan pengikat kimia seperti simen Portland, ia dipanggil blok bumi terstabil termampat (CSEB) atau blok bumi stabil (SEB). Pada kebiasaannya, sekitar 3,000 psi (21 MPa) tekanan digunakan dalam proses mampatan dan isipadu tanah asal dapat dikurangkan sekitar separuh daripada isipadu awal sebelum mampatan.

CEB mempunyai sifat yang berbeza dari batu bata lumpur kerana ia tidak dimampatkan dan dipadatkan melalui perubahan kimia yang berlaku semasa udara kering. Kekuatan mampatan CEB yang dibuat dengan betul biasanya melebihi kekuatan bata lumpur biasa. Piawaian bangunan telah dibangunkan untuk CEB. CEB selalunya dipasang ke dinding menggunakan teknik pembuatan batu bata dan batu. Mortar itu mungkin campuran sederhana yang diperbuat daripada campuran tanah atau tanah liat yang sama tanpa agregat, merata dengan sangat nipis di antara blok untuk ikatan, atau mortar simen juga dapat digunakan untuk kekuatan tinggi, atau ketika pembinaan semasa kitaran pembekuan-pencairan menyebabkan kestabilan isu.

Bata medium merupakan salah satu jenis bata yang kerap digunakan dalam sektor pembinaan. Dengan cara pembuatannya yang terdiri daripada tanah liat secara tidak langsung dapat mengelakkan daripada berlakunya pencemaran pada alam sekitar. Dengan memiliki warna bata yang oren kekuning-kuningan menjadikan ia sejenis bata yang mendapat permintaan tinggi dalam sektor pembinaan. Penggunaan bata jenis ini mememangnya mendapat permintaan yang tinggi pada suatu ketika dahulu, namun kini penggunaan bata jenis ini sudah kurang digunakan berikutan ia mempunyai tahap ketahanan haba yang rendah. Tahap ketahanan haba yang rendah sememangnya mengakibatkan kadar penyerapan haba yang tinggi. Bata medium ini diproses melalui pembakaran yang sama namun dengan suhu yang lebih rendah iaitu antara 50°C sehingga 800°C yang menjadikan ia bata tanah liat bakar kelas terendah. Bata tanah liat bakar sememangnya terdiri daripada tiga kategori iaitu bata tanah liat bakar berkelas tinggi, sederhana dan rendah (The Contractor, 2021).

Pada kebiasaannya bata medium digunakan pada dinding rumah atau bangunan dengan lapisan mortar sebagai pelengkapannya. Ini kerana bata jenis ini mempunyai struktur permukaan yang tidak rata, oleh itu lapisan mortar digunakan bagi menutupi struktur-struktur yang tidak rata itu tadi daripada menyerapan haba yang terlalu tinggi. Selain itu, bata medium juga mempunyai julat rintangan suhu diantara 0 – 870 °C yang lebih rendah berbanding kelas pertama dan kelas kedua dengan masing-masing 1482 – 1648 °C dan 1315 – 1482 °C (The Contractor, 2021). Julat rintangan suhu yang rendah menyebabkan kadar penyerapan haba yang tinggi dan kadar pembebasan haba yang rendah. Oleh itu, sesebuah rumah atau bangunan boleh menghasilkan ruang yang panas serta memberikan ketidakselesaan yang berpanjangan. Hal ini dapat dibuktikan apabila pembakaran yang lebih daripada 1000°C menyebabkan kualiti teknikal dan ketahanan batu bata menjadi lebih unggul.

Di samping ia juga mampu menghasilkan daya ketahanan yang tinggi dan kadar penyerapan air yang baik (Johari, Said, Hisham, Bakar, & Ahmad, 2010). Dengan cara pembuatan yang sama dengan bata tanah liat bakar yang lain menjadikan ia sejenis batu bata tanah liat bakar namun bata medium ini dibakar dengan suhu yang rendah iaitu sekitar 50°C hingga 800°C sahaja menyebabkan ia memberikan tahap keselesaan termal dalaman yang rendah berbanding bata tanah liat bakar kelas pertama yang dibakar pada suhu lebih daripada 900°C.

**Jadual 1: Pemboleh ubah yang dimanipulasi semasa proses modelling analisis**

| Jenis bata                          | Kelebaran (cm) | Ketumpatan bata (kg/m <sup>3</sup> ) | Haba tentu (J/kg.K) | Termal konduktiviti, k (W/m°C) |
|-------------------------------------|----------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Bata tanah liat bakar               | 22             | 2000                                 | 1050                | 1.0                            |
| Bata tanah liat terstabil termampat | 29.5           | 1898.9                               | 1040                | 0.75                           |
| Bata medium                         | 110            | 2000                                 | 836.8               | 0.711                          |

### 3.2 Metod

Pembolehubah yang dimanipulasi dikenalpasti terlebih dahulu sebelum modelling analisis dilakukan. Seterusnya, setiap pembolehubah yang dimanipulasi tersebut digantikan mengikut jenis bata yang digunakan. Antara maklumat yang diperlukan adalah seperti yang terdapat di dalam Jadual 1. Setelah kelebaran, ketumpatan bata, haba tentu dan termal konduktiviti ditetapkan di dalam ECOTECH mengikut jenis bata, modelling analisis mula dilakukan. Ini kerana bagi mendapatkan nilai U. Nilai u atau penebat nilai haba dapat dikenalpasti setelah modelling analisis tamat dianalisa. Oleh itu, perbandingan mula dilakukan dengan mengenalpasti nilai U hasil daripada modelling analisis. Penggunaan bumbung zink sebagai bumbung ditetapkan sebagai pemalar semasa kajian dijalankan.

## 4. Keputusan dan Perbincangan

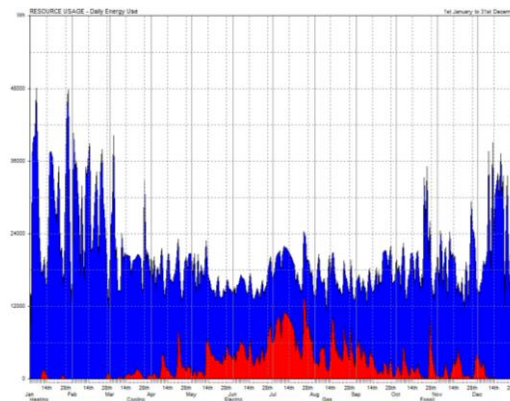
Setelah simulasi siap dianalisa, suhu bagi keselesaan termal dalaman bagi rumah banglo satu tingkat ini dikenalpasti. Perbezaan suhu keselesaan termal dalaman bagi kedua-dua jenis bata tanah liat dan bata medium sebagai bata rujukan ini menunjukkan perbezaan antara satu sama lain. Perbezaan ini secara tidak langsung menunjukkan nilai suhu keselesaan termal dalaman dan nilai U yang juga turut berbeza. Berdasarkan keputusan ini juga tahap keselesaan termal dalaman juga dapat ditentukan.

### 4.1 Keputusan

Setelah simulasi siap dianalisa, suhu bagi keselesaan termal dalaman bagi rumah banglo satu tingkat ini dikenalpasti. Perbezaan suhu keselesaan termal dalaman bagi kedua-dua jenis bata tanah liat dan bata medium sebagai bata rujukan ini menunjukkan perbezaan antara satu sama lain. Perbezaan ini secara tidak langsung menunjukkan nilai suhu keselesaan termal dalaman dan nilai U yang juga turut berbeza. Berdasarkan keputusan ini juga tahap keselesaan termal dalaman juga dapat ditentukan.

#### 4.1.1 Bata tanah liat bakar

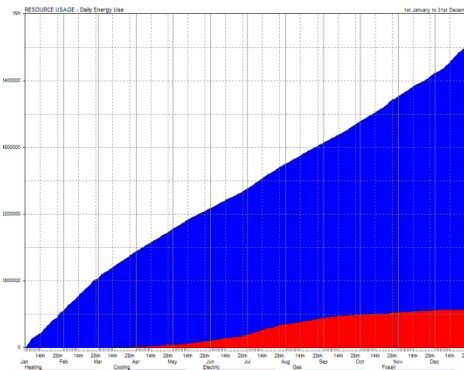
Hasil daripada simulasi yang dijalankan, nilai U bata tanah liat bakar ini ialah  $1.950 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ini menunjukkan bahawa bata tanah liat bakar ini mempunyai nilai tahap keselesaan termal dalaman yang baik. Dengan kadar penyerapan tenaga solar sebanyak 0.418 iaitu berada dalam lingkungan skala 0 sehingga 1. Ia menunjukkan kadar penyerapan yang baik iaitu kurang daripada separuh penyerapan solar penuh. Penggunaan batu bata ini juga menunjukkan bahawa bata tanah liat juga mampu mengurangkan haba pada skala 0.25 iaitu antara 0 hingga 1.



**Rajah 1: Bacaan harian keselesaan termal bagi bata tanah liat bakar**

Rajah 1 di atas menunjukkan bacaan keselesaan termal harian sepanjang satu tahun iaitu bermula 1 Januari sehingga 31 Disember bagi bata tanah liat bakar. Graf berwarna merah yang mewakili

pemanasan menunjukkan bacaan yang rendah berbanding bacaan graf berwarna biru yang mewakili penyejukan. Ini menandakan bahawa penyerapan haba oleh bata tanah liat ini adalah rendah di samping membantu menyejukan rumah. Keadaan ini menunjukkan bacaan harian tenaga yang digunakan adalah kurang daripada 18, 000 Wh. Seperti sedia maklum, keadaan cuaca di Malaysia yang menerima taburan hujan yang banyak pada awal dan akhir tahun menyebabkan penyerapan haba juga berlaku penurunan pada tempoh itu. Namun, pada pertengahan tahun, Malaysia pernah mencatat suhu tertinggi iaitu hampir 40°C di Kedah. Oleh itu, bacaan penyerapan haba pada bulan May hingga Oktober menunjukkan sedikit peningkatan berbanding bulan-bulan yang lain. Dengan menggunakan perudaraan bercampur iaitu perudaraan semula jadi dan perudaraan yang dijana, ia menunjukkan bahawa penggunaan bata tanah liat bakar ini sedikit sebanyak mampu mengurangkan lagi penyerapan haba ke dalam rumah dan memberi keselesaan termal yang berpanjangan.

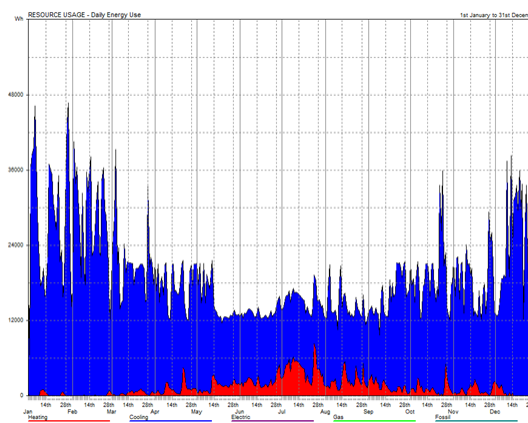


**Rajah 2: Bacaan kumulatif keselesaan termal bagi bata tanah liat bakar**

Rajah 2 pula menunjukkan bacaan kumulatif keselesaan termal bermula bulan Januari sehingga Disember. Hasil bacaan kumulatif bata tanah liat bakar ini menunjukkan bacaan pemanasan mempunyai nilai yang kurang berbanding bacaan penyejukan. Dengan bacaan kumulatif pemanasan yang kurang daripada 1, 600, 000 Wh, iaitu di antara 800, 000 sehingga 1, 600, 000. Oleh itu, jelaslah bahawa sepanjang tempoh satu tahun ini, penggunaan bata jenis ini akan mengurangkan berlakunya penyerapan haba yang berlebihan terutamanya pada musim panas.

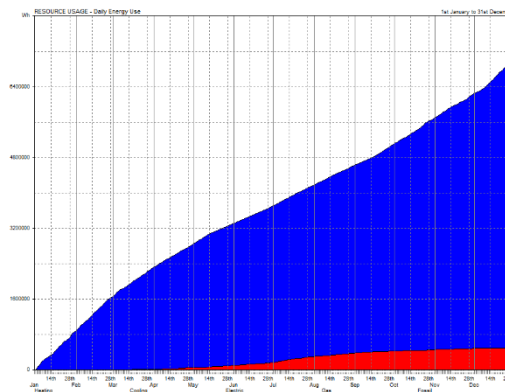
#### 4.1.2 Bata tanah liat terstabil termampat

Bata tanah liat terstabil termampat sememangnya terkenal dengan kebolehannya yang mampu mengurangkan penyerapan haba yang banyak berbanding batu bata jenis lain. Oleh kerana pembuatannya yang hanya menggunakan mampatan, pendedahan terhadap haba yang tinggi juga tidak berlaku berbanding bata tanah liat bakar. Namun, keupayaannya yang mampu mengekalkan keselesaan termal dalaman tidak dapat dinafikan hampir sama dengan bata tanah liat bakar.



**Rajah 3: Bacaan harian keselesaan termal bagi bata tanah liat terstabil termampat**

Bacaan keselesaan termal dalaman bagi bata tanah liat terstabil termampat ini mempunyai nilai yang hampir sama dengan bacaan keselesaan termal bata tanah liat bakar. Namun, bacaan graf pemanasan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3 di atas menunjukkan penurunan yang banyak. Bacaan keselesaan termal ini mencatat bacaan yang kurang daripada 6, 000 Wh sepanjang tahun kecuali pada bulan Ogos yang menunjukkan sedikit kenaikan daripada 6, 000 Wh namun bacaannya masih menunjukkan kurang daripada 12, 00 Wh sepanjang tahun. Bacaan penyerapan haba penyejukan juga menunjukkan peningkatan yang banyak pada bulan Januari iaitu hampir mencecah 48, 000 Wh. Penerimaan taburan hujan yang banyak juga mampu menjadikan nilai penyerapan haba juga turut berkurang.

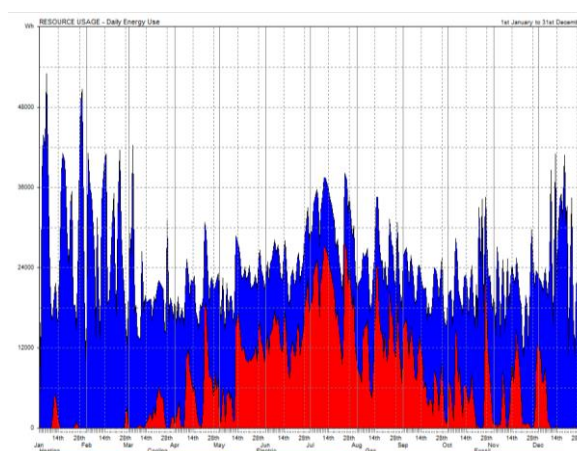


**Rajah 4: Bacaan kumulatif keselesaan termal bagi bata tanah liat terstabil termampat**

Sepanjang tempoh satu tahun ini, bata tanah liat terstabil termampat mencatat bacaan kumulatif pemanasan yang sedikit berbanding bacaan kumulatif penyejukan. Ini jelas menunjukkan bahawa kadar penyerapan haba bagi bata tanah liat jenis ini hanya menyerap kurang daripada 800, 000 sepanjang tempoh satu tahun. Bacaan kumulatif penyejukan mencatat bacaan yang paling tinggi iaitu menghampiri 72, 000, 000 Wh setahun. Oleh itu, tidak dapat dinafikan bahawa penyerapan haba berlaku sangat sedikit apabila menggunakan bata tanah liat ini sebagai bahan utama bagi proses pembinaan rumah.

#### 4.1.3 Bata medium

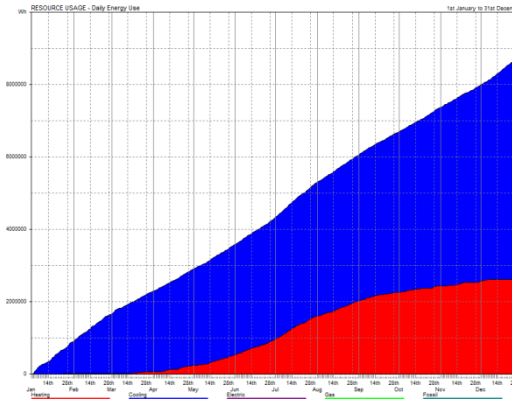
Bata medium ini diambil sebagai rujukan bacaan standard bata mengikut bulan dan bacaan kumulatif sepanjang tempoh satu tahun. Bata medium ini juga merupakan jenis bata yang selalu digunakan bagi sektor pembinaan. Namun, bata ini tidaklah menunjukkan tahap keselesaan termal dalaman yang baik.



**Rajah 5: Bacaan harian keselesaan termal bagi bata tanah medium**



Graf bacaan seperti yang dicatat dalam Rajah 5 menunjukkan bahawa kadar penyerapan haba yang tinggi diserap oleh bata medium ini. Bata medium ini menunjukkan bacaan pemanasan yang tinggi pada pertengahan tahun manakala bacaan mula mencatat penurunan pada awal dan akhir tahun. Ini jelaslah menunjukkan bahawa bata ini mampu menyerap serta melepaskan haba dalam kadar yang tinggi terutamanya pada musim panas iaitu pada bulan May sehingga awal November. Tidak ketinggalan juga bacaan penyejukan menunjukkan bacaan yang tinggi pada bulan Januari iaitu 54, 000 Wh. Keadaan cuaca yang dingin serta penerimaan taburan hujan yang banyak menyebabkan kadar penyerapan haba juga berkurang.



**Rajah 6: Bacaan kumulatif keselesaan termal bagi bata tanah medium**

Seterusnya, rajah di atas pula menunjukkan bacaan kumulatif bagi bata medium sepanjang setahun. Rajah ini menunjukkan perbezaan yang ketara disebabkan ia mencatatkan bacaan yang tinggi berbanding graf bacaan kumulatif yang lain. Seperti sedia maklum, graf ini merekodkan bacaan kumulatif pemanasan yang tinggi sehingga melebihi 1, 600, 000 Wh setahun. Maka jelaslah bahawa bata medium ini mampu menyerap haba yang banyak sepanjang tahun serta boleh mengurangkan tahap keselesaan termal dalaman bagi sesebuah rumah atau bangunan. Penyerapan haba yang terlalu banyak boleh meningkatkan penggunaan tenaga elektrik seperti penggunaan penghawa dingin atau kipas angin.

#### 4.2 Perbincangan

Hasil daripada kajian menunjukkan bahawa bata tanah liat terstabil termampat mempunyai bacaan kumulatif yang rendah bagi pemanasan berbanding bacaan kumulatif pemanasan bagi bata tanah liat bakar. Selain itu, bagi bacaan kumulatif bata medium mencatatkan bacaan yang paling tinggi antara ketiga-tiga jenis bata di mana bata medium ini sebagai bata rujukan. Bukan itu sahaja, perbezaan nilai U antara ketiga-tiga bata ini juga menunjukkan perbezaan tahap keselesaan termal dalaman. Nilai U bagi bata tanah liat terstabil termampat mencatat bacaan sebanyak 1.450 W/m<sup>2</sup>.K iaitu yang paling rendah antara ketiga-tiga bacaan nilai U. Manakala bagi bacaan nilai kedua tertinggi ini ialah daripada bata tanah liat bakar iaitu 1.950 W/m<sup>2</sup>.K dan yang terakhir 2.230 W/m<sup>2</sup>.K bagi bata medium. Ini jelas menunjukkan bahawa bata tanah liat terstabil termampat mempunyai suhu keselesaan termal yang tinggi berbanding bata tanah liat bakar dan bata medium.

Dengan mempunyai nilai U yang rendah, penggunaan bahan tanah liat terstabil termampat ini mampu memberikan keselesaan termal dalam ruangan. Perbezaan bacaan nilai U dapat direkodkan dan mendapati bahawa perbezaan nilai U antara bata tanah liat bakar dan bata tanah liat terstabil termampat ini ialah 0.500 W/m<sup>2</sup>.K. Manakala, perbezaan nilai U antara bata tanah liat terstabil termampat dan bata medium mencatat perbezaan yang sangat ketara iaitu 0.780 W/m<sup>2</sup>.K. Berdasarkan bacaan nilai ini, jelaslah bahawa bata tanah liat terstabil termampat ini mempunyai suhu keselesaan termal yang baik berbanding bata tanah liat bakar dan bata medium. Walaupun bagaimanapun, bata tanah liat bakar juga mempunyai perbezaan antara bata medium iaitu 0.280 W/m<sup>2</sup>.K yang mana ia menunjukkan bahawa bata tanah liat ini juga mempunyai suhu keselesaan termal yang baik. Ini

menunjukkan bahawa penggunaan bata tanah liat terstabil termampat boleh memberikan keputusan suhu keselesaan termal yang baik berbanding bata yang lain.

### 4.3 Jadual

Nilai u hasil daripada kajian juga dapat dicatat seperti dalam jadual di bawah:

**Jadual 2: Nilai-nilai yang diperolehi berdasarkan jenis bata**

| Jenis bata                          | Nilai U<br>(W/m <sup>2</sup> .K) | Penyerapan<br>solar (0-1) | Pengurangan<br>haba (0-1) | Kadar<br>penyerapan<br>haba<br>(W/m <sup>2</sup> .K) |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--|
| Bata tanah liat bakar               | 1.950                            | 0.418                     | 0.25                      | 4.520  |
| Bata tanah liat terstabil termampat | 1.450                            | 0.418                     | 0.13                      | 4.360  |
| Bata medium                         | 2.230                            | 0.418                     | 0.57                      | 4.260  |

Jadual di atas jelas menunjukkan bahawa bata tanah liat bakar mempunyai nilai U yang lebih tinggi berbanding bata tanah liat terstabil termampat tetapi mempunyai nilai yang rendah berbanding bata medium. Perbezaan nilai U antara ketiga-tiga bata dapat dicatat di dalam jadual di bawah:

**Jadual 3: Perbezaan nilai U bagi setiap bata**

| Perbezaan<br>Nilai U<br>(W/m <sup>2</sup> .K) | Bata tanah liat bakar dan<br>Bata tanah liat terstabil termampat | Bata tanah liat bakar dan<br>Bata medium | Bata tanah liat terstabil termampat dan<br>Bata medium |
|---|--|--|--|
|   | 0.500  | 0.280                                    | 0.780  |

Jadual di atas jelas menunjukkan bahawa bata tanah liat bakar mempunyai nilai U yang lebih tinggi berbanding bata tanah liat terstabil termampat tetapi mempunyai nilai yang rendah berbanding bata medium. Ini menunjukkan bahawa bata tanah liat terstabil termampat mempunyai penebat nilai haba yang sangat baik. Kadar penyerapan solar diukur adalah sama berikut tempoh yang dijalankan analisis adalah sama. Bagi pengurangan haba, skala ditentukan di antara 0- 1 yang mana menunjukkan nilai yang menghampiri 1 adalah kurang baik. Ini kerana jelas menunjukkan bahawa nilai yang diperolehi oleh bata tanah liat terstabil termampat mempunyai nilai yang menghampiri 0 yang menunjukkan ia mampu mengurangkan kandungan haba di dalam sebuah ruang yang menggunakan bata jenis ini. Manakala, bata medium pula mempunyai nilai yang menghampiri 1, dimana ia menyerap haba serta membebaskannya dengan mudah. Bagi bata tanah liat bakar pula, ia mencatat nilai yang sederhana, yang bermaksud ia mampu menyerap haba dan membebaskan haba dalam keadaan yang seimbang. Nilai kadar penyerapan haba juga mencatat nilai yang berbeza mengikut jenis bata. Oleh kerana semasa fasa pemprosesan yang memerlukan pembakaran serta terdedah kepada haba yang tinggi, maka nilai yang dicatat oleh bata tanah liat bakar juga adalah tinggi berbanding yang lain. Bagi bata tanah liat terstabil termampat.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian yang dijalankan, tahap keselesaan termal merupakan antara ciri-ciri penting kepada bangunan yang 'sihat'. Tahap keselesaan termal bagi rumah atau bangunan diukur apabila tiada udara yang terperangkap di dalam bangunan. Udara yang tidak sihat menjadikan sesebuah ruang atau kawasan itu tidak mencapai tahap keselesaan termal yang bagus. Namun, udara hanyalah merupakan salah satu kepada faktor keselesaan termal. Terdapat faktor-faktor lain juga yang mempengaruhi tahap keselesaan termal ini. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi mengenalpasti salah

satu antara faktor ini iaitu kesan penggunaan jenis bata tanah liat yang berbeza terhadap tahap keselesaan termal dalaman.

Setelah kajian dibuat, didapati bahawa jenis bata daripada bahan tanah liat ini memberikan kesan yang ketara dalam keselesaan termal dalaman ini. Dengan melakukan kajian melalui simulasi sebuah rumah banglo satu tingkat mendapati penggunaan bata tanah liat terstabil termampat dapat mengurangkan penyerapan haba luar masuk ke dalam rumah walaupun pada musim panas. Malaysia sememangnya sinonim dengan keberadaannya pada Garisan Khatulistiwa serta mempunyai iklim yang suhu seragam, berkelembapan yang tinggi serta menerima taburan hujan yang banyak. Tambahan pula, Malaysia selalunya mengalami musim panas dengan suhu yang agak tinggi sehingga 37°C pada pertengahan tahun. Oleh itu pada tempoh tersebut Malaysia akan menerima haba yang banyak dan menyebabkan berlakunya penyerapan haba dari luar rumah atau bangunan yang turut meningkat. Walau bagaimanapun, apabila sesebuah rumah atau bangunan itu menggunakan bahan binaan yang berunsurkan daripada tanah liat, ia serba sedikit boleh menyebabkan berlakunya pengurangan penyerapan haba dari masuk ke dalam rumah.

Hasil kajian menunjukkan bahawa penggunaan bata tanah liat terstabil termampat mampu mengurangkan hampir separuh tahap ketidakselesaan termal dalam ruangan berbanding penggunaan bata biasa. Ini dapat dibuktikan apabila perbezaan nilai U antara penggunaan bata tanah liat terstabil termampat dan bata medium ini mencatat sebanyak 0.780 W/m<sup>2</sup>.K. Ini jelas menunjukkan bahawa bahan daripada tanah liat mampu memberikan keselesaan termal dalaman yang berpanjangan tanpa menjejaskan kesihatan penggunaannya. Umum mengetahui, bangunan yang 'sakit' akan mempunyai tahap keselesaan termal yang rendah. Bagi memenuhi keselesaan termal, pengguna akan sedaya upaya untuk mencari jalan penyelesaian bagi masalah ini.

Oleh itu, berdasarkan keputusan simulasi yang diperolehi, suhu keselesaan termal dalaman ini dapat dikenalpasti. Di samping itu, hasil keputusan daripada kajian ini juga secara tidak langsung telah menepati objektif kajian iaitu mengenalpasti suhu keselesaan termal bagi bata tanah liat bakar dan bata tanah liat terstabil termampat. Setelah perbandingan dibuat, tahap keselesaan termal juga dapat ditentukan iaitu bata tanah liat terstabil termampat ini mempunyai tahap keselesaan termal yang tinggi diikuti oleh bata tanah liat bakar dan akhir sekali bata medium. Penelitian terhadap tahap keselesaan termal ini sekali gus memenuhi objektif kajian yang kedua. Akhir sekali, penerapan elemen bangunan hijau juga boleh dibuat dengan menanam lebih banyak pokok atau menggunakan bahan tambahan semasa proses pembinaan. Penggunaan elemen bangunan hijau ini bukan sahaja meningkatkan tahap keselesaan termal malah mampu melestarikan alam semula jadi.

### **Penghargaan**

Penyelidikan ini merupakan syarat bagi penganugerahan Ijazah Sarjana Muda. Oleh itu, penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Encik Mohd Baharudin Ridzuan atas kerjasama daripada beliau semasa kajian ini dijalankan. Di samping itu, ucapan terima kasih ini juga tidak ketinggalan untuk diucapkan kepada Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongannya bagi melakukan kajian ini.

### **Rujukan**

- [1] Alabi, A. B., Babalol, O. A., Nwankwo, L. I., & Olatunji, S. (2014). Cooling Effect of Some Materials in Clay Composite Bricks for Tropical Region. *FUTY Journal of the Environment Vol.8 No. 1*, 1-7.
- [2] Cerny, R., & Koci, V. (2016). Traditional fired-clay bricks versus. Prague, Czech Republic: Czech Technical University.
- [3] Charai, M., Sghiouri, H., Mezrhab, A., Karkri, M., & Hammouti, K. E. (15 June, 2020). Comparative study of a clay before and after fired brick-making process. *Materials Today: Proceedings*, pp. 1-6.

- [4] Cosummit Construction. (2018). Retrieved from Kesselesaan terma dalam bangunan: <https://may.cosummitconstruction.com/thermal-comfort-buildings-30044>
- [5] Dudzinka, A., & Kotowicz, A. (2015). Features of materials versus thermal comfort in a passive building. *Conference Material Problems in Civil Engineering (MATBUD'2015)* (pp. 108-115). Krakow, Poland: 7th Scientific-Technical.
- [6] Joshua, A., Kandar, M. Z., & Aminu, D. Y. (2017). A Review of Compressed Stabilized Earth Brick as a Sustainable Building Material in Nigeria. Themed Section: Engineering and Technology, 1-9.
- [7] Kidger, P. (2013d). Claybrick Optimises Thermal Performance In Walling. Clay Brick Walling Ensures Optimal Energy Efficiency of Houses throughout South Africa, pp. 1-2.
- [8] Kuma, M. M., Dongmo, Francois, N., Alakeh, M. N., Eulalie, M. B., & Emmanuel, Y. (2020). Compressed Stabilized Earth Brick (CSEB) As Building Construction Elements. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 42-48.
- [9] Noerwasito, V. T., & Santosa, M. (2006). Pengaruh "Thermal Properties" Material Bata Merah Dan Batako Sebagai Dinding, Terhadap Efisien Energi Dalam Ruang Di Surabaya. *Dimensi Teknik Arsitektur* Vol. 34, No. 2, 147-153.
- [10] Riza, F. V., Rahman, I. A., & Zaidi, A. M. (2010). A Brief Review of Compressed Stabilized Earth Brick. *Conference of Science and Social Research (CSSR)* (pp. 1-6). Kuala Lumpur: International Conference.
- [11] Sahu, M. K., & Singh, L. (2017). Critical Review On Types Of Bricks Type 12: Compressed Stabilised Earth Bricks. *International Journal of Mechanical And Production Engineering*, ISSN: 2320-2092, Volume- 5, Issue-11, 1-4.
- [12] Shafii, H. (2012). Kesselesaan terma rumah kediaman dan pengaruhnya terhadap kualiti. *GEOGRAFIA OnlineTM Malaysia Journal of Society and Space* 8 issue 4 , 28-43.
- [13] Udawattha, C., & Halwatura, R. (2016). Thermal performance and structural cooling analysis of brick, Moratuwa, Sri Lanka: Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Moratuwa.