

# Analisis Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) sebagai Sumber $\text{CaCO}_3$ pada Pembuatan Ubin Keramik Dinding

Fernandes Triviolini Tasari<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Prodi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura

\*Email : fernandeztriviolinitasari12@gmail.com

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124

(Diterima 17 September 2022; Disetujui 19 Oktober 2022; Dipublikasikan 31 Desember 2022)

## Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang analisis cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai sumber  $\text{CaCO}_3$  pada pembuatan ubin keramik dinding dengan memvariasikan persentase komposisi cangkang kerang darah, sebesar; 5,50%, 9,50%, 13,50%, 17,50%, dan 21,50%. Pada penelitian ini, ubin keramik dinding terbuat oleh *ball clay* berukuran *mesh* 100 yang berperan seperti *flux*, pasir silika berukuran *mesh* 100 sebagai *filler* (bahan pengisi), dan bahan aditif berupa cangkang kerang darah memiliki ukuran *mesh* 200 yang berfungsi sebagai zat pembentuk pori yang dapat meningkatkan nilai porositas selama proses pembakaran dan membantu perkembangan difusi pada permukaan saat proses *sintering*. Ubin keramik dinding berdimensi (20 × 10 × 0,75) cm sebagai sampel A dan berdimensi (4 × 4 × 0,75) cm sebagai sampel B dengan target memiliki *modulus of rupture* (MOR) 15 MPa. Pengempaan dilakukan selama 10 menit dengan tekanan 50 MPa dan disintering dengan suhu 1100°C, lama penahanan (*holding time*) 5 menit dan durasi pendinginan (*cold to cold*) 45 menit di dalam tanur. Bahan baku dikarakterisasi dengan uji XRF, FTIR, dan XRD, kemudian sampel uji dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis. Nilai hasil pengujian yang sudah memenuhi *International Organization for Standardization* (ISO) tahun 2010 adalah nilai penyerapan air dan nilai porositas untuk seluruh variasinya.

**Kata Kunci :** ubin keramik dinding, cangkang kerang darah (*A. granosa*), sifat fisis, dan sifat mekanis.

## 1. Latar Belakang

Perindustrian ubin keramik di Indonesia tiap tahun mengalami peningkatan secara nasional maupun internasional. Asosiasi Aneka Keramik Indonesia menyebutkan bahwa, tiap tahun penjualan keramik di Indonesia meningkat sebanyak 5% [1]. Ubin keramik tersebut 87% dipasarkan secara nasional dan 13% diekspor ke luar negeri [2]. Kebutuhan ubin keramik tiap tahun diperkirakan akan meningkat dan diikuti dengan persaingan perindustrian keramik di Indonesia, sehingga penelitian untuk meningkatkan kualitas ubin keramik dengan penggunaan bahan alam terus dilakukan.

Komposisi umum ubin keramik adalah kaolin, *flux*, bahan pengisi (*filler*) dan bahan aditif. Bahan aditif yang digunakan pada penelitian ialah limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang berperan sebagai bahan pembentuk porositas selama proses *sintering* [3]. Salah satu bahan aditif yang digunakan adalah yang mengandung karbonat (*kalsit*) [4]. Senyawa  $\text{CaCO}_3$  tersebut dapat ditemukan pada berbagai bahan alam

seperti, cangkang telur dan cangkang kerang. Senyawa  $\text{CaCO}_3$  terkandung dalam berbagai jenis kerang. Salah satu dari keempat jenis kerang yang diteliti, kerang darah (*Anadara granosa*) memiliki kandungan konsentrasi kalsium karbon tertinggi yakni, 95,7% [5][6]. Cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) memiliki kandungan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) sebesar 61,23% dari bobot kering [7].

Berdasarkan data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan, ketersediaan kerang darah di Indonesia meningkat menjadi 94.247 ton pada tahun 2018, ditinjau dari produksi perikanan tangkap laut jenis kerang. Kerang darah juga dapat ditemukan di berbagai daerah di Indonesia, salah satunya adalah provinsi Kalimantan Barat. Sejumlah 36,46 ton kerang darah dihasilkan pada tahun 2017, berdasarkan data statistik produksi perikanan tangkap laut [8]. Mengingat masyarakat banyak mengkonsumsi dagingnya tanpa memanfaatkan lebih lanjut mengenai limbah cangkangnya, maka limbah tersebut dapat menjadi permasalahan bagi lingkungan. Limbah cangkang kerang darah mengandung mineral

*aragonit* yang tinggi, sehingga cangkang kerang darah dapat menjadi bahan alternatif pada pembuatan ubin keramik dinding yang digunakan sebagai sumber  $\text{CaCO}_3$ .

Penelitian yang dilakukan ialah dengan menganalisis cangkang kerang darah sebagai sumber  $\text{CaCO}_3$  dan bahan aditif pada pembuatan ubin keramik dinding dari karakterisasi bahan komposisi ubin, sifat fisis, maupun sifat mekanisnya. Ubin keramik yang dibuat, kemudian ditinjau dari nilai susut susut bakar, porositas, densitas, penyerapan air, MOR, dan MOE, serta kuat tekan. Standar uji dan kualitas ubin keramik dinding yang dibuat mengacu pada SNI ISO 13006 dan SNI ISO 10545.

## 2. Metodologi

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah sebuah ayakan ukuran *mesh* 200, ayakan ukuran *mesh* 100, sebuah neraca analitik, sebuah mortar, sebuah jangka sorong merk *Kenmaster Vernier Caliper 6"*, 2 buah cetakan keramik yang terbuat dari pelat besi berukuran  $4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 0,75 \text{ cm}$  dan 2 buah cetakan berukuran  $20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,75 \text{ cm}$ , sebuah *hammermill*, sebuah *electric mass shiever*, sebuah oven bersuhu  $100^\circ - 250^\circ\text{C}$  merk *Cosmos Co-9919R*, sebuah tanur bersuhu  $30^\circ - 30.000^\circ\text{C}$  merk *Nabertherm LT5/11/B410*, sebuah *table press* merk *FONTUNE*, alat uji MOR dan MOE merk *Micro-Computer Universal Testing Machines* dan alat uji kuat tekan *Universal Testing Machine*. Bahan-bahan yang digunakan ialah air hujan, akuades, larutan  $\text{NaOH}$  0,2 M, cangkang kerang darah (*A. granosa*), pasir silika dan *ball clay* dari PT. Clayindo Cakra Jaya di Kecamatan Capkala, Kabupaten Bengkayang

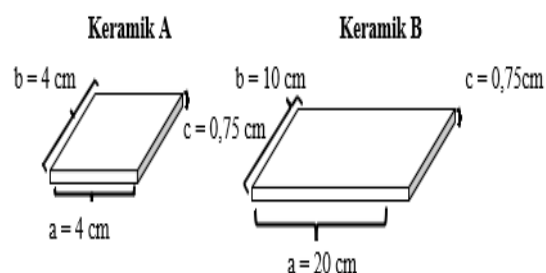
### Preparasi bahan baku

Penelitian dimulai dengan tahapan preparasi bahan baku ubin keramik dinding. Tahap preparasi bahan ubin keramik dilakukan beberapa tahapan, antara lain; preparasi *ball clay*, pasir silika, dan preparasi cangkang kerang darah. Pembuatan bubuk kerang darah (*A. granosa*) diawali dengan membersihkan cangkang kerang dari pengotor, menyikatnya dengan sikat gigi dan mencuci cangkang di bawah air yang mengalir sebanyak 2 kali. Proses pengeringan cangkang di bawah sinar matahari selama 5 jam dari pukul 10.00-15.00 dan diulangi kembali sebanyak 1 kali. Kemudian, cangkang kerang darah (*A.*

*granosa*) direndam dalam larutan  $\text{NaOH}$  0,2 M selama 1 jam, lalu diletakkan pada ruangan selama 1 jam dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu  $110^\circ \text{C}$  selama 1 jam. Tahap yang terakhir ialah menghaluskan cangkang dengan *hammermill* dan diayak menggunakan alat *electric massive shiever* dengan ayakan berukuran *mesh* 200.

Tahap preparasi berikutnya adalah preparasi pasir silika. Pasir silika yang digunakan merupakan pasir silika yang dijual di pasaran. Pasir silika dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 jam, kemudian diayak secara manual menggunakan ayakan berukuran *mesh* 100.

Tahapan preparasi bahan terakhir ialah *ball clay*. *Ball clay* dipotong-potong menjadi potongan kecil, dibersihkan dan dicuci dari pengotor-pengotor sekitarnya sebanyak 2 kali dengan air hujan, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 5 jam dari pukul 10.00-15.00 dalam 5 hari dan dihaluskan menggunakan mortar. Setelah itu, *ball clay* diayak secara manual dengan ayakan ukuran *mesh* 100. Sebanyak 5 buah spesimen uji berukuran  $4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 0,75 \text{ cm}$  dibuat untuk diuji densitas, porositas, penyerapan air, susut bakar dan 5 buah spesimen uji berukuran  $20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,75 \text{ cm}$  dibuat untuk diuji susut bakar, densitas, MOR, MOE, serta kuat tekan pada tiap variasi komposisi bahan ubin keramik dinding. Ukuran spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Bentuk dan ukuran ubin keramik dinding A dan B

### Pencampuran bahan baku

Proses berikutnya adalah bahan baku ditimbang sesuai dengan persentase variasi komposisi bahan ubin keramik dinding sebesar 5,5%, 9,5%, 13,5%, 17,5% dan 21,5%. Kemudian mencampurkan bahan baku (*mixing*) dan air dengan perbandingan 4:1. Pencampuran bahan baku dilakukan secara manual, yaitu dengan cara pengulinan hingga adonan menjadi kalis. Adonan

bahan dituangkan ke dalam pelat besi berbentuk balok yang telah diberi plastik sebagai alas adonan.

#### Pencetakan keramik

Pencetakan sampel ubin keramik dinding dibuat dengan 2 ukuran, yaitu sampel A (20 cm × 10 cm × 0,75 cm) dan sampel B (4 cm × 4 cm × 0,75 cm). Variasi persentase komposisi cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), yaitu; 5,5%; 9,5%; 13,5%; 17,5%; 21,5%. Adonan bahan keramik, kemudian dikempa dengan tekanan 50 MPa menggunakan alat *table press* merk FONTUNE tanpa suhu. Pengempaan dilakukan selama 10 menit. Setelah itu, sampel diletakkan pada ruangan selama 5 hari dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 40 menit.

#### Pembakaran keramik

Tahapan pembakaran (*sintering*) dilakukan dengan cara memanaskan tanur selama 5 menit pada suhu awal 28°C dan berlanjut membakar sampel ubin keramik dinding dalam tanur (*furnace*) hingga suhu mencapai 1100°C, dengan lama penahanan (*holding time*) selama 5 menit pada suhu maksimum dan pendinginan sampel dilakukan dalam tanur dengan kondisi tertutup selama 45 menit. Setelah proses sintering usai, tanur dibuka hingga ubin keramik dinding menjadi dingin ± 4 jam.

#### Pengujian keramik

Tahap terakhir ialah menguji sampel ubin untuk melihat mutu dari ubin keramik dinding tersebut sesuai standar SNI ISO 13006 tahun 2010. Pengujian tersebut, meliputi; pengujian susut bakar, densitas, porositas, penyerapan air, MOR, MOE, dan pengujian kuat tekan.

- Densitas

Uji densitas merupakan uji kerapatan yang dilakukan dengan cara membandingkan massa terhadap volume spesimen uji. Pengujian densitas akan dihitung menggunakan Hukum Archimedes yang mengacu pada standard ASTM C 373 14a/2014 [10].

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3)$$

dengan  $\rho$  adalah densitas ubin keramik dinding ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),  $m$  adalah massa spesimen uji (g) dan  $V$  adalah volume spesimen uji ( $\text{cm}^3$ ).

- Porositas

Nilai porositas dari suatu spesimen uji akan menentukan kapasitas penyimpanan suatu cairan. Porositas merupakan perbandingan dari volume porositas terbuka terhadap volume total spesimen uji. Nilai porositas ( $p$ ) dapat ditentukan dengan menggunakan [9][11].

$$p = \left( \frac{B-a}{B-c} \right) \times 100\% \quad (4)$$

dengan  $p$  adalah nilai porositas (%),  $B$  adalah massa spesimen uji saat dalam keadaan basah (g),  $a$  adalah massa spesimen uji dalam keadaan kering setelah dipanaskan dalam tanur (g) dan  $c$  sebagai massa spesimen uji saat spesimen uji masih dalam keadaan melayang dalam air dengan posisi digantung pada statif dengan sebuah tali (g). Pengujian porositas tersebut menggunakan Hukum Archimedes yang mengacu pada standard ASTM C 373 14a/2014 [10].

- Penyerapan Air

Uji penyerapan air adalah uji yang berfungsi untuk mengetahui seberapa besar air yang dapat diserap oleh suatu material atau spesimen uji. Nilai persentase penyerapan air (%) diperoleh dengan mengetahui massa awal (A) dan massa akhir (S) spesimen uji setelah perendaman 24 jam. Berikut persamaan uji penyerapan air:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{S-A}{A} \times 100\% \quad (5)$$

Penyerapan air diuji dengan menerapkan Hukum Archimedes yang mengacu pada standard ASTM C 373-88 yang terdapat pada ISO 10545-4-2010.

- Modulus of Rupture (MOR)

MOR atau kekuatan lentur ialah pengujian pada suatu spesimen uji untuk mengetahui nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur berbanding terbalik, terhadap momen penahan penampang balok uji. MOR ditentukan dari beban maksimum dikali dengan jarak sangga dibagi luas penampang. Beban minimum diperoleh dari pengujian spesimen uji dan alat uji yang sama dengan pengujian MOE dari pengujian contoh uji hingga mengalami kerusakan/patah.

$$MOR = \frac{3pl}{2bh^2} \quad (6)$$

dengan MOR adalah modulus patah ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),  $p$  adalah beban maksimum yang diterima spesimen uji (N),  $l$  adalah jarak bentangan (mm),  $b$  adalah lebar (mm), dan  $h$  adalah tebal

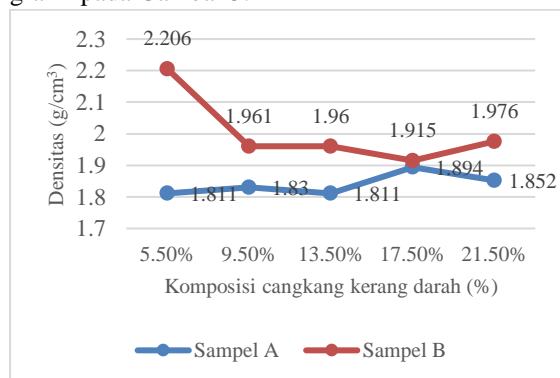
(mm). Pengujian kekuatan lentur akan diuji menggunakan alat uji mekanik yang mengacu pada standard ISO 10545-4.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### A. Mutu ubin keramik

##### 1. Densitas

Pengujian densitas ialah pengujian yang dilakukan dengan membandingkan antara nilai rata-rata massa dan nilai rata-rata volume. Rata-rata nilai densitas ubin keramik dinding disajikan dalam grafik pada Gambar 5.



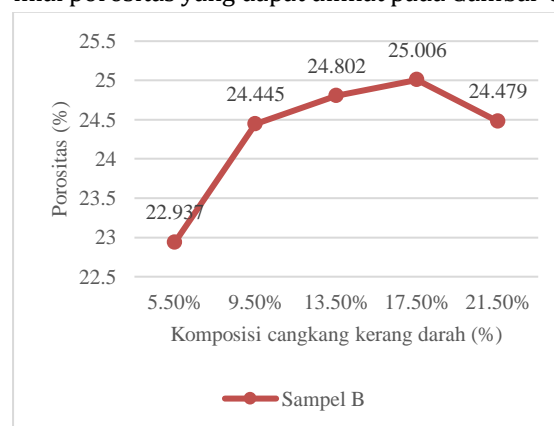
**Gambar 5.** Grafik rata-rata nilai densitas ubin keramik dinding

Grafik yang disajikan pada Gambar 5 menampilkan nilai densitas ubin keramik dinding pada spesimen uji A dan spesimen uji B. Densitas spesimen uji A memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan nilai densitas yang ditampilkan pada spesimen uji B. Nilai densitas spesimen uji A dan B mirip pada komposisi 9,5%-21,5%. Penambahan massa cangkang kerang darah yang ditunjukkan oleh variasi persentase komposisi cangkang kerang darah dapat mengakibatkan menurunnya rata-rata nilai densitas pada ubin keramik dinding. Semakin kecil rata-rata nilai densitas ubin, maka semakin besar rata-rata nilai porositas dari suatu ubin. Hal tersebut terjadi karena adanya mineral kalsit yang terdapat dalam cangkang kerang darah. Saat proses sintering, ubin keramik mengalami kehilangan massa akibat dekomposisi kalsit dengan pembentukan porositas terbuka secara bersamaan.

##### 2. Porositas

Uji porositas merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui besarnya pori-pori yang terdapat pada struktur badan keramik. Pengukuran porositas dilakukan dengan cara

menghitung perbedaan massa spesimen uji dalam keadaan kering dan setelah direndam. Dari hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai porositas yang dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik rata-rata nilai porositas ubin keramik dinding

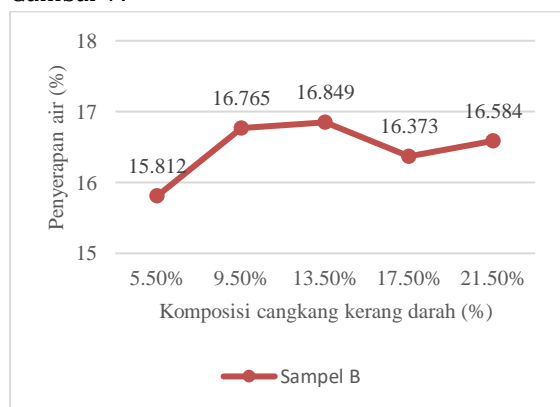
Penambahan massa cangkang kerang kedalam ubin keramik dinding, mengakibatkan semakin besar persentase nilai porositas. Semakin besar persentase nilai porositasnya, maka semakin menurun nilai densitasnya, sehingga fasa *anorthite* dapat terbentuk dalam jumlah yang lebih tinggi [36]. Penambahan komposisi cangkang pada ubin juga dapat membuat nilai kekuatan patah ubin menjadi semakin rendah. Hal tersebut terjadi karena seiring proses sintering berlangsung, senyawa  $\text{CaCO}_3$  dari material pembentuk pori yang berasal dari cangkang kerang melebur, terurai dan meninggalkan pori (*void*) pada badan keramik. Sehingga ubin keramik menjadi semakin rapat.

Menurut Kiswanto (2011), nilai porositas yang dapat memenuhi nilai porositas keramik yang terdapat di pasaran menurut SNI ialah spesimen uji yang memiliki kisaran nilai porositas antara 20%-30%. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa, semua variasi komposisi cangkang kerang darah pada spesimen uji B memenuhi standar nilai porositas ubin keramik yang ada di pasaran. Pengujian dilakukan berulang sebanyak 3 kali pengulangan dengan menggunakan spesimen uji B saja. Hasil pengujian porositas keramik berkisar antara 22,9370%-25,0057%.

##### 3. Penyerapan air

Penyerapan air ialah seberapa besar kemampuan suatu material atau spesimen uji dalam menyerap air yang dinyatakan dalam persen. Pengujian tersebut merupakan salah satu

indeks uji yang sangat penting untuk dilakukan dalam menilai baik buruknya kualitas suatu ubin keramik. Semakin rendah tingkat penyerapan air, maka semakin tinggi kepadatan ubin keramik, semakin baik pula kekerasan dan kekuatan ubin, serta semakin tinggi kualitasnya. Jika nilai penyerapan air melebihi batas SNI, dampaknya ialah ubin keramik akan menyerap banyak air dan akan menyebabkan cacat pada kualitas ubin, seperti; terjadinya perubahan warna, mudah retak setelah ubin diletakkan. Grafik nilai penyerapan air disajikan pada Gambar 7.



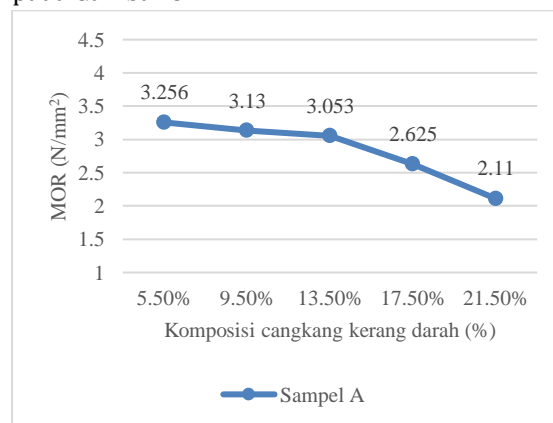
**Gambar 7.** Grafik rata-rata nilai penyerapan air ubin keramik dinding

Nilai penyerapan air yang memenuhi standar ISO 13006 tahun 2010 dengan klasifikasi ubin yang memiliki penyerapan air tinggi masuk kedalam kelompok III dengan tingkat penyerapan air (E) >10%. Rata-rata nilai penyerapan air ubin keramik dinding pada Gambar 7 menunjukkan kisaran nilai sebesar 15,8126%-16,8485%. Jika kisaran nilai tersebut dibandingkan dengan standar SNI, maka terkonfirmasi bahwa untuk kelima variasi komposisi cangkang kerang darah dapat dikatakan telah memenuhi standar. Menurut Siqueira dan Holanda, (2018), ubin keramik dinding dengan kualitas teknologi yang tinggi memiliki nilai penyerapan air berkisar antara 13% dan 18%. Jika nilai tersebut dibandingkan dengan kisaran rata-rata nilai penyerapan ubin keramik dinding yang dibuat, semua variasi komposisi cangkang kerang darah dapat dikategorikan menjadi ubin keramik dengan kualitas teknologi yang tinggi. Nilai penyerapan air bergantung pada tingkat porositas terbuka dari material ubin keramik yang direfleksikan oleh mikrostruktur pada saat pembakaran dan

derajat densifikasi [36]. Semakin besar nilai porositas pada ubin keramik, maka semakin mudah ubin keramik tersebut menyerap air dan mengakibatkan nilai penyerapan air semakin meningkat.

#### 4. Modulus of Rupture (MOR)

Nilai modulus bergantung pada dimensi balok uji dan susunan beban. Susunan beban menggunakan sistem *three point bending*, yaitu menggunakan 2 *point* (titik) pada bagian bawah spesimen uji guna sebagai tumpuan dan 1 *point* (titik) pada bagian atas guna sebagai bidang penekan [37]. MOR dihitung dengan menggunakan nilai beban yang terdapat pada bagian ubin yang pecah. Grafik MOR disajikan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik nilai MOR ubin keramik dinding

Grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa, semakin besar komposisi cangkang kerang darah guna sebagai bahan aditif pada pembuatan ubin keramik dinding, maka semakin kecil nilai MOR pada ubin keramik dinding. Penambahan komposisi cangkang kerang yang terlihat tidak begitu tampak pengaruhnya, karena disebabkan oleh ubin keramik dinding yang tidak dibakar kembali dan tidak dilapisi oleh glasir pada saat pembakaran kedua kalinya. Sehingga penambahan komposisi cangkang kerang tersebut, tidak berpengaruh secara signifikan. Secara keseluruhan nilai MOR ubin keramik dinding yang dibuat belum memenuhi standar SNI ISO 13006 tahun 2010, karena MOR minimum memiliki nilai sebesar 15 MPa atau 15 N/mm<sup>2</sup> untuk ubin keramik dinding dengan tipe badan ubin keramik dinding *porous body* dan memiliki ketebalan  $\leq 7,5$  mm. Namun menurut

Siqueira dan Holanda (2018), batas aman nilai MOR untuk produksi ubin keramik dinding ialah sebesar ( $>2,50$  MPa atau  $>2,50$  N/mm<sup>2</sup>). Sedangkan nilai MOR yang diperoleh dari pengujian berkisar antara 2,11-3,25 N/mm<sup>2</sup>. Sehingga ubin keramik yang masih dapat masuk kedalam batas aman dari pengujian MOR ialah ubin keramik dengan variasi komposisi cangkang kerang darah sebesar 5,50%-17,50%.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh pada pemanfaatan cangkang kerang darah sebagai bahan aditif pada pembuatan ubin keramik dinding, diperoleh beberapa kesimpulan bahwa secara umum persentase variasi komposisi cangkang kerang darah dapat dijadikan bahan aditif pembuatan ubin keramik dinding sebagai material pembuat pori pada badan ubin. Pada penelitian tersebut spesimen uji dengan variasi komposisi cangkang kerang darah yang dapat memenuhi standar SNI ISO 13006 baik dari segi porositas dan penyerapan air ialah semua persentase variasi komposisi antara 5,50% hingga 21,50%. Sedangkan dari hasil pengujian sifat mekanis, yakni nilai MOR, semua variasi komposisi cangkang kerang tidak dapat memenuhi standar SNI ISO 13006. Namun beberapa persentase variasi komposisi cangkang kerang darah masih dapat masuk kedalam batas aman nilai MOR ubin keramik yang terdapat dipasaran, antara lain persentase komposisi cangkang kerang darah sebesar 5,50%-17,50%. Penambahan komposisi cangkang kerang darah pada pembuatan ubin keramik dapat meningkatkan jumlah pori pada badan ubin, sehingga nilai densitasnya menurun dan menyebabkan nilai penyerapan air pada ubin semakin meningkat.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada bapak Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si, Ibu Nurhasanah, S.Si., M.Si, Ibu Mariana Bara'allo Malino, S.Si., M.Sc, serta Ibu Asifa Asri, S. Si., M.Si yang telah membimbing dalam proses penelitian tersebut. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada bapak Drs. Lasmudi, selaku Kepala Laboratorium Pengolahan Papan PT Duta Pertiwi Nusantara Pontianak, dan bapak L. Tobing yang telah membantu dalam sarana maupun prasarana dalam penelitian yang dilakukan, serta rekan-

rekan yang telah memberi kritik dan saran selama penelitian hingga tulisan ini diterbitkan.

#### Daftar Pustaka

- [1] ASAKI, 2019. ASAKI (Asosiasi Aneka Industri Keramik Indonesia). [Online]Available at:<http://www.asaki.or.id/index.php/about-us/tentang-kami> [Diakses 20 Oktober 2020].
- [2] Kemenperin, 2015. Industri Keramik Diprediksi Bakal Terus Mengkilap, Jakarta: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- [3] Michele, D., Raimondo, M. & Zanelli, C., 2014. Clays and bodies for ceramic tile: Reappraisal and technological classification. *Applied Clay Science*, 24 January, Issue 96, pp. 91-109.
- [4] Manni, A. *et al.*, 2017. Complete characterization of Berrechid clays (Morocco) and manufacturing of new ceramic using minimal amounts of feldspars: Economic implication. *Case Studies in Construction Materials*, Volume 7, pp. 144-153.
- [5] Bharatham, H., Zuki, M. & Zakaria, A. B., 2014. Mineral and Physiochemical Evaluation of Cockle Shell (*Anadara granosa*) and Other Selected Molluscan Shell as Potential Biomaterials. *Sains Malaysiana*, VII(43), pp. 1023-1029.
- [6] Saharudin, S. H., Shariffudin, J. H. & Nordin, N. I. A. A., 2017. *Biocomposites from (Anadara granosa) shells waste for bone material applications*. Kuantan, IOP Publishing Ltd, pp. 1-10.
- [7] Muntamah, 2011. Sintesis dan karakterisasi Hidroksiapatit dari limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa,sp*), Bogor: Magister Sains Institut Pertanian Bogor.
- [8] Tangkap, D. J. P., 2017. Statistik Perikanan Tangkap Indonesia 2011. Kementerian Kelautan dan Perikanan, 12(1), p. 1.
- [9] Ridayani, D., Malino, M. B. & Asri, A., 2017. Analisis Porositas dan Susut Bakar Keramik Berpori Berbasis Clay. *PRISMA FISIKA*, V(2), pp. 51-54.
- [10]Siqueira, F. B. & Holanda, J., 2018. Application of grits waste as a renewable carbonate material in manufacturing wall tiles. *Ceramics International*, pp. 1-7.

- [11] Wang, H. *et al.*, 2017. Synthesis of a ceramic tile base based on high-alumina fly ash. *Construction and Building Materials*, 30 November, Volume 155, pp. 930-938.
- [12] Meliana & Asri, A., 2021. Analisis Pengaruh Ukuran Serat Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit Berbahan Serat Batang Pisang Kepok. *PRISMA FISIKA*, 9(3), pp. 221-227.
- [13] Fitri, N., Yusibani, E. & Yufita, E., 2016. Identifikasi Kandungan Material Perekat pada Benteng Purba di Kawasan Aceh Besar Menggunakan XRF. *Journal of Aceh Physics Society (JAcPS)*, V(2), pp. 14-18.
- [14] Diko, M., Ekosse, G. & Ogola, J., 2016. Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Thermal Analysis of Kaolinitic Clay from South Africa and Cameroon. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, December, 13(2), p. 182.
- [15] Belver, C., Munoz, M. A. B. & Vicente, M. A., 2002. Chemical Activation of a Kaolinite under Acid and Alkaline Conditions. *Chemical Material*, 14(5), pp. 2033-2043.
- [16] L.G. Wade, J., 2006. *Organic Chemistry*. 6th penyunt. New Jersey : Pearson Education International.
- [17] Abd Aziz, M. H. *et al.*, 2019. Fabrication and characterization of mullite ceramic hollow fiber membrane from natural occurring ball clay. *Applied Clay Science*, Volume 177, pp. 51-62.
- [18] Krol, M., J. M. & W. M., 2016. IR Spectroscopy Studies of Zeolites in Geopolymeric Materials Derived from Kaolinite. *Journal of Molecular Structure*, 8 February, Volume xxx, pp. 1-7.
- [19] Louati, S., S. B. & B. S., 2016. Acid base geopolymerization kinetics: Effect of clay particle size. *Applied Clay Science*, Volume xxx, pp. xxx-xxx Michele, D., Raimondo, M. & Zanelli, C., 2014. Clays and bodies for ceramic tile: Reappraisal and technological classification. *Applied Clay Science*, 24 January, Issue 96, pp. 91-109.
- [20] Dewi, R., H.A., Z.A. & T., 2018. Characterization of technical Kaolin using XRF, SEM, XRD, FTIR and its potentials as industrial raw materials. *Journal of Physics: Conference Series*, Issue 1116, pp. 1-6.
- [21] Tan, K. H., 1995. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. 4 penyunt. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [22] Monash, P., Niwas, R. & G. P., 2011. Utilization of Ball Clay Adsorbents for The Removal of Crystal Violet. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 13(1), pp. 141-151.
- [23] Huang, Y. *et al.*, 2018. Preliminary Investigation of Pozzolan Properties of Calcined Waste Kaolin. *Materials Science (MEDŽIAGOTYRA)*, 24(2).
- [24] Wahyuni, N., 2010. Modifikasi Kaolin dengan Surfaktan Benzalkonium Klorida dan Karakterisasinya menggunakan Spektrofotometer Infra Merah. *Sains dan Terapan Kimia*, Januari, 4(1), pp. 1-14.
- [25] Siriprom, W., Onreabroy, W. & Limsuwan, P., 2008. Water Absorption and Phase Transition of Calcium Carbonate in the Sea Water Mussel (*Anadara granosa*). *Advanced Materials Research*, Volume 55-57, pp. 329-332.
- [26] Islam, K. N. *et al.*, 2011. Characterisation of Calcium Carbonate and Its Polymorphs from Cockle Shells (*Anadara granosa*). *Powder Technology*, 213(1-3), pp. 188-191.
- [27] Nurhayati, Mukhtar, A. & Gapur, A., 2015. Transesterifikasi Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Katalis Heterogen CaO dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) Kalsinasi 900 C. *ICA (Indonesian Chemia Acta)*, 5(1), pp. 23-29.
- [28] Khiri, M. Z. A. *et al.*, 2019. The Effect of The pH Values and Sintering Temperatures on The Physical, Structural and Mechanical Properties of Nano Hydroxyapatite Derived From Ark Clam Shells (*Anadara granosa*) Prepared Via The Wet Chemical Precipitate Method. *Ceramics Silikáty*, 63(2), pp. 194-203.
- [29] Islam, K. N. *et al.*, 2012. Facile Synthesis of Calcium Carbonate Nanoparticles from Cockle Shells. *Journal of Nanomaterials*, October, Volume 2012, pp. 1-5.
- [30] Hoque, M. E., Shehryar, M. & Nurul Islam, K. M., 2013. Processing and Characterization of Cockle Shell Calcium Carbonate (CaCO<sub>3</sub>) Bioceramic for Potential Application in Bone Tissue Engineering. *Journal of Material Sciences & Engineering*, 2(4).

- [31]Saharudin, S. H., Shariffudin, J. H. & Nordin, N.I.A. A., 2017. Biocomposites from (*Anadara granosa*) shells waste for bone material applications. Kuantan, IOP Publishing Ltd, pp. 1-10.
- [32]Asmi, D. & Zulfia, A., 2017. Blood Cockle Shells Waste as Renewable Source for the Production of Biogenic CaCO<sub>3</sub> and Its Characterization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 28 November, 94(1), pp. 1-5.
- [33]Kamba, A. S., Ismail, M., Ibrahim, T. A. T. & Abu Bakar, M. Z. B., 2013. Synthesis and Characterization of Calcium Carbonate Aragonite Nanocrystals from Cockle Shells Powder (*Anadara granosa*). *Journal of Nanomaterials*, Volume 2013, pp. 1-9.
- [34]Chemmalar, S., Razak, I. S. A., Abdullah, C. A. C. & Razak, N. A. A., 2021. Synthesis and Characterization of Gefitinib and Paclitaxel Mono and Dual Drug-Loaded Blood Cockle Shells (*Anadara granosa*)-Derived Aragonite CaCO<sub>3</sub> Nanoparticles. *Nanomaterials*, 11(1988), pp. 1-32.
- [35]S. Hossain, S., Ranjan, V., Pyare, R. & P. R., 2019. Study the Effect of Physico-Mechanical Characteristics of Ceramics Tiles after Addition of River Silts and Wollastonite Derived from Wastes. *Construction and Building Materials*, 15 March, Volume 209, pp. 315-325.
- [36]Siqueira, F. B. & Holanda, J., 2018. Application of grits waste as a renewable carbonate material in manufacturing wall tiles. *Ceramics International*, pp. 1-7.
- [37]Khamid, A. & Setyoko, B., 2011. Rancang Bangun Alat Uji Bending Sistem Hidrolik dan Hasil Pengujian untuk Bahan Uji Besi Cor (Design of Bending Hydraulic System Test Equipment and Materials Testing-Testing Results for Cast Iron), Semarang: TJ Mechanical Engineering and Machinery, Diponegoro University.