

Analisis Pola Struktur Kalsium Karbonat (CaCO_3) pada Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Bukit Kerang Kabupaten Aceh Tamiang

Putri Mekar Insani S. ^{(a)*} dan Rahmatsyah^(b)

Jurusan Fisika, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia, 20221.
Email : ^{(a)*}putrimekarinsani@gmail.com, ^(b)rahmatunimed@gmail.com

Diterima (16 Desember 2020), Direvisi (08 Januari 2021)

Abstract. Characterization of material on cockle shell has been wiped out the shells hills of the Bendahara district of Aceh Tamiang district, with the aim of knowing the basic content and diffraction patterns of the cockle shell to plain CaCO_3 aragonite. The research method begins with sampling the cockle shell from the Kerang hill. Firstly, preparation cockle shell. Then, characterized by X-Ray Fluorescence (XRF) examining to work out the basic content within the cockle shell, then doing Scanning Microscopy Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX), and X-ray diffraction (XRD) testing. The characterization leads to XRF testing showed that the content of the constituent elements of the CaCO_3 compound was dominated by CaO of 98.93% at station I and at station II, CaO was obtained the maximum amount as 98.73%. In SEM analysis, the cockle shell have a rod-like morphological structure within the sort of aragonite crystals. The results of EDX at station I, obtained CaO elements is 58.18% and at station II CaO is 36.76%. The results of XRD analysis, the cockle shell have an aragonite phase with an orthorombic crystal structure. the very best phase that appears at 2θ at station I is 26,220, and station II is 26,280.

Keywords: Cockle shell, CaCO_3 , XRF, SEM-EDX, XRD.

Abstrak. Telah dilakukan karakterisasi material pada cangkang kerang di bukit Kerang kecamatan Bendahara kabupaten Aceh Tamiang, dengan tujuan untuk mengetahui kandungan unsur dan pola difraksi pada cangkang kerang terhadap data standar CaCO_3 aragonit. Metode penelitian diawali dengan pengambilan sampel cangkang kerang di bukit Kerang dan dipreparasi terlebih dahulu. Kemudian dikarakterisasi dengan pengujian X-Ray Fluorescence (XRF) untuk mengetahui kandungan unsur pada cangkang kerang, kemudian dilakukan Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) , serta pengujian X-Ray Diffraction (XRD). Hasil karakterisasi pada pengujian XRF menunjukkan bahwa kandungan unsur penyusun senyawa CaCO_3 didominasi oleh CaO sebesar 98.93% di stasiun I dan di stasiun II diperoleh CaO sebesar 98.73%. Pada hasil analisis SEM cangkang kerang memiliki struktur morfologi seperti batang (*rod-like*) berupa kristal aragonit. Hasil karakterisasi EDX pada stasiun I , diperoleh unsur CaO sebesar 58.18% dan pada stasiun II CaO sebesar 36.76%. Hasil analisis XRD cangkang kerang memiliki fasa aragonit dengan struktur kristal orthorombik. Fasa tertinggi yang muncul pada 2θ di stasiun I sebesar 26.22° dan pada stasiun II sebesar 26.28° .

Kata kunci: Cangkang kerang, CaCO_3 , XRF, SEM-EDX, XRD.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terdiri dari berbagai provinsi, Indonesia memiliki berbagai budaya dan peninggalan situs

warisan sejarah yang beragam. Salah satunya berada di bukit kerang Aceh Tamiang. Bukit Kerang merupakan situs peninggalan prasejarah berupa tumpukan cangkang kerang sisa manusia purba. Pada

saat itu kerang adalah makanan yang paling mudah ditemukan [1]

Kerang (*Bivalvia*) merupakan hewan yang memenuhi kebutuhan nutrisinya dengan cara menyaring air sebagai media hidupnya (*filter feeder*). Kerang hidup di perairan pantai yang bersubstrat pasir berlumpur sehingga senang membenamkan diri dalam sedimen dan menyaring air media disekitarnya dengan menggunakan sifon [2].

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, senyawa utama yang ada dalam cangkang kerang adalah kalsium karbonat [3]. Adapun hasil penelitian Bharatham, dkk. (2014) kandungan kalsium karbonat pada cangkang kerang sebesar 95,7 % [4]. Menurut penelitian Rahmatsyah (2015) pengujian sampel cangkang kerang menggunakan pengujian (XRD) teramati senyawa CaO sebesar 19,0%, dan unsur C sebesar 67,6% [5]. Pada penelitian Harahap (2015), CaCO_3 yang dihasilkan dengan kristalinitas sebesar 74%. Fasa tertinggi yang muncul pada 20 sebesar $26,1^\circ$ merupakan kalsium karbonat dengan bentuk kristal aragonit dan struktur kristal orthorombik [6]. Berdasarkan teori penelitian sebelumnya, penulis tertarik untuk mengetahui kandungan unsur dan perbandingan pola standar kalsium karbonat dengan pola difraksi kalsium karbonat pada cangkang kerang di daerah bukit kerang Aceh Tamiang.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel Kerang (*Bivalvia*) sebanyak dua titik dan dilakukan di Bukit Kerang Kecamatan Bendahara Kabupaten Aceh Tamiang Sumatera Utara. Cangkang kerang yang telah dikumpulkan kemudian dibersihkan menggunakan aquades, dan dikeringkan selama 1 hari dibawah matahari. Kemudian, cangkang kerang digiling menggunakan *ball mill* dan disaring

menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Cangkang kerang yang sudah dipreparasi kemudian disimpan kedalam plastik sampel serta diberi label stasiun I dan stasiun II. Analisis kandungan unsur pada cangkang kerang dilakukan di Laboratorium Mineral dan Material Maju Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang dengan menggunakan alat X-Ray Fluorescence (*PANalytical Type Minipal*) untuk melihat kandungan unsur pada sampel, Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray (*FEI Type Inspect S50 EDAX AMETEK*) untuk melihat morfologi serta kandungan unsur pada permukaan sampel, Analisa X-Ray Diffraction (*Shimadzu Type 6100*) untuk membandingkan pola struktur sampel dengan pola standar dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Medan.

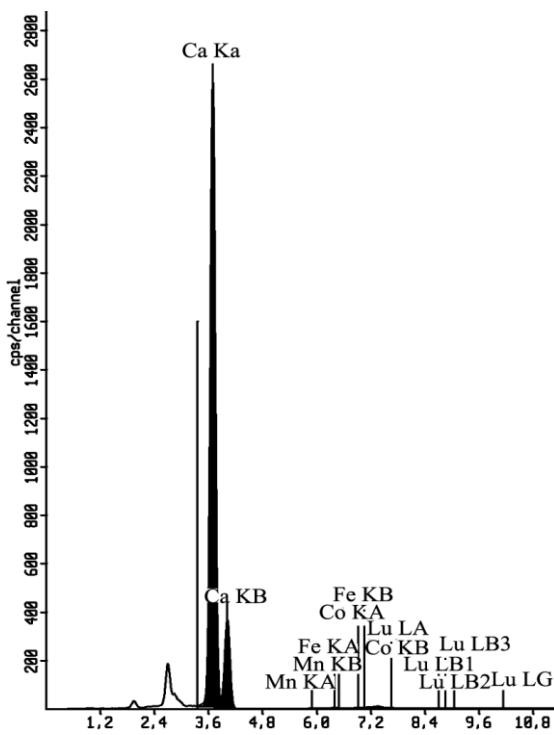
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian X-Ray Fluorescence (XRF)

Data yang diperoleh dari sampel Stasiun I ditunjukkan pada **Tabel 1**. Berdasarkan **Tabel 1** dapat dilihat bahwa unsur yang terkandung didalam sampel cangkang kerang adalah Kalsium (Ca) sebesar 98,68%, dengan unsur pengotor dianataranya adalah Mangan (Mn) sebesar 0,059%, Besi (Fe) sebesar 0,11%, Cobalt (Co) sebesar 0,11%, Stronsium (Sr) sebesar 0,89%, dan Lutesium (Lu) sebesar 0,16%.

Tabel 1. Hasil analisis XRF stasiun I

Unsur	Komposisi (%)	Oksida	Komposisi (%)
Ca	98,68 %	CaO	98,93 %
Mn	0,059 %	MnO	0,050 %
Fe	0,11 %	Fe_2O_3	0,11 %
Co	0,11 %	Co_3O_4	0,097 %
Sr	0,89 %	SrO	0,69 %
Lu	0,16 %	Lu_2O_3	0,12 %



Gambar 1. Spektrum analisa XRF St. I

Adapun unsur yang didominasi pada spektrum hasil uji XRF stasiun I adalah unsur Ca pada kulit K. Sedangkan hasil pengujian XRF pada stasiun II dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut.

Pada **Tabel 2** terlihat adanya penambahan 2 (dua) unsur pengotor didalam sampel cangkang kerang. Penambahan unsur tersebut diantara lain adalah Tembaga (Cu) dan Logam (Er).

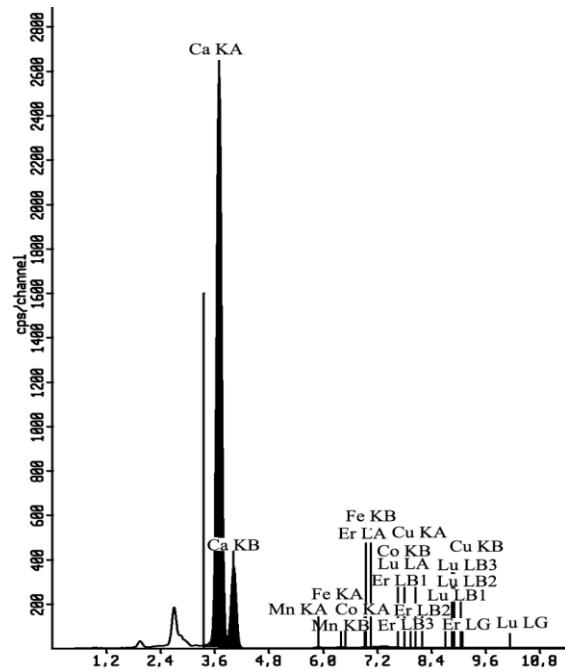
Tabel 2. Hasil analisis XRF stasiun II

Unsur	Komposisi (%)	Oksida	Komposisi (%)
Ca	98,49 %	CaO	98,73 %
Mn	0,16 %	MnO	0,13 %
Fe	0,12 %	Fe ₂ O ₃	0,12 %
Co	0,091 %	Co ₃ O ₄	0,085 %
Cu	0,04 %	CuO	0,03 %
Sr	0,87 %	SrO	0,68 %
Er	0,08 %	Er ₂ O ₃	0,05 %
Lu	0,16 %	Lu ₂ O ₃	0,12%

Posisi munculnya puncak pada unsur bergantung pada energi unsur tersebut. Unsur terdeteksi pada titik energi khasnya dengan nilai intensitas terhadap sumbu Y seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.

Dilihat pada **Gambar 2**, unsur yang mendominasi puncak spektrum analisa XRF adalah unsur Ca dikulit K sebesar 98,49%. Sumbu Y (cps/channel) menampilkan nilai kuantitas unsur pada keseluruhan sampel yang dikonfersi dalam wt%. Sehingga jumlah unsur pada sampel diketahui dengan akumulasi luas puncak yang terdeteksi [7].

Hal ini sesuai dengan jurnal hasil penelitian Bharatham, dkk. (2014) kandungan kalsium karbonat pada cangkang kerang sebesar 95,7 % [4]. Adapun penelitian yang dilakukan Faisal (2019) pada hasil analisis XRF menunjukkan bahwa unsur Ca pada cangkang kerang sebesar 90% dan unsur pengotornya diantara lain Ni sebesar 1% Cu sebesar 1% Zn sebesar 1% dan Zr sebesar 6% [8].

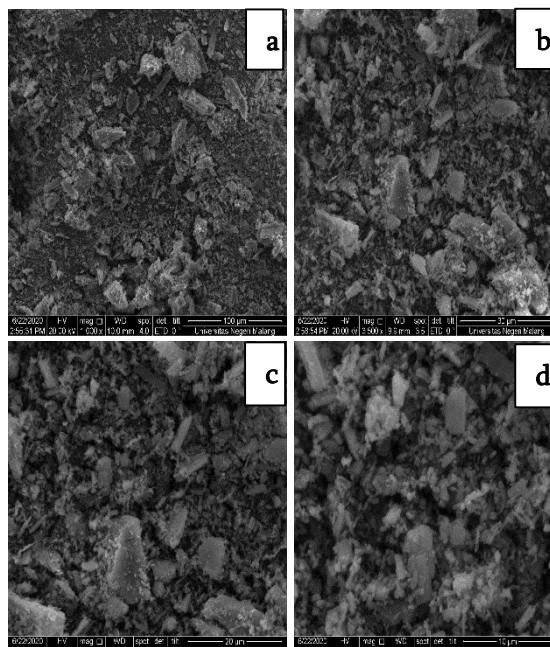


Gambar 2. Spektrum analisa XRF St. II

Pada penelitian Afriani, dkk. (2018) diketahui bahwa unsur yang mendominasi cangkang kerang adalah Ca dengan jumlah ppm sebanyak 364.000 ppm atau 36,4% [9]. Sedangkan pada penelitian Mohamed, dkk. (2012) pada analisa XRF menunjukkan hasil Ca sebesar 98.99% dengan unsur pengotor diantaranya Mg sebesar 0.51% dan Si sebesar 0.078% dan unsur pengotor lainnya dengan nilai persentase <0.1% [10]

Hasil Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM)

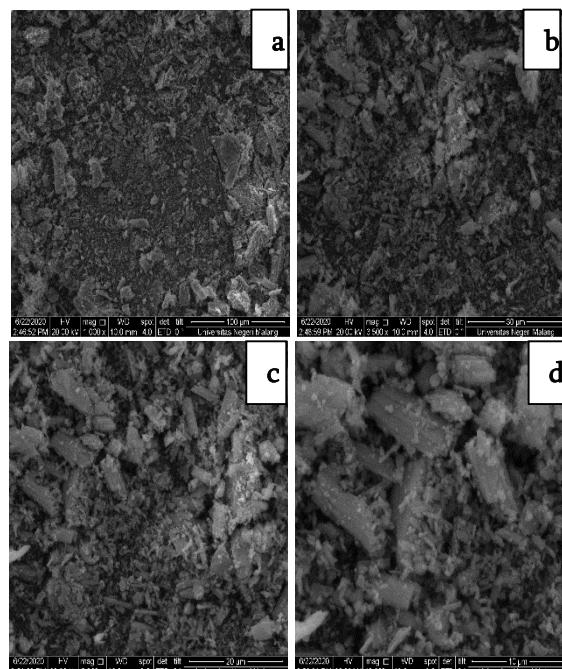
Hasil pengujian SEM ditunjukkan pada **Gambar 3**. **Gambar 3(a)** dengan perbesaran 1000x memiliki ukuran morfologi berukuran 100 μm dengan bentuk tidak beraturan dan memiliki banyak pengotor pada permukaan sehingga terlihat kasar dan tidak jelas. Sementara itu pada **Gambar 3(b)** dan **3(c)** menampilkan bahwa setiap cangkang



Gambar 3. Hasil Karakterisasi SEM Kerang St. I perbesaran (a) 1000x, (b) 3500x, (c) 5000x, (d) 10000x.

kerang juga masih banyak terlihat pengotornya serta bentuk permukaan yang masih tidak seragam, hal itu dibuktikan melalui perbesaran 3500x berukuran 30 μm dan perbesaran 5000x dengan ukuran 20 μm . Pada **Gambar 3(d)** perbesaran 10000x menampilkan bentuk batang kecil berupa bentuk khas struktur kristal CaCO_3 Aragonit meskipun pada gambar masih belum terlihat jelas.

Karakterisasi SEM pada stasiun II ditunjukkan pada **Gambar 4**. **Gambar 4** yang ditunjukkan lebih jelas daripada sampel stasiun I. **Gambar 4(a)** pada perbesaran 1000x ukuran morfologi sebesar 100 μm dengan bentuk tidak beraturan. Sementara pada **Gambar 4(b)** dan **4(c)** permukaan morfologinya sama seperti pada gambar stasiun I yaitu 20-30 μm dengan perbesaran yang sama 3500x dan 5000x yang menghasilkan gambar berupa batang dan bentuk tidak seragam. Pada **Gambar 4(d)** perbesaran 10000x morfologi permukaan sebesar 10 μm berupa



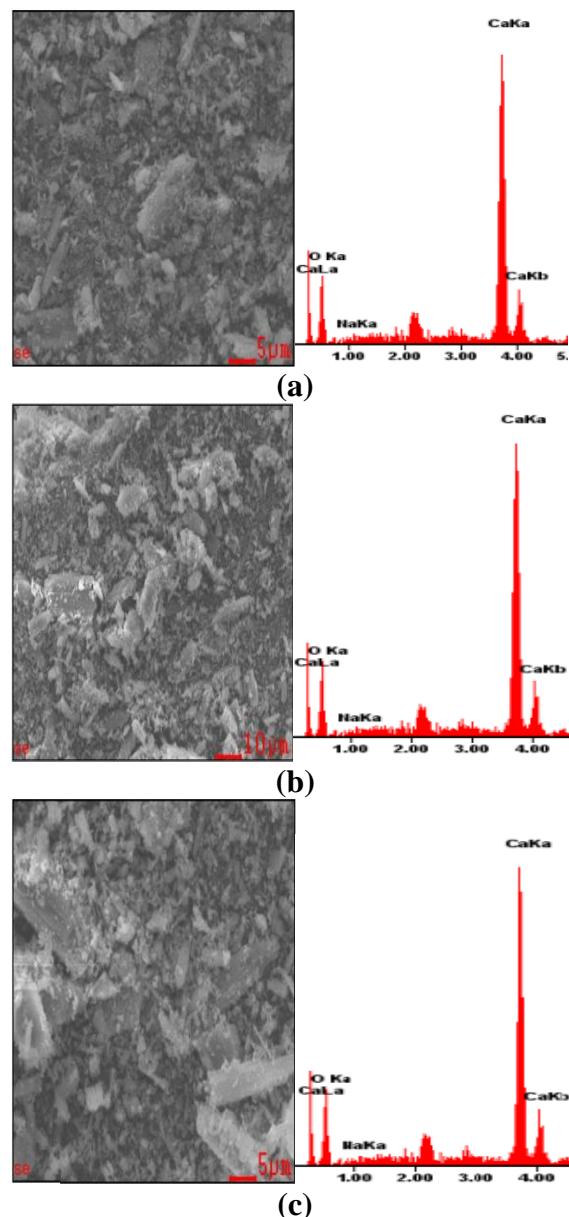
Gambar 4. Hasil Karakterisasi SEM Kerang St. II perbesaran (a) 1000x, (b) 3500x, (c) 5000x, (d) 10000x.

bentuk batang (*rod-like*) dibandingkan dengan **Gambar 3(d)** stasiun I yang berbentuk kristal.

Hasil pengujian analisa SEM menunjukkan hasil berupa morfologi permukaan sampel yang menampilkan bentuk kristal suatu mineral yaitu orthorombik berupa batang/jarum pada perbesaran 10000x. Uji morfologi kalsium karbonat menggunakan SEM menunjukkan bentuk dan ukuran partikel yang homogen dengan bentuk kristal *veterit* dan sedikit *aragonit* [11]. Bentuk morfologi permukaan sampel cangkang kerang berpengaruh terhadap ukuran mesh pada proses preparasi sampel. Adapun hasil penelitian yang telah dilakukan Khoirudin, dkk. (2015) yang menggunakan ayakan sebesar 200 Mesh pada analisa SEM, dan menunjukkan bentuk partikel yang jelas dengan perbesaran 7500 [12].

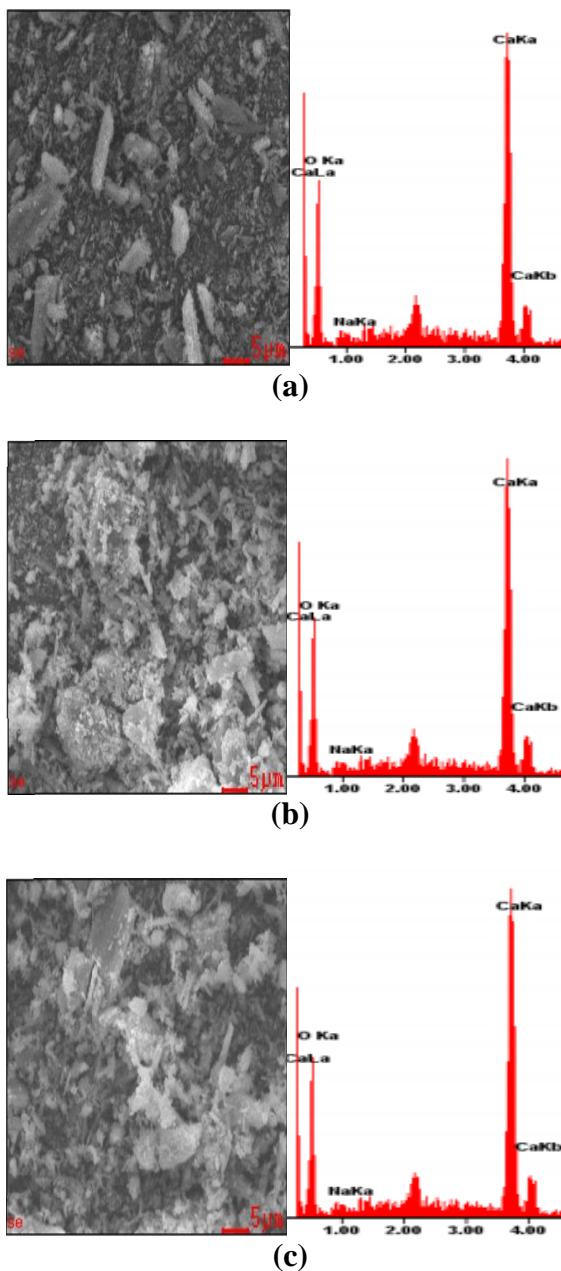
Hasil Pengujian *Energy Dispersive* (EDX)

Hasil pengujian EDX ditunjukkan pada **Gambar 5**. Pada hasil pengujian EDX terdapat tiga titik persebaran unsur permukaan sampel pada masing-masing stasiun. Unsur yang terdapat pada **Gambar 5** dapat dilihat melalui gambar grafik EDX. Unsur Ca dikulit Ka mendominasi grafik daripada unsur lainnya, hal tersebut dikarenakan sumbu X dalam spektrum menunjukkan besarnya energi Ca yang terdeteksi (keV). Energi tersebut adalah energi dari sinar-X yang dipancarkan oleh atom akibat perbedaan energi dari dua kulit akibat eksitasi elektron. Sinar-X pada kulit $K\alpha$ artinya sinar X yang dihasilkan oleh transisi elektron dari kulit L ke K. Hal tersebut juga berlaku untuk unsur yang lain [7].



Gambar 5. Morfologi dan Spektrum EDX Stasiun I

Hasil EDX menunjukkan bahwa sampel cangkang kerang pada stasiun I memiliki lebih banyak Kalsium (Ca) dibandingkan sampel cangkang kerang pada stasiun II. Hal tersebut dapat kita lihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Morfologi dan Spektrum EDX Stasiun II

Pada sampel cangkang kerang stasiun II lebih banyak mengandung Oksigen (O) daripada cangkang kerang pada stasiun I. Unsur pengotor yang terdapat pada analisa EDX diantaranya Na, Fe, dan Cu. Namun pada grafik spektrum analisa unsur EDX stasiun II yang mendominasi puncak intesitas ialah Ca dan O.

Sesuai dengan hasil SEM bahwa sampel cangkang kerang stasiun II menunjukkan

struktur morfologi kristalaragonit berbentuk batang daripada cangkang kerang stasiun I. Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Hoque, dkk (2013) dimana hasil EDX serbuk cangkang kerang CaCO_3 memiliki lebih banyak karbon dan oksigen [13]. Hal serupa juga dilakukan oleh Islam, dkk (2011) dimana hasil EDX pada karakterisasi kalsium karbonat cangkang kerang menunjukkan unsur Oksigen (O) memiliki nilai lebih tinggi. Besarnya kandungan unsur Ca maupun O menunjukkan bahwa sampel merupakan senyawa CaCO_3 Aragonit yang sesuai dengan hasil analisa XRF. Aragonit terbentuk dari biogenik dan banyak organisme yang termineralisasi mengandung kalsium karbonat dalam struktur kristal tersebut [14].

Hasil Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)

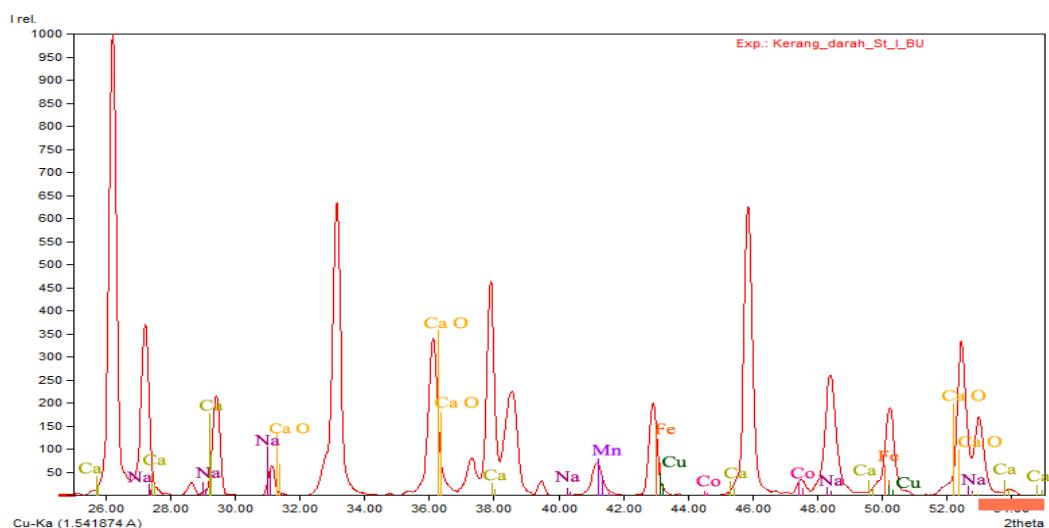
Karakterisasi yang dilakukan pada cangkang kerang ini kemudian di analisa menggunakan software *Match! 3*. Cangkang kerang diuji dengan difraksi sinar-X menggunakan radiasi CuKa dengan panjang gelombang sebesar 1.541784 Å, kemudian disesuaikan dengan data standar CaCO_3 Aragonit. Hasil analisa *Match! 3* ditunjukkan pada **Gambar 7**.

Pada **Gambar 7** pola difraksi yang diperoleh dari hasil analisa *Match! 3* menunjukkan fasa yang terbentuk dari cangkang kerang adalah kristal. Hal ini ditandai dengan adanya puncak-puncak difraksi yang terbentuk dalam grafik difraktogram.

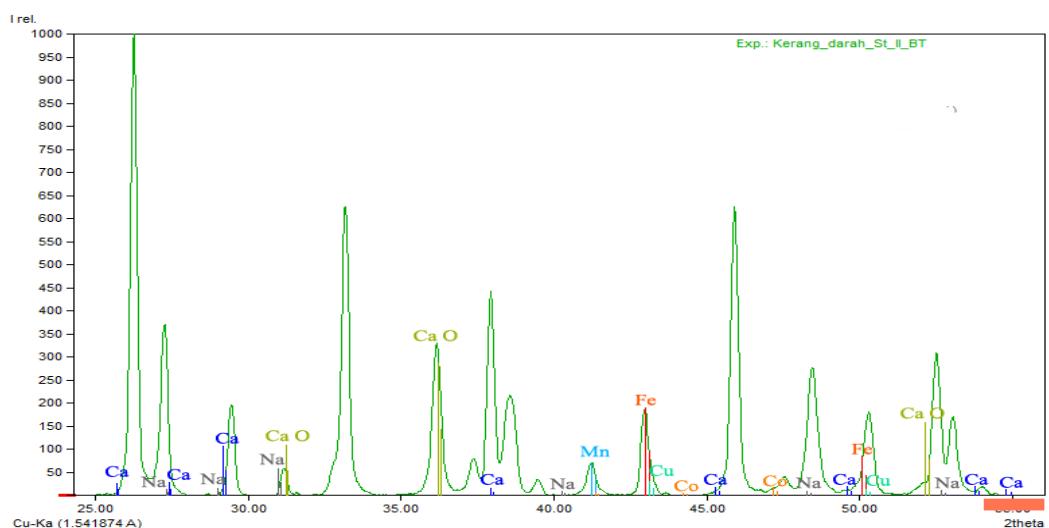
Gambar 7 merupakan grafik sample cangkang kerang pada stasiun I, dimana kandungan unsur yang paling dominan yaitu CaO sebesar 47.4% dan Ca sebesar 13.4%. Unsur Ca maupun CaO pada grafik XRD tersebut bersifat aragonit dengan penampilan sampel berwarna putih serta struktur kristal berbentuk orthorombik. Sedangkan pada **Gambar 8** stasiun II CaO sebesar 49.2%.

Unsur penyusun senyawa kalsium karbonat lebih dominan pada stasiun II. Adanya unsur pengotor pada sampel cangkang kerang pada **Gambar 7** dan **Gambar 8** mempengaruhi kemurnian kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang terkandung didalamnya. Hal ini dibuktikan pada **Gambar 9** yang merupakan grafik analisa XRD yang menampilkan puncak yang tidak dikenali (*Unidentified Pattern*) saat dikomparasi dengan data standar $CaCO_3$

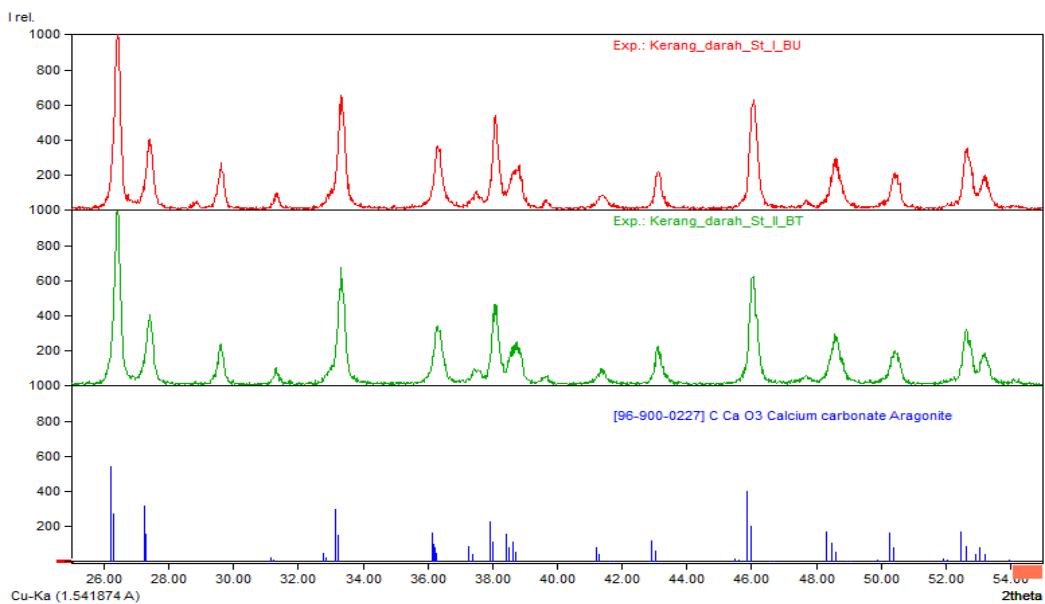
Aragonit. Sehingga fasa yang terbentuk tidak sesuai sempurna dengan data standar. Data stasiun I dan stasiun II di komparasikan dengan data standar (*International Centre for Difraction Data*) ICDD dengan file No. 96-9000227, menunjukkan bahwa data penelitian dengan data standar bersesuaian namun tidak sempurna disebabkan adanya puncak intensitas yang tidak dikenali saat proses analisa *Match*.



Gambar 7. Grafik sampel cangkang kerang pada stasiun I ada aplikasi *Match!* 3.



Gambar 8. Grafik sampel cangkang kerang pada stasiun II ada aplikasi *Match!* 3.



Gambar 9. Perbandingan data penelitian stasiun I (a), stasiun II (b) dengan data standar (*International Centre for Diffraction Data*) ICDD (96-900-0227) CaCO_3 Aragonit (c).

Sebagian besar puncak tertinggi yang sesuai dengan data standar CaCO_3 Aragonit dengan intensitas sebesar 332 pada stasiun I dan stasiun II dengan intensitas 330. Fasa dengan intensitas tertinggi yang muncul pada 2θ stasiun I sebesar 26.22° , sedangkan pada stasiun II fasa dengan intensitas tertinggi yang muncul pada 2θ sebesar 26.28° dan struktur morfologinya berbentuk batang (*rod-like*). Puncak kristal yang kuat dan tajam menunjukkan sampel cangkang kerang adalah kristal yang baik [13]. Dari lebar puncak pada grafik XRD, ukuran kristal yang terbentuk dapat dihitung menggunakan persamaan *Debye Scherrer* [15].

$$D = \frac{(0,9)\lambda}{B \cos \theta} \quad (1)$$

Dimana :

D = diameter kristal (μm)

B = lebar puncak pada setengah maksimum (*Full Width Half Maximum*)

λ = panjang gelombang

θ = sudut difraksi

Persamaan Scherrer tersebut diterapkan pada **Gambar 7** dengan puncak 26.22° dan **Gambar 8** dengan puncak 26.28° yang menunjukkan ukuran kristal sebesar 7.73 nm.

Berdasarkan hasil karakterisasi XRF, SEM-EDX, XRD yang mencakup analisa unsur dan struktur morfologi pada cangkang kerang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Karakterisasi unsur pada analisa XRF, SEM-EDX, dan XRD.

	Karakterisasi						Unsur						
	Stasiun I				Stasiun II				Ca (%)	Fe (%)	Cu (%)	Co (%)	Mn (%)
XRF	Ca (%)	Fe (%)	Cu (%)	Co (%)	Mn (%)	Ca (%)	Fe (%)	Cu (%)					
SEM-EDX	98.68	0.11	-	0.11	0.059	98.49	0.12	0.04	0.091	0.16	-	-	-
XRD	50.89	01.81	00.42	-	-	37.40	03.14	-	-	-	-	-	-
	17.0	9.5	2.6	2.2	4.1	13.4	16.3	2.1	1.7	4.7			

Hasil uji analisa XRF, SEM-EDX dan XRD, unsur yang terkandung pada sampel cangkang kerang didominasi oleh unsur Ca dan senyawa $CaCO_3$. Adapun fasa dengan intensitas tertinggi pada 2θ stasiun I sebesar 26.22° , sedangkan pada stasiun II sebesar 26.28° , sesuai dengan penelitian Harahap (2015) fasa tertinggi yang muncul pada 2θ sebesar 26.1° merupakan kalsium karbonat dengan bentuk kristal aragonit dan struktur kristal orthorombik [6]. Sedangkan pada penelitian Khiri, dkk. (2016) puncak intensitas tertinggi kalsium karbonat ($CaCO_3$) yaitu pada 2θ sebesar 29.5° [16]. Semakin tinggi derajat kristalinitas maka puncak difraksi mendekati sebuah garis vertikal. Kristal yang berukuran besar menghasilkan puncak difraksi yang mendekati sebuah garis vertikal sedangkan kristal yang sangat kecil menghasilkan puncak difraksi yang sangat lebar [17].

KESIMPULAN

Kandungan unsur cangkang kerang pada analisa XRF menunjukkan CaO sebesar 98.93% dan stasiun II CaO sebesar 98.73%. Pengotor yang terkandung pada sampel stasiun I adalah Sr (0.89%), Lu (0.16%), Fe (0.11%), Co (0.11%), dan Mn (0.059%). Sedangkan pada stasiun II yaitu, Sr (0.87%), Co (0.091%), Cu (0.04%), Er (0.08%), Fe (0.12%), Lu (0.16%) dan Mn (0.16%). Hasil SEM-EDX menunjukkan struktur morfologi cangkang kerang berupa batang (*rod-like*) bentuk kristal aragonite. EDX pada stasiun I, diperoleh CaO sebesar 58.18% dan stasiun II CaO sebesar 36.76%. Kemudian fasa yang terbentuk dari hasil komparasi data penelitian stasiun I dan stasiun II cangkang kerang dengan data standar ICDD (96-901-3802) adalah fasa aragonit dengan struktur kristal orthorombik. Fasa dengan intensitas tertinggi pada 2θ di stasiun I sebesar 26.22° , dan stasiun II sebesar 26.28° .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahmatsyah, R. Juliani, dan J. Hutahean, "Analysis of clam hill site in aceh tamiang using geo-electric method", *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1485, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1485/1/012043.
- [2] H. Haeruddin, D. Suprapto, dan S. Rudiyantri, "Analisis Mutu Sedimen Habitat Kerang Darah (Anadara Granosa L) Dengan Reburial Test Sediment Quality Analysis For Habitat Of Blood Cockle", *Saintek Perikanan*, Vol. 12, No. 2, Pp. 81–85, Februari, 2017.
- [3] A. Lesbani, R. K. M, dan R. Mohadi, "Produksi Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Dengan Katalis Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Hasil Dekomposisi", *Journal Of Applied Chemistry*, Vol. 1, No.2, Pp. 1–7, November, 2013.
- [4] H. Bharatham, MD. Z.A.B Zakaria, E.K. Perimal, L.M. Yusof, M. Hamid, "Mineral dan Physiochemical Evaluation Of Cockle Shell (Anadara Granosa) And Other Selected Molluscan Shell As Potential Biomaterials", *Sains Malaysiana*, Vol. 43, No. 7, Pp. 1023–1029, 2014.
- [5] R. Rahmatsyah, dan J. Julyha, "Penentuan Kandungan Unsur Logam Pada Kerang (Bivalvia) di Daerah Pesisir Pantai Kabupaten Tapanuli Tengah", *SEMIRATA* Pp. 204–212, 2015.
- [6] A. W. Harahap dan Z. Helwani, "Sintesis Hidroksipatit Melalui Precipitated Calcium Carbonate (Pcc) Cangkang Kerang Darah dengan

- Metode Hidrotermal pada Variasi Ph dan Waktu Reaksi”, *Jom FTEKNIK*, Vol. 2, No. 2, Oktober, 2015.
- [7] M. F. T. Arifianto, dan A. Rosyidah, “Sintesis dan Karakterisasi Avrillius Lapis Dua $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dan Avrillius Lapis Dua $\text{BaBi}_2\text{NbTaO}_9$ dengan Metode Solid Rate”, *Jurnal Sains dan Seni*, Vol. 1, No. 1, Pp. 1–6, September, 2012.
- [8] F. Akbar, R. Kusumaningrum, M. S. Jamil, A. Noviyanto, W. B. Widayatno, A. S. Wismogroho, dan N. T. Rochman, “Sintesis $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ dari Limbah Kerang Dengan Metode Solvothermal”, *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, Vol. 15, No. 3, Pp. 1–4, 2019.
- [9] F. Afriani, dan Y. Tiandho, “Pengaruh Lama Pemanasan Terhadap Karakteristik Kristal Kalsium dari Limbah Cangkang Kerang”, *Jurnal EduMatSains*, Vol. 2, No. 2, Pp. 189–200, Januari, 2018.
- [10] M. Mohamed, S. Yusup, dan S. Maitra, “Decomposition Study of Calcium Carbonate in Cockle Shell”, *Journal Of Engineering Science and Technology*, Vol. 7, No. 1, Pp. 1–10, Februari, 2012.
- [11] L. Handayani, dan F. Syahputra, “Isolasi dan Karakterisasi Nanokalsium dari Cangkang Tiram (*Crassostrea gigas*)”, *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, Vol. 20, No. 3, Pp. 515–523, November, 2017.
- [12] M. Khoiruddin, Y. Yelmida, dan Z. Zultiniar, “Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit (HAp) dari Kulit Kerang Darah (Anadara Granosa) Dengan Proses Hidrotermal”, *Jom FTEKNIK*, Vol. 2, No. 2, Pp. 1–8, Oktober, 2015.
- [13] E. Hoque, M. Shehryar, dan K. N. Islam, “Processing And Characterization Of Cockle Shell Calcium Carbonate (CaCO_3) Bioceramic For Potential Application In Bone Tissue Engineering”, *J Material Sci Eng* Vol. 2, No. 4, Pp. 2–6, November, 2013.
- [14] K. Nurul, Z. Bin, A. Bakar, M. M. Noordin, M. Zobir, B. Hussein, N. Shazlyn, B. Abd, dan E. Ali, “Characterisation Of Calcium Carbonate And Its Polymorphs From Cockle Shells (Anadara Granosa)”, *Powder Technol.*, Vol. 213, No. 1–3, Pp. 188–191, July, 2011.
- [15] Bukit, Nurdin dan E. M. Ginting, *Karakterisasi Material*. Medan, Unimed Press, 2014.
- [16] M. Zulhasif, A. Khiri, K. A. Matori, N. Zainuddin, C. Azurahanim, C. Abdullah, Z. N. Alassan, dan N. F. Baharuddin, “The Usability Of Ark Clam Shell (Anadara Granosa) As Calcium Precursor To Produce Hydroxyapatite Nanoparticle Via Wet Chemical Precipitate Method In Various Sintering Temperature”, *Springerplus*, 2016.
- [17] M. Abdullah, K. Kahirurijal, “Review: Karakterisasi Nanomaterial”, *Jurnal Nanosains Dan Nanoteknologi*, Vol. 2, No. 1, Pp. 1–9, Juni, 2009.